Қ.ҚҰЛАЖАНОВ АТЫНДАҒЫ ҚАЗАҚ ТЕХНОЛОГИЯ ЖӘНЕ БИЗНЕС УНИВЕРСИТЕТІ

K.KULAZHANOV KAZAKH UNIVERSITY OF TECHNOLOGY AND BUSINESS

КАЗАХСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИИ И БИЗНЕСА ИМЕНИ К.КУЛАЖАНОВА

KAZ | UTB

ХАБАРШЫСЫ | ВЕСТНИК | VESTNIK

№ 2 (27) - 2025

ҚазТБУ хабаршысы

Вестник КазУТБ

Vestnik KazUTB



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

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

№ 2 (27) - 2025

Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті

Kazakh University of Technology and Business named after K.Kulazhanov

Казахский университет технологии и бизнеса имени К.Кулажанова

ҚазТБУ ХАБАРШЫСЫ
VESTNIK KazUTB
ВЕСТНИК КазУТБ

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

Астана - 2025
Astana - 2025

Бас редактор: Байболова Л.К.

техн. ғыл. докторы, профессор, ректоры

Бас редактордың орынбасары: Айбульдинов Е.К.

философия докторы (PhD), (Қазақстан)

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)

Төлтабаев М.Ч. т.ғ.д., профессор (Қазақстан)

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

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

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

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)

Мымрин 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)

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

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

Меншіктенуші: «Қазақ технология және бизнес университеті» АҚ

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

Екінші тіркеу:11.02.2020 - № KZ46VPY00020253.

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

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

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

© Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті

Главный редактор: Байболова Л.К.

д.т.н., профессор, Ректор

Заместитель главного редактора: Айбульдинов Е.К.

доктор философии (PhD), (Казахстан)

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)

Тултабаев М.Ч.. д.т.н., профессор (Казахстан)

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

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

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

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)

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

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

Собственник: АО «Казахский университет технологии и бизнеса».

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

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

Вторичная постановка на учет: 11.02.2020 - № KZ46VPY00020253.

Периодичность: Ежеквартально.

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

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

Адрес редакции: 010000, г. Астана, Есильский район, ул.Кайыма Мухамедханова, 37 «А» тел.: +7(7172)72-58-12 (134), e-mail: vestnik@kaztbu.edu.kz

© Казахский университет технологии и бизнеса К.Кулажанова

Chief editor: Baybolova L.K.

Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector

Deputy editor: Aibuldinov Ye.K.

Doctor of Philosophy (PhD), (Kazakhstan)

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)

Tultabaev M.Ch. Doctor of Technical Sciences, Professor (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)

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)

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

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

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

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

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

Secondary registration: 11.02.2020- № KZ46VPY00020253.

Frequency: Quarterly.

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

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

Address of edition: 010000, Astana city, Esil district, Kaiym Mukhamedkhanov Street, 37 «A», tel.: +7(7172)72-58-12 (134), e-mail: vestnik@kaztbu.edu.kz

©Kazakh University of technology and business named after K.Kulazhanov

МАЗМҰНЫ – СОДЕРЖАНИЕ – CONTENTS

Информационно-коммуникационные и химические технологии

1 Информационно-коммуникационные технологии **1**

Н.Б. Құттыбай, О.Б. Байболов
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОНТРОЛЛЕРОВ ЗАРЯДА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ 1

M. Madeniyetov
ANALYZING E-LEARNING STUDENT PERFORMANCE AND FEATURE IMPACT USING XGBOOST AND SHAP 12

С.З. Сапакова, Д. Даниярова, Н. Есмұхамедов, Р. Арманқызы, А.Б. Ембердиева, А. Қалдыбаева
ДИАБЕТТІК РЕТИНОПАТИЯНЫ ЕМДЕУДЕ КӨЗ ТҮБІ ТІНДЕРІНЕ ЛАЗЕРЛІК ӘСЕРДІ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ 20

М.Қ. Болсынбек, Г.Б. Абдикеримова, Ж.К. Тасжурекова, А.А.Адамов, С.К. Серикбаева, А.М. Ануарбеков
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ В РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ 31

Б.Е. Ихсанова, Б. Бөрібаев, М.С. Сериккажина
ЦИФРЛАНДЫРУ ЖАҒДАЙЫНДА ҰЙЫМДАРДЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК САЯСАТЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУДЫҢ ӘДІСТЕМЕЛІК ТӘСІЛДЕРІН ТАЛДАУ 47

Б.Н. Жоламанов, М.К. Нұрғалиев, А.Б. Болатбек, Қ.Т. Көпбай, Д.А. Қожабек
SINGLE ANCHOR NODE POSITIONING METHOD USING ANTENNA ARRAY AND MACHINE LEARNING 58

М.С. Әлиаскар, Ш.А. Джомартова, Ә.Т. Мазақова, Т.Ж. Мазақов, А.Д. Майлыбаева, Н.Т. Исимов, К.Б. Бегалиева, А.Т. Досаналиева
ПРИМЕНЕНИЕ ЧИРПЛЕТОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧЕЛОВЕКА ПО АУДИОЗАПИСЯМ 70

U. Kayumova, A. Mussabekov, A. Brener, Razali Bin Yaakob, A. Yegenova
CONTROL EQUATIONS FOR THE PROPAGATION OF NONLINEAR WAVES IN VISCOUS FILM FLOWS WITH A MASS SOURCE 79

А. Даулеткалиева, А. Муканова, А. Назырова, Б. Ергеш, Л. Жеткенбай, А. Бурибаева
ИЗВЛЕЧЕНИЕ СЕМАНТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ИЗ ТЕКСТОВ НА ОСНОВЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ 88

Ж.С. Есенгалиева, Р.С. Каиржан, Н.С. Глазырина
RASPBERRY PI КОМПЬЮТЕРЛІК КӨРУДІ ПАЙДАЛАНАТЫН ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРДІҢ ЭМОЦИОНАЛДЫҚ КҮЙІН ТАНУ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ 101

A.K. Shegetaeva, N.S. Smakova, A.D. Tulegulov, A. Sterenhartz
ALGORITHM FOR MULTI-FACTORED FORECASTING OF NETWORK VULNERABILITIES: FROM CVE DATA ANALYSIS TO THE DEVELOPMENT OF A FORECASTING MODEL 112

Б.Қ. Нұрахметов, Ж.Т. Жұмашева
СҰРЫПТАУ ЖӘНЕ ЖАРАМСЫЗ ДЕП ТАНУДЫҢ РОБОТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ЖАСАУ 124

А. Тулегулов, К. Акишев, А. Джумагалиева, И. Дюсебаев
АДДИТИВТІ ӨНДІРІСТЕ CAD ЖӘНЕ CAE АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ 139

А.К. Капасов, Н.Ф. Денисова, М.Е. Рахымбердина, Н.П. Сапарходжаев, Е.Т. Бекишев
ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ КӨШКІН ҚАУІПІ БАР УЧАСКЕЛЕРІНІҢ БЕТКЕЙЛЕРІН ЖЕР БЕДЕРІНІҢ ЦИФРЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІ АРҚЫЛЫ ГЕОМОРФОМЕТРИЯЛЫҚ ТАЛДАУ 148
M.M. Yesmagambetova, A.S. Amirova, I.Yu. Petrova, T.U. Yesmagambetov, T.L. Ten
SIMULATION AND MITIGATION OF DATA POISONING ATTACKS IN MACHINE LEARNING 165

2 Химическая технология **174**
Ж.Б. Ильмалиев, Қ.А. Куртибай, Ә. Қаппасулы, Е.Е. Жатқанбаев, Э.Б. Жунусова, Г.Б. Ильмалиева, А.К. Жумабекова
СОЗДАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ . . . 174
L. Tolymbekova, A. Kolpek, E. Kopishev, A. Tursynova, G. Seitenova
ANALYSIS OF METHODS TO IMPROVE THE STRENGTH AND HEAT RESISTANCE OF COMPOSITE MATERIALS 187
M.K. Kazankapova, B.T.Yermagambet, Zh.M. Kassenova, A.B. Malgazhdarova, Zh.T. Dauletzhanova, U.M. Kozhamuratova, G. K.Mendaliyev, A.S. Akshekina
HYDROGEN STORAGE IN POROUS CARBON MATERIALS OBTAINED BASED ON KAZAKHSTAN COALS 205
З.М. Молдахметов, С.Д. Фазылов, О.А. Нуркенов, А.Ж. Сарсенбекова, И.А. Пустолайкина, Ж.Б. Сатпаева, Р.Е. Бакирова, Ж.С. Нурмаганбетов, А.К. Сыздыков
МОЛЕКУЛЯРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕРМОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПЛЕКСОВ ВКЛЮЧЕНИЯ ГИДРАЗОНОВ ГИДРОКСИЗАМЕЩЕННЫХ БЕНЗОЙНЫХ КИСЛОТ С ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ 219
О.В. Рожкова, О.О. Ковалева, В.И. Лебедева, Д.А. Ветюгов, В.И. Рожков
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКОМКОВАНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ СВЯЗУЮЩИХ ДОБАВОК 231
Н.У. Нургалиев, Ж.Б. Искакова, А. Колпек, Е.К. Айбульдинов, А.С. Сабитов, Э.Е. Копишев, Т.Т. Машан, Л.А. Кусепова, Г.Ж. Алжанова, Г.Г. Абдиюсупов, М.Т. Өмірзақ
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ: ОБЗОР 246
M.K. Kazankapova, B.T. Yermagambet U.M. Kozhamuratova, Zh.M. Kassenova, A.B. Malgazhdarova, Zh.T. Dauletzhanova, A. Cygan, G.K. Mendaliyev, A.S. Akshekina, F. Tarikhov
STUDY OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ADSORBENTS BASED ON POTASSIUM HUMATE AND USE IN HYDROGEN STORAGE 283

Производственные и обрабатывающие отрасли

3 Пищевая технология **302**
А.А. Бектурганова, А.Ж. Хастаева, А.М. Омаралиева, Н.С. Машанова, С.Л. Гаптар
ТОЛТЫРҒЫШТАРДЫҢ СҮЗБЕ ӨНІМІНІҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ 302
А.К. Суйчинов, Ж.С. Есимбеков, Г.А. Капашева, Г.Е. Жүзжасарова, С.Н. Туменов
АБАЙ ОБЛЫСЫНДАҒЫ ӘРТҮРЛІ ЖАНУАРЛАР МЕН ҚҰС ЕТІНІҢ ЖӘНЕ СУБӨНІМДЕРІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ 310
А.Н. Құрманәлі, Ш.А. Абжанова, Л.К. Байболова, М.К. Алимарданова, М.Серікқызы
ШЫРҒАНАҚ СЫҒЫНЫНАН АЛЫНҒАН ЭКСТРАКТ ҚОСЫЛҒАН ЖЫЛҚЫ ЕТІНІҢ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ 323

A. Dalabayev
DETERMINATION OF TRANSISOMERS OF FATTY ACIDS IN BAKERY AND CONFECTIONERY PRODUCTS 331
Sh.B. Baitukenova, A.D. Kalitova, S.B. Baitukenova, U.A. Ryspaeva, S.A. Kardenov
A DEVELOPMENT OF BOILED SAUSAGE TECHNOLOGY BASED ON HORSE MEAT 339
Г.Е. Жумалиева, У.Ч. Чоманов, А.Н. Асан
КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЯНЫХ ТРАВ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 350
М.Е. Смагулова, Ш.Ж. Жасқайрат, С.К. Таджибаева, С.Б. Мағауия
ЭМУЛЬСИЯЛЫҚ ӨНІМДЕРДІ АЛУДА КҮНБАҒЫС ЖӘНЕ ЗЫҒЫР МАЙЛАРЫН ЗЕРТТЕУ 365
Г.Е. Жумалиева, У.Ч. Чоманов, Ә.К. Шоман, А.Ғ. Оғазова
ИССЛЕДОВАНИЕ СЫРЬЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК ИММУНОМОДУЛИРУЮЩЕЙ НАПРАВЛЕННОСТИ 373
М.М. Ташыбаева, А.К. Какимов, Г.А. Жумадилова, А.Б. Бакиева, А.М. Муратбаев
ОРТАДАН ТЕПКІШ ФОРСУНКА ЖӘНЕ ТІСТІ СОРҒЫ АРҚЫЛЫ ҚОНДЫРҒЫНЫ ЖЕТІЛДІРУ 384
А. Аблаева, Д.А. Тлевлесова, Б. Хамитова, Farah Saleena Taip, С.Т. Азимова, С. Бердіғалиұлы, Ф.А. Махмудов
ОЦЕНКА ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ АНАЛОГОВ МОЛОКА 396
Б.Ж. Мулдабекова, А.Т. Жұмабекова, М.А. Якияева
КОМПОЗИТТІ ҰНДЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ЖҰМСАҚ ВАФЛИЛЕРДІҢ ТАҒАМДЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫН АРТТЫРУ 412
Ш.А. Турсунбаева, А.И. Изтаев, М.А. Якияева, Б.Ж. Мулдабекова, Ж.К. Нургожина
РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОГО АССОРТИМЕНТА ХЛЕБА ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ 420
М.Ч. Тултабаев, М.Ж. Султанова, Н. Акжанов, А. Сәдуакас
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САФЛОРОВОГО МАСЛА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ 432
Г.Е. Исламова, А.А. Утебаева, А.У.Шингисов
ИЗУЧЕНИЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА МЯСНОГО ХЛЕБА, ОБОГАЩЁННОГО ТОМАТНЫМИ ВЫЖИМКАМИ 440
Л.С.Сыздыкова, К.М.Абдиева, Г.Д. Шамбулова, С.Т. Азимова, Г.Н. Жаксылыкова, А.М. Таева
КӨКӨНІС ДӘМТАҒАМ КОНСЕРВІЛЕРІН ӨНДІРУДЕ БЕЛСЕНДІ ПЕКТИНГЕ БАЙ ӨСІМДІК ЭКСТРАКТЫСЫН ҚОЛДАНУ 450
N. Alzhaxina, A. Dalabayev, I. Aubakirova, M. Mantay
OPTIMIZATION OF THE FORMULATION OF A CURD PRODUCT WITH THE ADDITION OF PUMPKIN CRYOPOWDER 458

4 Горное и нефтегазовое дело **468**
Ж.С. Саркулова, Г.А. Исенгалиева, Ж.Ж. Шильмагамбетова, Р.Ж. Оразбекова, К.Ш. Наурызова
ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЛУТАЦИОННЫХ СКВАЖИН НА МЕСТОРОЖДЕНИИ КАРАГАНДА 468

Ж.К. Зайдемова, М.Д. Бисенгалиев, Ш.М. Медетов, Г.Ш. Досказиева, Г.Г. Абдешева, Г.Е. Суюнгариев, А.Н. Мукамбеткалиева
ФИЛЬТРАЦИЯ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ 478
Н.А. Бесбаева, Г.Ж. Бимбетова, К.С. Надиров, М.Қ. Жантасов, Н.Ш. Отарбаев
БҰРҒЫЛАУ ЕРІТІНДІСІНІҢ СІҢІРІЛУІН ТӨМЕНДЕТУГЕ АРНАЛҒАН ЖЕҢІЛДЕТІЛГЕН ПОЛИМЕРЛІ ҚҰРАМ 486
A.D. Shontayev, T.V. Demina, D.S. Shontaev, V.F. Demin, D.D. Meiram
THE IMPORTANCE OF THE GAS FACTOR IN THE OCCURRENCE OF SUDDEN OUTBURST OF COAL AND GAS 497
D.A. Galiyev, A.V. Maldynova
METHODOLOGICAL SUPPORT FOR ASSESSING THE IMPACT OF DRILLING AND BLASTING ON THE EFFECTIVENESS OF OPERATION OF THE MINING TRANSPORT COMPLEX OF THE BAKYRCHI MINING ENTERPRISE 505

Экономика, бизнес и услуги

5 Экономика, бизнес и услуги **519**
D.N. Kelesbayev, A.A. Kuralbayev, B.Zh. Keneshbayev, G.R. Mombekova, A.A. Mutaliyeva
ASSESSMENT AND ANALYSIS OF MANAGEMENT EFFICIENCY OF HEALTHCARE ORGANIZATIONS 519
Б.У. Сыздыкбаева
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ТОРГОВЛИ АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИЕЙ 529
A. Baiguzhinova, A. Baidalinova, Zh. Baigireeva
THE MARKET OF MILK AND DAIRY PRODUCTS: GLOBAL TRENDS AND DEVELOPMENT PROSPECTS FOR KAZAKHSTAN 549
К.А. Омарова, К.П. Мусина, С.М. Рустемова, Е.Б. Абеуханова
КУРОРТНЫЕ ЗОНЫ ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ: ОЦЕНКА МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ 558
С.А. Юсупова, М.С. Толысбаева, А.Ж. Касенова, Г.К. Нарбаева
ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ СЕТЕЙ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ КАЗАХСТАНА: ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ 571
М.Б.Идрышов
GOOGLE TRENDS ҚҰРАЛЫН ПАЙДАЛАНЫП, ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТУРИСТІК БАҒЫТТАРЫНА ЦИФРЛЫҚ ҚЫЗЫҒУШЫЛЫҚТЫ ТАЛДАУ 585
М.С. Искакова, А.К. Ибраева, Д.М. Акишева
СТРАТЕГИЯЛЫҚ БАСҚАРУ ЕСЕБІН ҰЙЫМДАСТЫРУ 598
А.У. Кукетаева, Г.С. Муханова, А.Ж. Турегельдинова, А.К. Мустафина
ЦИФРОВИЗАЦИЯ КАК ФАКТОР УСПЕХА УПРАВЛЕНИЯ ИТ-ПРОЕКТАМИ В КАЗАХСТАНЕ 606
Г.К. Хакимов, М. Б. Икрами
ТРАНСФОРМАЦИЯ «ЗЕЛЕНЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 616

А.А.Жалгасбаева, С.К.Буканова, А.Н.Абдигалиева
ПРИОРИТЕТНЫЕ ОТРАСЛИ АТЫРАУСКОГО РЕГИОНА: КЛЮЧЕВЫЕ КРИТЕРИИ И ФАКТОРЫ 627
Ж.С.Булхаирова, А.Е. Шоман, А.К.Байдаков
ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ФЕРМЕРСТВА, НАЦЕЛЕННЫЕ НА УСТОЙЧИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ 640
А.Б. Мухамедханова, Н.Н. Жанакова, М.Р. Сергазиева, Е.К. Молдакенова, Г.К. Амренова
АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ВНЕШНЕГО ДОЛГА КАЗАХСТАНА 653
Ж.Д.Серикбаева, К.А.Мадыханова, А.С.Бактымбет
ЛАТЫН АМЕРИКАСЫ ЕЛДЕРІНДЕГІ ӨНЕРКӘСІПТІК САЯСАТ 665
M.T. Zhumazhanova, B.S.Saparova, Syed Faisal Hassan Bukhari
MODELS AND CONCESSIONS FOR THE DEVELOPMENT OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP IN KAZAKHSTAN IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION 679

МРНТИ 44.01.77 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-764**

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОНТРОЛЛЕРОВ ЗАРЯДА ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Н.Б. Құттыбай, О.Б. Байболов
Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
Корреспондент-автор: nurjigit.10.93@gmail.com

В работе проводится исследование эффективности контроллеров отслеживания точки максимальной мощности (ОТММ) и широтно-импульсной модуляции (ШИМ) в фиксированных фотоэлектрических системах и системах с солнечными трекерами. Основное внимание уделено возможности снижения финансовых затрат за счет замены более дорогих контроллеров ОТММ на ШИМ контроллеры без потери общей эффективности генерации энергии. Для проверки гипотезы о различной эффективности контроллеров были использованы т-критерий Стьюдента и критерий Колмогорова-Смирнова (КС). Результаты для фиксированных фотоэлектрических систем показали отсутствие значительных различий в выработке энергии между двумя типами контроллеров (т=0,935, p=0,20; КС-тест: p=0,1963). Однако для систем с одноосными и двухосными солнечными трекерами преимущество контроллеров ОТММ было подтверждено значениями т=2,203 и т=2,087 при низких уровнях значимости (p=0,01 и p=0,0025). Эти результаты подчеркивают влияние выбора типа контроллера на производительность систем и дают возможность оптимизировать затраты при проектировании эффективных и экономически выгодных решений в области возобновляемой энергетики.

Ключевые слова: т-критерий Стьюдента, критерий Колмогорова-Смирнова, солнечная энергетика, контроллер, солнечный трекер.

STATISTICAL ANALYSIS OF CHARGE CONTROLLERS FOR VARIOUS PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

N.B. Kuttybay, O.B. Baibolov
Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: nurjigit.10.93@gmail.com

The paper studies the efficiency of maximum power point tracking (MPPT) and pulse width modulation (PWM) controllers in fixed photovoltaic systems and systems with solar trackers. The main attention is paid to the possibility of reducing financial costs by replacing more expensive MPT controllers with PWM controllers without losing the overall efficiency of energy generation. To test the hypothesis about different efficiency of the controllers, Student' s t-test and Kolmogorov-Smirnov (KS) test were used. The results for fixed photovoltaic systems showed no significant differences in energy generation between the two types of controllers (t=0.935, p=0.20; KS test: p=0.1963). However, for systems with single-axis and dual-axis solar trackers, the advantage of MPT controllers was confirmed by the values t=2.203 and t=2.087 at low significance levels (p=0.01 and p=0.0025). These results highlight the impact of controller type selection on system performance and provide an opportunity to optimize costs when designing efficient and cost-effective renewable energy solutions.

Keywords: Student' s t-test, Kolmogorov-Smirnov test, solar energy, controller, solar tracker.

ЗАРЯД КОНТРОЛЛЕРІН ӘР ТҮРЛІ ФОТОЭЛЕКТРЛІК ЖҮЙЕЛЕР ҮШІН СТАТИСТИКАЛЫҚ ТАЛДАУ

Н.Б. Құттыбай, О.Б. Байболов
Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,
e-mail: nurjigit.10.93@gmail.com

Жұмыста максималды қуат нүктесін бақылау (МҚНБ) және ендік импульстік модуляциясы (ЕИМ) контроллерлерінің стационарлы күн панелдерімен және күн трекерлерімен тиімділігі зерттеледі.

Мұндағы басты назар аударатын мәселе қымбатырақ МҚНБ контроллерлерін ЕИМ контроллерлерімен алмастыру арқылы энергия түрлендіруінің жалпы тиімділігін жоғалтпай қаржылық шығындарды азайту мүмкіндігіне ие болу. Контроллерлердің тиімділігінің айырмашылығына қатысты гипотезаны тексеру үшін Стьюденттің т-критерийі және Колмогоров-Смирнов (КС) критерийі қолданылды. Стационарлы фотоэлектрлік жүйелер үшін алынған нәтижелер екі түрлі контроллер арасындағы энергия өндіруде елеулі айырмашылықтардың жоқтығын көрсетті (t=0,935, p=0,20; КС-тест: p=0,1963). Алайда, бір осьті және екі осьті күн трекерлері үшін МҚНБ контроллерлерінің артықшылығы т=2,203 және т=2,087 мәндерімен төмен мәнділік деңгейлерінде (p=0,01 және p=0,0025) расталды. Бұл нәтижелер контроллер түрін таңдау арқылы жүйелердің өнімділігіне әсерін көрсетеді және жаңартылатын энергетика саласында тиімді, экономикалық жағынан үнемді шешімдерді жобалауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: Стьюдент т-критерийі, Колмогоров-Смирнов критерийі, күн энергетикасы, контроллер, күн трекері.

Введение. Увеличение потребления энергии ставит новые вызовы для энергетической отрасли, и солнечная энергия становится важным источником альтернативной энергии для промышленности и частного сектора. Современные солнечные панели, особенно кремниевые, имеют низкий коэффициент полезного действия из-за особенностей структуры и внешних факторов [1]. Для повышения эффективности работы фотоэлектрических систем применяются различные методы и технологии. Одним из решений являются солнечные трекеры, которые бывают одноосными и двухосными. Также для повышения эффективности используются контроллеры постоянного тока, такие как контроллеры отслеживания точки максимальной мощности (ОТММ) и контроллеры широтно-импульсной модуляции (ШИМ). Контроллеры ОТММ позволяют оптимально подбирать нагрузку в изменяющихся условиях, что увеличивает эффективность панелей и способствует более корректной зарядке аккумуляторов, продлевая их срок службы [2].

Системы ОТММ можно разделить на оффлайн и онлайн методы [3, 4]. Оффлайн методы, такие как дробное напряжение холостого хода и дробный ток короткого замыкания, основаны на заранее установленных математических зависимостях и параметрах, таких как ток короткого замыкания и напряжение холостого хода, однако они не адаптируются к изменениям погодных условий, что ограничивает точность ОТММ при изменении освещённости и температуры, а также требуют дорогостоящего оборудования для измерения параметров, что снижает их практическую применимость [5]. В отличие от них, онлайн методы, такие как возмущение и наблюдение и метод приращения проводимости, обеспечивают точное ОТММ в любых погодных условиях и характеризуются высокой универсальностью, так как подходят для любых типов солнечных панелей и не требуют предварительных данных о характеристиках модуля. Эти методы отличает простота реализации, низкая стоимость и способность продлить срок службы солнечных батарей, а также увеличить количество циклов зарядки и разрядки аккумуляторов [6].

Одно из исследований анализировало работу двухосного солнечного трекера с контроллером ОТММ, который обеспечил увеличение эффективности на 16,46% по сравнению с фиксированной установкой [7]. Другое исследование показало рост производительности на 47% при использовании контроллера ОТММ по сравнению с фиксированной системой [8]. В статье [9] была разработана одноосная система слежения за солнцем с контроллером ОТММ, которая оказалась на 43% эффективнее фиксированной фотоэлектрической системы с контроллером ШИМ. Также изучалось использование контроллера ОТММ как в одноосной системе слежения, так и в фиксированной системе. Результаты показали, что одноосная система превосходит фиксированную по производительности на 12–20% [10].

Однако, несмотря на преимущества, большинство солнечных электростанций в мире попрежнему используют фиксированные фотоэлектрические установки [11]. Применение контроллеров ОТММ в таких системах может существенно повысить их эффективность. В связи с недостатком информации по этой теме, целью данной работы является анализ целесообразности использования контроллеров ОТММ с фиксированными фотоэлектрическими установками и солнечными трекерами в долгосрочной перспективе. Кроме того, исследуется возможность снижения финансовых затрат за счёт замены контроллеров ОТММ на контроллеры ШИМ без потерь в производительности фотоэлектрических систем.

В данном исследовании использованы т-критерий Стьюдента и критерий Колмогорова-Смирнова для оценки эффективности контроллеров заряда аккумуляторов, что позволило сравнить выборки по средним значениям и оценить соответствие распределений [12, 13]. Анализ проводился на основе данных о глобальной горизонтальной радиации (ГГР) в Алматы и выходных мощностях фотоэлектрических систем с контроллерами ОТММ и ШИМ, применённых как в фиксированных установках, так и в солнечных трекерах. Мы разработали контроллер ОТММ на базе микроконтроллера Atmega328 с алгоритмом возмущение и наблюдение, что обеспечило простоту и доступность системы. Экспериментальные результаты подтвердили высокую эффективность контроллера ОТММ, а их сопоставление с расчетными данными продемонстрировало его явные преимущества. Новизна работы заключается в применении статистических методов для сравнительного анализа эффективности контроллеров на основе реальных данных ГГР, что способствует более глубокому пониманию влияния различных контроллеров на производительность фотоэлектрических систем и может послужить основой для выбора оптимальных решений при их проектировании и эксплуатации.

В работе представлены исследования производительности фотоэлектрических систем с контроллерами ОТММ и ШИМ, включая расчёт их эффективности и статистический анализ полученных данных. Описан процесс разработки экспериментальной установки и блоков управления солнечным трекером. Включены результаты экспериментов, экспериментальные данные и их статистический анализ.

Материалы и методы. В рамках исследования был выполнен теоретический расчет вырабатываемой мощности для фиксированных фотоэлектрических систем, а также одноосных и двухосных трекеров, с учетом солнечной радиации, поступающей в течение года в Алматы. Были использованы данные солнечного излучения за 2024 год, включающие показатели ГГР, прямой нормальной радиации (ПНР) и рассеянного излучения (РИ). Расчет количества солнечного излучения, падающего на горизонтальную поверхность земли, осуществлялся по следующей формуле:

$$\text{ГГР} = \text{ПНР} * cos\theta_{\text{сол}} + \text{РИ} \quad (1)$$

где $\theta_{\text{сол}}$ — это угол высоты солнца над горизонтом.

Мощность, вырабатываемая фотоэлектрической системой, зависит от ее конструктивных особенностей. Расчет солнечной радиации для фиксированных ($G_{\text{ф}}$) панелей, одноосных ($G_{\text{о}}$) и двухосных ($G_{\text{д}}$) солнечных трекеров выполнен с использованием уравнений (2-4).

$$G_{\text{д}} = \text{ПНР} + \text{РИ} \quad (2)$$

$$G_{\text{о}} = \text{ПНР} * cos(\Delta\theta) + \text{РИ} \quad (3)$$

$$G_{\text{ф}} = \text{ПНР} * \cos(\Delta\theta) * cos(\Delta\gamma) + \text{РИ} \quad (4)$$

где $\delta\theta$ — это угол между нормалью к поверхности солнечной панели и направлением на Солнце в вертикальной плоскости, а $\Delta\gamma$ — угол между нормалью к поверхности панели и направлением на Солнце в горизонтальной плоскости.

Одноосные солнечные трекеры ориентируются на Солнце по азимуту в течение дня, при этом угол наклона панели в вертикальной плоскости

остается фиксированным и определяется географической широтой, на которой расположена фотоэлектрическая система. Для Алматы оптимальный угол наклона солнечной панели составляет 45 градусов. В этом положении устанавливаются как фиксированные панели, так и одноосные трекеры.

Расчет выработки электроэнергии (E) осуществляется в соответствии с уравнением (5).

$$E = G * \eta_{\text{п}} * \eta_{\text{к}} * A \qquad (5)$$

где g — мощность солнечного излучения, рассчитанная по уравнениям (2-4) для трех типов фотоэлектрических систем, $\eta_{\text{п}}$ — КПД солнечной панели, $\eta_{\text{к}}$ — КПД контроллера, A — площадь поверхности солнечной панели. Для расчетов использовалась солнечная панель номинальной мощностью 60 Вт. В качестве контроллеров рассматривались ОТММ и ШИМ. КПД контроллера ОТММ принят в диапазоне 97,5–80%, а ШИМ — в диапазоне 85–75%. На рисунке 1 представлены результаты расчетов выходной мощности фотоэлектрических систем по месяцам в течение года с учетом уравнений (1–5).

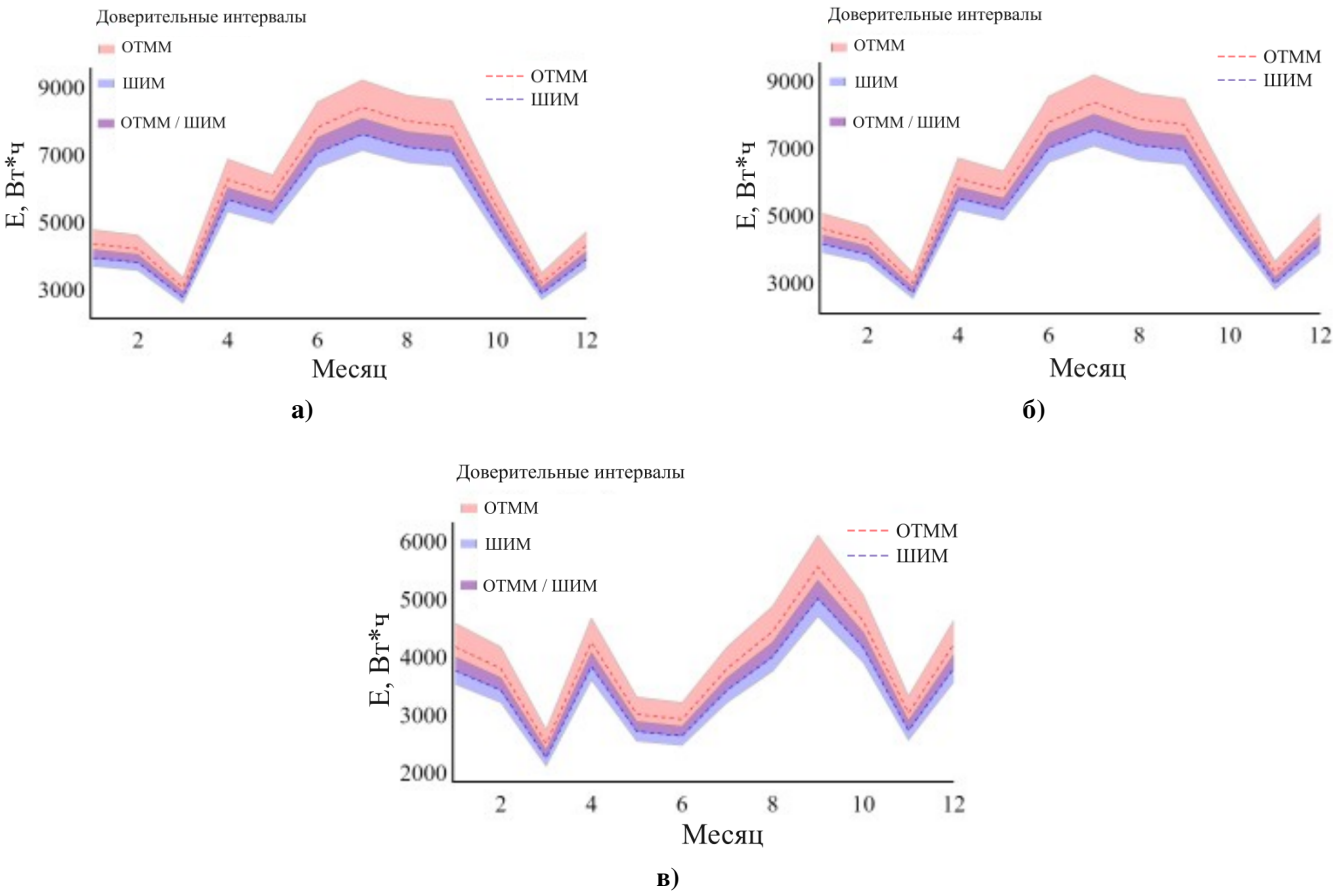


Рис.1 - Диаграммы с ошибками выходной мощности, выработанной каждой фотоэлектрической системой за 1 год: одноосный солнечный трекер (а), двухосный солнечный трекер (б), фиксированная фотоэлектрическая система (в)

Как видно из графиков на рисунке 1, выходная мощность систем с одноосным и двухосным трекерами имеет схожую форму, однако одноосный трекер генерирует меньше энергии. График для фиксированной фотоэлектрической установки значительно отличается от первых двух как по форме, так и по величине мощности. При этом наблюдается область пересечения довери-

тельных интервалов выходной мощности для систем с контроллерами ОТММ и ШИМ. Минимальная мощность фиксированной системы составляет 2,6 кВт·ч, а для одноосного и двухосного трекеров она почти одинакова — 3,8 кВт·ч.

Входная мощность преобразуется с использованием контроллеров ОТММ и ШИМ для каждой из фотоэлектрических систем, как описано выше. При анализе системы предполагалось, что средняя выходная мощность при использовании PWM-контроллера ниже, чем у ОТММ. Однако было выявлено значительное отклонение в распределении данных для ШИМ, что существенно влияет на его эффективность. Это можно объяснить более высокой скоростью принятия решений, присущей контроллеру ОТММ.

Для оценки эффективности работы рассматриваемых контроллеров в сочетании с различными фотоэлектрическими системами был проведен анализ с применением двух методов: критерия Стьюдента и критерия Колмогорова-Смирнова. Критерий Стьюдента представляет собой метод проверки статистических гипотез, предназначенный для определения значимости различий между двумя группами данных. В рамках данного анализа гипотеза H_a заключалась в том, что существует разница в эффективности работы контроллеров в каждой из рассматриваемых фотоэлектрических систем. Иными словами, эффективность ОТММ отличается от эффективности ШИМ. Если гипотеза верна, то выходная мощность одной и той же системы с разными контроллерами отличается ($p>\alpha$), в противном случае — идентична ($p<\alpha$). Уровень значимости был установлен как $\alpha = 0.05$.

$$H_a = \overline{Eff_{\text{ОТММ}}} \neq \overline{Eff_{\text{ШИМ}}} \tag{6}$$

$$\overline{Eff} = \frac{\sum Eff_i}{n} \tag{7}$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum \left(Eff_i - \overline{Eff}\right)^2}{n-1}} \tag{8}$$

$$m_r = \frac{Sd}{\sqrt{n}} \tag{9}$$

$$t = \frac{Eff_{\text{MPPT}} - Eff_{\text{PWM}}}{\sqrt{{m_{\text{готмм}}}^2 + {m_{\text{гшим}}}^2}} \tag{10}$$

где $\underline{Eff}$ – среднее значение показателей эффективности контроллера, Sd – стандартное отклонение, m_r – ошибка репрезентативности.

Критерий Колмогорова-Смирнова, в свою очередь, является непараметрическим методом для проверки гипотезы о совпадении распределений двух выборок. Он широко используется для оценки соответствия эмпирических данных теоретическому распределению или для сравнения двух эмпирических распределений. В нашем исследовании этот тест был использован для дополнительной проверки различий между контроллерами в каждой фотоэлектрической системе.

Критерий Колмогорова-Смирнова определяется следующим образом:

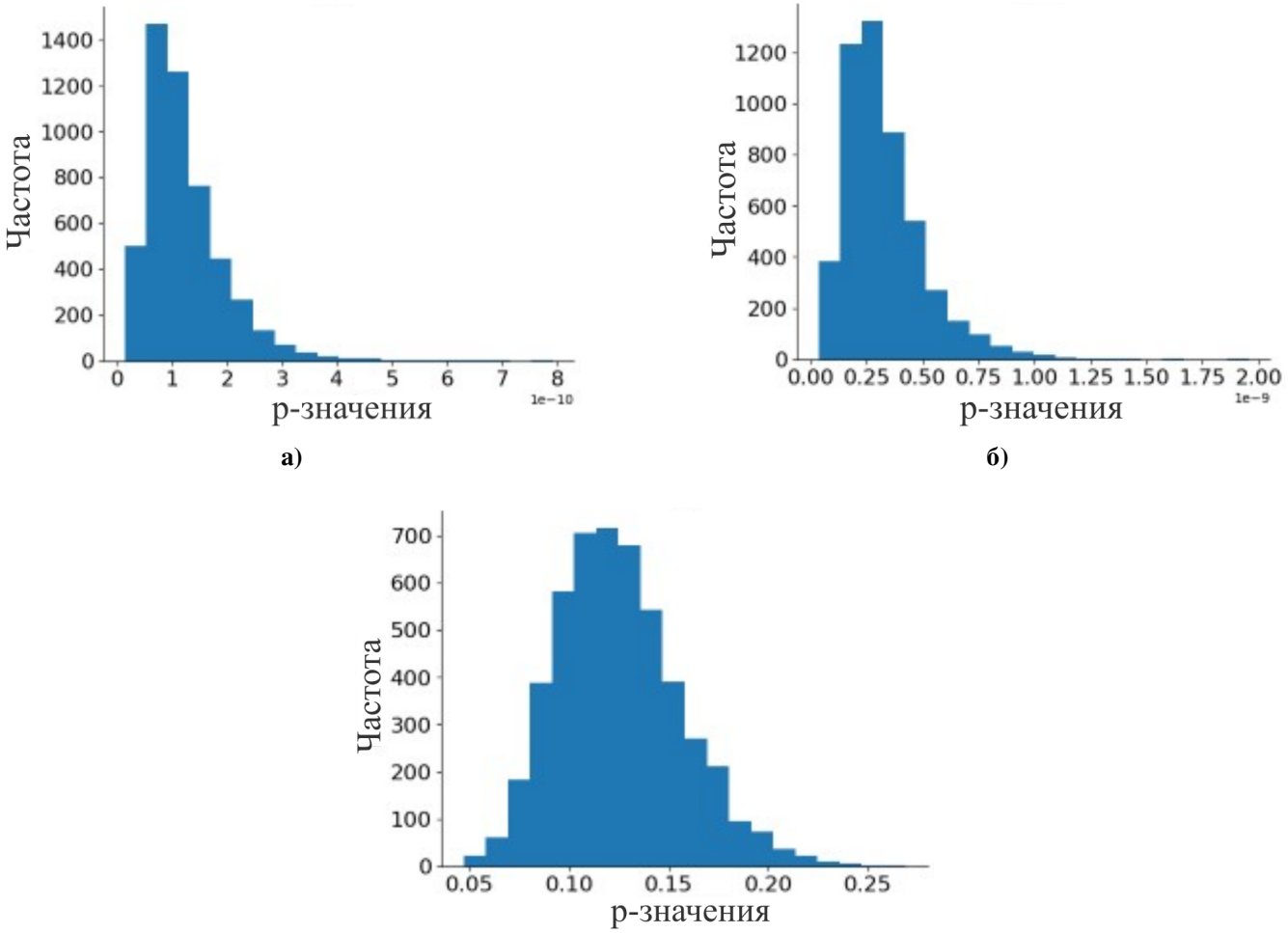
$$K_n = \sqrt{n} * \sup_x \left|F_0(x) - \widehat{F_n}(x)\right| \tag{11}$$

Различие между методами t-критерия Стьюдента и критерия Колмогорова-Смирнова связано с типами информации, которую они обрабатывают. t-критерий Стьюдента предполагает нормальное и взаимно независимое распределение данных, в то время как критерий Колмогорова-Смирнова применяется в случае ненормального распределения данных. В рамках данного исследования оба метода были использованы для более полного анализа и проверки гипотезы, что позволило получить более надежные результаты.

Так как значения выходной мощности сильно зависят от эффективности контроллеров, были определены максимальные и минимальные пределы эффективности, как показано на рисунке 1. Для применения статистического анализа значения эффективности задавались случайным образом в пределах соответствующего диапазона. Для повышения точности статистического анализа вычисления повторялись 5000 раз. Результаты анализа каждой фотоэлектрической системы, работающей с контроллерами ОТММ и ШИМ, были получены с использованием методов теста Колмогорова-Смирнова и т-критерия. Для

проверки вышеупомянутой гипотезы p-значение должно быть меньше α=0,05. Из результатов t-критерия, представленных на рисунке 2, видно, что для одноосного и двухосного трекера p-значение значительно меньше 0,05 при 5000 повторениях. Следовательно, мы принимаем гипотезу H_a и делаем вывод, что выходная мощность солнечных трекеров при использовании различных контроллеров существенно различается. В случае фиксированной фотоэлектрической системы наблюдаются p-значения в пределах от 0,046 до 0,27. Среднее p-значение для этой выборки составляет 0,12, что указывает на меньшую вероятность подтверждения гипотезы по сравнению с солнечными трекерами.

Результаты теста Колмогорова-Смирнова представлены на рисунке 3. Для одноосного и двухосного трекера p-значение находится на уровне 10^{-32}, что значительно меньше 0,05 при 5000 повторениях. Следовательно, мы также принимаем выдвинутую гипотезу H_a и делаем вывод, что выходная мощность солнечных трекеров при использовании различных контроллеров значительно различается. Для фиксированной фотоэлектрической системы наблюдаются p-значения в пределах от 0,1 до 0,85. Среднее p-значение для этой выборки составляет 0,4, что указывает на меньшую вероятность подтверждения гипотезы по сравнению с трекерами.



а) б) в)

Рис.2 - Результаты т-теста: двухосный солнечный трекер (а), одноосный солнечный трекер (б), фиксированная система (в)

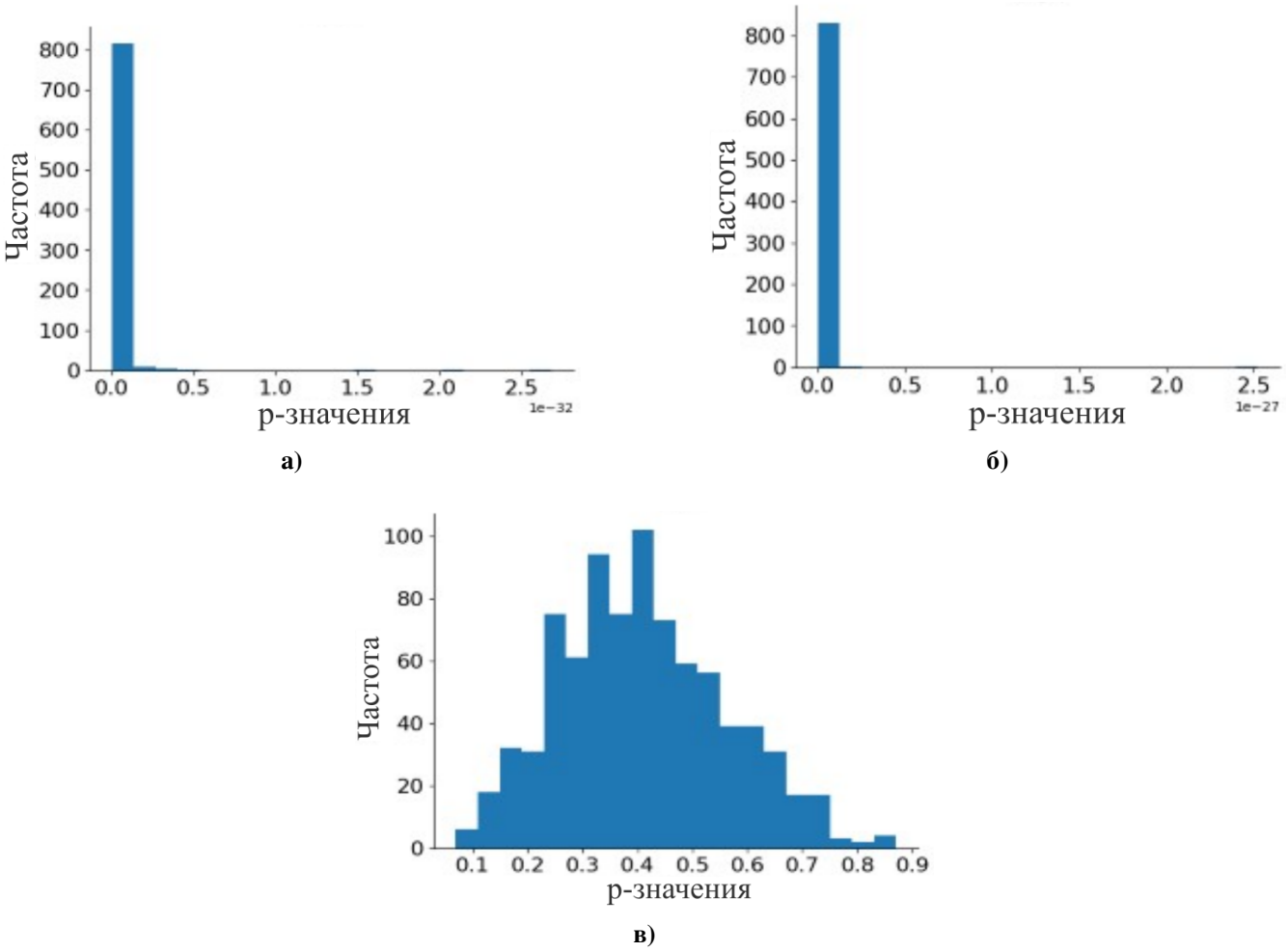


Рис.3 - Результаты теста Колмогорова-Смирнова: двухосный солнечный трекер (а), одноосный солнечный трекер (б), фиксированная система (в)

Таким образом, проведенный статистический анализ с использованием т-критерия Стьюдента и теста Колмогорова-Смирнова позволяет сделать одинаковый вывод: для фиксированных фотоэлектрических систем использование контроллеров ОТММ или ШИМ не имеет статистически значимого влияния.

Результаты и обсуждения. Цель исследования заключалась в сравнении эффективности разработанного контроллера зарядки аккумуляторов с ОТММ и контроллера зарядки аккумуляторов с ШИМ для различных типов солнечных трекеров в разных погодных условиях. Рисунок 4 показывает исследуемую экспериментальную установку. На схеме: (1) фиксированная фотоэлектрическая установка, (2) двухосный солнечный трекер, (3) одноосный солнечный трекер, (4) электронный блок управления и аккумуляторы, подключенные к выходу контроллеров зарядки аккумуляторов в качестве нагрузки, (5) контроллеры ОТММ и ШИМ.

Экспериментальные работы проводились в ясную и частично облачную погоду. На рисунке 5 представлены графики выходной мощности фиксированной солнечной панели, одноосного и двухосного трекеров при использовании контроллера ОТММ. Средняя выходная мощность одноосного трекера с контроллером ОТММ на 12,8% и 12,5% выше, чем у фиксированной системы с аналогичным контроллером. Выходная мощность двухосного трекера с контроллером ОТММ на 15% и 13,4% выше, чем у фиксированной системы с тем же контроллером.

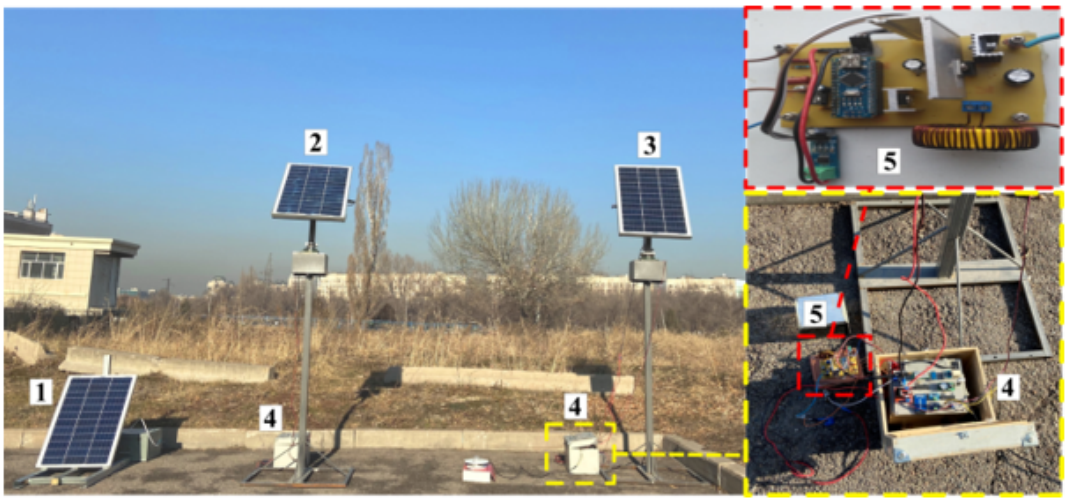
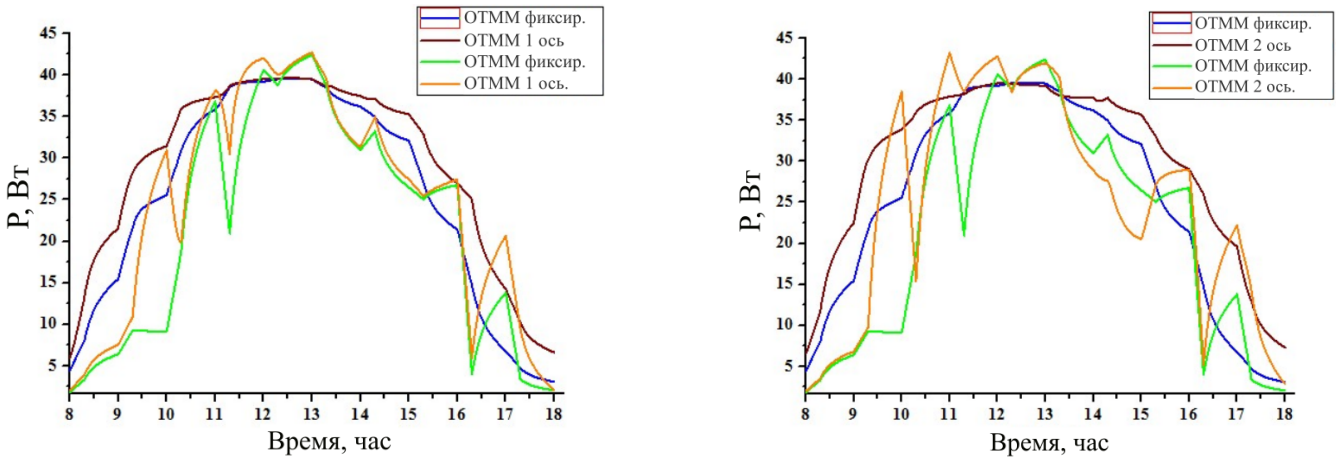


Рис.4 - Экспериментальная установка



а) **б)**

Рис.5 - Сравнение выходной мощности фиксированной солнечной панели с одноосным трекером (а) и двухосным трекером (б) с контроллерами ОТММ

Рисунок 6 показывает графики выходной мощности фиксированных панелей, одноосных и двухосных солнечных трекеров с контроллерами ОТММ и ШИМ. Эффективность одноосного трекера с контроллером ОТММ на 9,4% и 10,9% выше, чем у системы с контроллером ШИМ. Двухосный солнечный трекер с контроллером ОТММ преобразует мощность на 10,3% и 14,2% эффективнее, чем с контроллером ШИМ. Фиксированная установка с контроллером ОТММ на 9,5% и 16,5% более эффективна, чем фиксированная фотоэлектрическая установка с контроллером ШИМ.

Максимальная эффективность преобразования мощности соответствует контроллеру ОТММ с показателем 96%, в то время как максимальная эффективность преобразования мощности для контроллера ШИМ достигает 90%. В то же время минимальный показатель эффективности преобразования энергии для ОТММ составляет 80%, а для контроллера ШИМ этот показатель снижается до 70%. Эффективность преобразования мощности каждым контроллером в каждой фотоэлектрической системе показывает различные результаты.

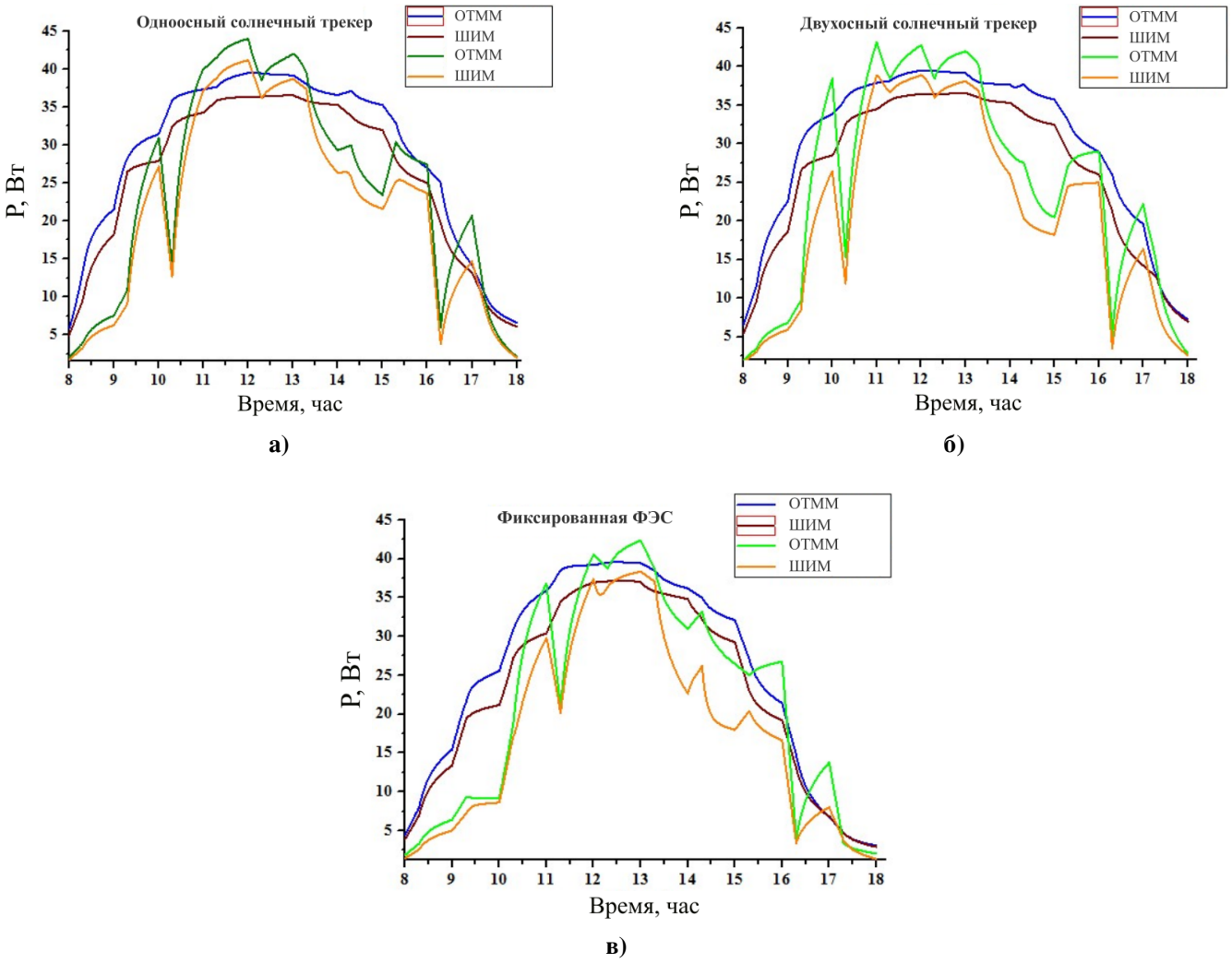


Рис.6 - Графики выходной мощности одноосных (а) и двухосных (б) солнечных трекеров, а также фиксированной системы (в) с контроллерами ОТММ и ШИМ

В таблице 1 приведены сравнительные результаты анализа работы контроллеров ШИМ и ОТММ в сравнении с использованием фиксированной солнечной панели, одноосного и двухосного солнечных трекеров с применением методов т-критерия Стьюдента и теста Колмогорова-Смирнова, а также соответствующие значения вероятности.

Таблица 1 - Результаты тестирования статистических гипотез.

	$\underline{Eff}$	σ	m_r	т	p	КС	p	Достоверность
Фиксированная ФЭ система								
ШИМ	87.9	4.022	0.8776	0.935	0.20	0.3333	0.1963	60%
ОТММ	89.14	4.556	0.9942					
Одноосный солнечный трекер								
ШИМ	86.24	4.9398	1.0779	2.203	0.01	0.4285	0.0410	90%
ОТММ	89.15	3.4990	0.7635					

Двухосный солнечный трекер								
ШИМ	86.17	4.9917	1.0892	2.087	0.0025	0.4761	0.0159	95%
ОТММ	89.06	3.9194	0.8552					

Результаты статистического анализа экспериментальных данных, представленные в таблице 1, показывают, что для фиксированной системы p-значение больше 0,05 как для т-теста, так и для теста Колмогорова-Смирнова, что указывает на неверность гипотезы H_a для фиксированной системы. В то время как для одноосного и двухосного солнечных трекеров в обоих тестах p-значения меньше 0,05, что позволяет заключить, что гипотеза H_a верна для этих солнечных энергетических систем.

Выводы. В данной работе была оценена целесообразность использования контроллеров ОТММ и ШИМ для солнечных энергетических систем. Было выдвинуто предположение, что эффективность ОТММ не равна эффективности ШИМ, что было проверено с помощью статистических методов: т-теста Стьюдента и теста Колмогорова-Смирнова. Статистические тесты проводились на оценочных выходах солнечных панелей, использующих одноосный, двухосный солнечные трекеры и фиксированную систему в течение года. Расчеты проводились для контроллеров ОТММ и ШИМ при различных значениях эффективности. Статистические тесты были выполнены на основе данных экспериментальных исследований. Результаты тестов как для расчетных данных, так и для экспериментальных позволяют сделать следующий вывод: выходная мощность фотоэлектрической системы при использовании одноосный и двухосный солнечные трекеры сильно зависит от типа контроллера, в то время как при использовании фиксированной системы зависимость от типа контроллера минимальна. Таким образом, в долгосрочной перспективе для фиксированных солнечных установок имеет смысл устанавливать контроллеры ШИМ для снижения финансовых затрат, тогда как для солнечных трекеров необходимо использовать контроллеры ОТММ для максимизации выходной мощности.

Финансирование. 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. Maka A. O. M., Alabid J. M. Solar energy technology and its roles in sustainable development //Clean Energy. – 2022. – Т.6. – №.3. – С.476-483. DOI 10.1093/ce/zkac023

2. Rajesh T. et al. Design and implementation of an automatic solar tracking system for a monocrystalline silicon material panel using MPPT algorithm //Materials Today: Proceedings. – 2021. – Т.45. – С.1783-1789. DOI 10.1016/j.matpr.2020.08.635

3. Rizzo S. A., Scelba G. A hybrid global MPPT searching method for fast variable shading conditions //Journal of Cleaner Production. – 2021. – Т.298. – С.126775. DOI 10.1016/j.jclepro.2021.126775

4. Bhukya L., Kedika N. R., Salkuti S. R. Enhanced maximum power point techniques for solar photovoltaic system under uniform insolation and partial shading conditions: a review //Algorithms. – 2022. – Т.15. – №.10. – С.365. DOI 10.3390/a15100365

5. Ibrahim N. F. et al. A new adaptive MPPT technique using an improved INC algorithm supported by fuzzy self-tuning controller for a grid-linked photovoltaic system //Plos one. – 2023. – Т.18. – №. 61. – С. e0293613. DOI 10.1371/journal.pone.0293613

6. Bouguerra K., Latreche S., Khemliche M. Comparative Study betwenn P&O, IncCond and MSC algorithms for MPPT Control of PV systeme //2023 International Conference on Electrical Engineering and Advanced Technology (ICEEAT). – IEEE, 2023. – Т.1. – С.1-6. DOI 10.1109/ICEEAT60471.2023.10425855

7. Şenpinar A., Cebeci M. Evaluation of power output for fixed and two-axis tracking PVarrays //Applied Energy. – 2012. – Т.92. – С. 677-685. DOI 10.1016/j.apenergy.2011.07.043

8. Abdulkadir M., Samosir A. S., Yatim A. H. M. Modelling and simulation of maximum power point tracking of photovoltaic system in Simulink model //2012 IEEE International Conference on Power and Energy (PECon). – IEEE, 2012. – С.325-330.10.1109/PECon.2012.6450231

9. Mohapatra A. et al. A review on MPPT techniques of PV system under partial shading condition //Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – Т.80. – С.854-867. DOI 10.1016/j.rser.2017.05.083

10. Lazaroiu G. C. et al. Comparative analysis of fixed and sun tracking low power PV systems considering energy consumption //Energy Conversion and Management. – 2015. – Т.92. – С.143-148. DOI 10.1016/j.enconman.2014.12.046

11. DOI 10.1016/j.enconman.2014.12.046%20 Pulido-Mancebo J. S. et al. Spatial distribution model of solar radiation for agrivoltaic land use in fixed PV plants //Agronomy. – 2022. – Т.12. – №.11. – С.2799. DOI 10.3390/agronomy12112799

12. MacFarland T. W. et al. Student's t-test for independent samples //Using R for Biostatistics. – 2021. – С.141-240. DOI 10.1007/978-3-030-62404-0_3

13. Zhang G. et al. Fast and robust spectrum sensing via Kolmogorov-Smirnov test //IEEE Transactions on Communications. – 2010. – Т.58. – №.12. – С.3410-3416. DOI 10.1109/TCOMM.2010.11.090209

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;

Байболов Олжас Бауыржанович, магистрант, 1 курс, Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, 050038, Республика Казахстан, e-mail: baibolov_olzhas2@kaznu.kz.

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;

Baibolov O.- Master's student, 1st year, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: baibolov_olzhas2@kaznu.kz.

IRSTI 20.01.45 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-815**

ANALYZING E-LEARNING STUDENT PERFORMANCE AND FEATURE IMPACT USING XGBOOST AND SHAP

M. Madeniyetov

Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

Corresponding author: madeniyetov@kbtu.kz

E-learning has become an essential part of modern education, providing flexibility and accessibility to students worldwide. However, understanding the factors that influence student success in online learning remains a challenge. In this study, we analyze student performance in e-learning courses using the XGBoost classifier and SHAP (SHapley Additive exPlanations) to identify key features that impact academic outcomes. The dataset, obtained from the UC Irvine Machine Learning Repository, contains student information related to personal background, family environment, and educational habits. We categorize student performance in three ways: predicting exact grades, classifying students as pass/fail, and determining whether they achieve good or not good grades. Our findings show that certain features significantly influence student performance. For pass/fail prediction, factors such as last semester's GPA, expected graduation GPA, and parental education levels were among the most impactful. In contrast, for good/not good classification, features like course ID, having a job, and accommodation type played a major role. The prediction results show that the model performs best in pass/fail classification, achieving an accuracy of 97.43%, while good/not good classification reached 80.07%. This suggests that predicting broad categories like pass/fail is much easier than predicting exact grades. These findings highlight the importance of carefully selecting features when analyzing student performance. Future research could expand this study by using a larger and more diverse dataset, incorporating additional features such as student engagement metrics, online activity logs, and psychological factors.

Keywords: E-learning, Student performance, Machine learning, XGBoost, SHAP (SHapley Additive exPlanations), Predictive modeling, Online education.

XGBOOST ЖӘНЕ SHAP КӨМЕГІМЕН E-LEARNING СТУДЕНТТЕРІНІҢ ӨНІМДІЛІГІ МЕН МҮМКІНДІК ӘСЕРІН ТАЛДАУ

М.Мәдениетов

Қазақ-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан,
e-mail:madeniyetov@kbtu.kz

E-learning бүкіл әлем бойынша студенттерге икемділік пен қолжетімділікті қамтамасыз ететін заманауи білім берудің ажырамас бөлігіне айналды. Дегенмен, онлайн оқудағы оқушылардың үлгеріміне әсер ететін факторларды түсіну қиын болып қала береді. Бұл зерттеуде біз академиялық нәтижелерге әсер ететін негізгі сипаттамаларды анықтау үшін XGBoost классификаторы мен SHAP (SHapley Additive Explanations) көмегімен электрондық оқыту курстарындағы студенттердің жұмысын талдаймыз. Калифорния университетінен, Ирвиннің машиналық оқыту репозиторийінен алынған деректер жинағы студенттердің жеке тәжірибесіне, отбасылық тарихына және оқу әдеттеріне қатысты ақпаратты қамтиды. Студенттердің үлгерімін үш жолмен жіктейміз: нақты бағаларды болжау, оқушыларды сәтті/өтпеген деп жіктеу және олардың жақсы немесе нашар баға алатынын анықтау. Біздің нәтижелеріміз белгілі бір сипаттамалардың оқушылардың оқу үлгеріміне айтарлықтай әсер ететінін көрсетеді. Өту/өтпеу нәтижелерін болжауда соңғы семестрдегі GPA, бітіру кезіндегі күтілетін GPA және ата-аналардың білім деңгейі сияқты факторлар ең ықпал етті. Керісінше, жақсы/жаман жіктеу үшін курс идентификаторы, жұмыстың қолжетімділігі және орналастыру түрі сияқты сипаттамалар маңызды рөл атқарды. Болжау нәтижелері үлгінің 97,43% дәлдікке, ал жақсы/жаман классификацияға 80,07% қол жеткізіп, өту/сәтсіз жіктеуде ең жақсы орындайтынын көрсетеді. Бұл

өту/өтпеген сияқты кең санаттарды болжау нақты бағаларды болжаудан әлдеқайда оңай екенін көрсетеді. Бұл нәтижелер оқушының жұмысын талдау кезінде мүмкіндіктерді мұқият таңдаудың маңыздылығын көрсетеді. Болашақ зерттеулер бұл зерттеуді үлкенірек және әртүрлі деректер жиынтығын, соның ішінде студенттердің қатысу жылдамдығы, желідегі белсенділік журналдары және психологиялық факторлар сияқты қосымша шараларды пайдалана отырып кеңейтуі мүмкін.

Түйін сөздер: E-learning, студенттердің өнімділігі, машиналық оқыту, XGBoost, SHAP (Shapley Additive Explainers), болжамды модельдеу, онлайн білім беру.

АНАЛИЗ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ВЛИЯНИЯ ФУНКЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ XGBOOST И SHAP

М. Мәдениетов

Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан,
e-mail:madeniyetov@kbtu.kz

Электронное обучение стало неотъемлемой частью современного образования, обеспечивая гибкость и доступность для студентов по всему миру. Однако понимание факторов, влияющих на успеваемость студентов в онлайн-обучении, остается сложной задачей. В этом исследовании мы анализируем успеваемость студентов на курсах электронного обучения с помощью классификатора XGBoost и SHAP (SHapley Additive exPlanations) для выявления ключевых характеристик, влияющих на академические результаты. Набор данных, полученный из репозитория машинного обучения Калифорнийского университета в Ирвайне, содержит информацию об учащихся, связанную с личным опытом, семейной обстановкой и образовательными привычками. Мы классифицируем успеваемость учащихся тремя способами: прогнозирование точных оценок, классификация учащихся как сдавших/не сдавших и определение того, получают ли они хорошие или плохие оценки. Наши результаты показывают, что определенные характеристики существенно влияют на успеваемость учащихся. Для прогнозирования сдавших/не сдавших такие факторы, как средний балл за последний семестр, ожидаемый средний балл по окончании обучения и уровень образования родителей, были одними из самых влиятельных. Напротив, для классификации «хорошо/плохо» такие характеристики, как идентификатор курса, наличие работы и тип размещения, играли важную роль. Результаты прогнозирования показывают, что модель лучше всего работает в классификации сдал/не сдал, достигая точности 97,43%, а классификация хорошо/не хорошо достигла 80,07%. Это говорит о том, что прогнозирование широких категорий, таких как сдал/не сдал, намного проще, чем прогнозирование точных оценок. Эти результаты подчеркивают важность тщательного выбора признаков при анализе успеваемости учащихся. Будущие исследования могут расширить это исследование, используя более крупный и разнообразный набор данных, включив дополнительные признаки, такие как показатели вовлеченности учащихся, журналы онлайн-активности и психологические факторы.

Ключевые слова: Электронное обучение, успеваемость студентов, машинное обучение, XGBoost, SHAP (аддитивные объяснения Шепли), прогностическое моделирование, онлайн-образование.

Introduction. In today' s digital world, e-learning systems provide many benefits to both students and organizations. The main advantages of e-learning is the ability to allow flexibility and accessibility. Students can learn at their own pace, anytime and anywhere, making education more convenient for those with busy schedules or limited access to traditional classrooms [1]. This flexibility is especially valuable for working professionals, as well as students from different regions and backgrounds who may not have the opportunity to attend in-person classes [2]. E-learning also promotes the use of modern technologies to enhance learning. For example, interactive features such as multimedia, virtual discussions, and real-time feedback make learning more engaging [3].

Many students find these technologies helpful for communication and collaboration, especially through social networking platforms [1]. In addition, e-learning encourages students to become more independent learners by giving them access to a wide range of online resources and learning materials [4]. From an organization' s point of view, e-learning shows strategic advantages. Research shows that when businesses and governments adopt integrated e-learning strategies, they often achieve better results compared to focusing only on content delivery [5].

Successful e-learning systems can improve employee skills, support lifelong learning, and contribute to the overall development of societies and economies [5], [2]. Furthermore, e-learning can help reduce educational costs and improve the efficiency of training programs [3, 4].

Problem statement

Despite these benefits, it is important to carefully design e-learning programs to ensure that they meet the needs of students and organizations. In this study, we focus on identifying the characteristics of the design and content of the e-learning course that are important to students to successfully complete the course.

Related work

To ensure that students complete their courses successfully, understanding the characteristics that contribute to the effectiveness of e-learning is essential. Several studies have explored the key factors that influence student performance and satisfaction in e-learning.

Technological factors play an important role in the success of e-learning systems. The quality of information technology infrastructure, system usability, and the availability of reliable internet services are critical for course completion [6, 7]. For instance, low-quality internet services could reduce learning progress, especially in regions with limited technical support [7].

Additionally, systems that are easy to navigate and provide well-structured content lead to higher satisfaction and better performance outcomes [8].

Instructor and learner qualities also influence e-learning success. Instructors' technical skills and attitudes toward e-learning impact how effectively students engage with the system [9,10]. Similarly, students with strong self-regulation, time management, and emotional intelligence are more likely to complete courses successfully [11]. Self-regulated learners tend to plan, organize, and stay motivated, which helps them manage the flexibility and challenges of online learning [11].

Collaboration and interaction features are important for maintaining student engagement and satisfaction [8, 12]. E-learning platforms that promote interaction and collaboration with peers strengthen a sense of community, reducing feelings of isolation. An effective learning design such as mixed learning approaches improves student achievement by integrating online and offline activities [12, 9].

However, despite these benefits, challenges remain. Issues such as technical support, financial constraints, and change management could create difficulties when implementing e-learning [9]. Instructors and institutions need to be adequately prepared and supported to ensure a smooth e-learning experience. Additionally, the availability of diverse and high-quality course content is necessary for student satisfaction and learning success [8,10].

Successful course completion in e-learning depends on multiple interconnected factors, including technology infrastructure, instructor and learner capabilities, and collaborative features. Addressing these elements and overcoming related challenges is crucial for enhancing the effectiveness of e-learning systems.

Materials and methods. This section consists of three steps: (1) describing the dataset, (2) analyzing the prediction, and (3) calculating the prediction, as shown in Figure 1.

Dataset Description

E-Learning student dataset from UC Irvine Machine Learning Repository was used for this research [13]. The dataset contains information about students' end-of-term performance in the Faculty of Engineering and the Faculty of Educational Sciences. This dataset includes 145

students and 31 different features that cover personal details, family background, and education habits. The dataset is multivariate and falls under the social sciences category. The target variable is the final course grade, which ranges from 0 (Fail) to 7 (A). The features are divided into three groups. The First one is Personal Information (Features 1-10) such as age, gender, high school type, scholarship type, etc. The Second group is Family Information (Features 11-16), it covers parents' education, number of siblings, marital status, and parents' occupations. The third one is Educational Habits (Features 17-30), it includes study hours, reading habits, class attendance, exam preparation style, note-taking, listening, etc. The dataset is clean, meaning there were no missing (null) values or duplicate records.



Fig.1 - An overview of the research methodology

Prediction Analysis

In this part of our research, we used SHAP (SHapley Additive exPlanations) to understand which features contributed the most to our model' s predictions. SHAP helps explain how each feature affects the final prediction, which is especially useful when working with complex models [14]. We used the mean SHAP bar plot to find out which features are the most important overall [14]. The plot shows the average SHAP value for each feature. This makes it easy to see which features have the most influence on predictions. In this research, we identify the top 12 most important features influencing student performance.

We begin by predicting all grades using all available features. Then, we focus on distinguishing between passing and failing students by converting grades into binary values. Finally, we classify students based on high academic achievement, where only the top grades are considered good. For each of these cases, we identify the most influential features using SHAP (SHapley Additive exPlanations).

First, we predict all letter grades (A to F) using all features in the dataset. A machine learning model is trained to classify student performance into these categories. We then use SHAP to determine which features contribute the most to grade predictions. Next, we refine our analysis by converting grades into a binary pass/fail classification. Here, grades A, B, C, and D are mapped to 1 (pass), while grade F is mapped to 0 (fail). We train a machine learning model on this binary classification task and use SHAP to extract the most important features that determine passing or failing status. Lastly, we analyze the characteristics of high-achieving students by classifying grades A and B as good (1) and all other grades as not good (0). Again, we train a machine learning model and use SHAP to identify the features that most strongly influence high performance.

The function starts by separating features from the target variable. It then trains an XGBoost classifier to predict grades. SHAP values are computed to measure the impact of each feature on the model's predictions. By taking the mean absolute SHAP values, the most important features are identified.

Table 1 - Feature Extraction Cases

Case	Grade Mapping	Objective
Multi-class Grade Prediction	A, B, C, D, F as separate classes	Identify top features influencing all grades
Pass/Fail Classification	A, B, C, D → 1 (Pass), F → 0 (Fail)	Determine features affecting passing or failing
Good Student Classification	A, B → 1 (Good), C, D, F → 0 (Not Good)	Identify features contributing to high performance

```
Function get_top_features(dataset):
    X = dataset without "GRADE"
    y = "GRADE" column from dataset
    Train an XGBoost classifier using X and y
    Compute SHAP values for the model
    Calculate mean absolute SHAP values for each feature
    Sort features by SHAP importance and select the top 12
```

Prediction Calculation

For the prediction calculation, we used the XGBoost Classifier (XGBClassifier) to evaluate how well the model could predict course grades [15]. The dataset was split into training and testing sets using an 80-20 split, meaning 80% of the data was used for training and 20% for testing. The top features identified from the Prediction Analysis step were used to predict all grades, pass/fail outcomes, and good/not-good student categories. To ensure accurate predictions, multiple machine learning models were applied, and the model with the highest accuracy was selected.

The models used in the analysis included Logistic Regression, Decision Tree, Random Forest, Gradient Boosting, Support Vector Machine (SVM), and a Neural Network (MLPClassifier). The function testAccuracy was used to compare different models. The dataset was first split into training and testing sets. A preprocessing pipeline was created to handle both numerical and categorical features. Numerical features were standardized using StandardScaler, while categorical features were transformed using OneHotEncoder. The models were trained and evaluated using cross-validation with five folds, ensuring reliable accuracy scores. For each model, the cross-validation accuracy was computed, and the results were stored. In this way, we compare different models and determine the most effective one for predicting student performance.

Results and discussion. ***Pass/Fail Analysis.*** The Mean SHAP Bar Plot shown in Figure 2 highlights the most important factors influencing whether students pass or fail. The number of siblings (13) appears to play a role, possibly affecting family responsibilities and study habits. Gender (2) is another key factor, which might reflect differences in study approaches or external expectations. Transportation to university (9), such as taking a bus or driving, could impact punctuality and daily routine. Scholarship type (4) seems to matter, as financial support might reduce stress and improve access to study resources. Relationship status (7) also influences performance, suggesting that having a partner may affect time management and academic focus. The father's education level (12) could shape the kind of support or encouragement a student receives at home. Expected GPA at graduation (30), attending seminars and conferences (20), and last semester's GPA (29) is a strong predictor of success, reinforcing the idea that steady academic effort leads to better results.

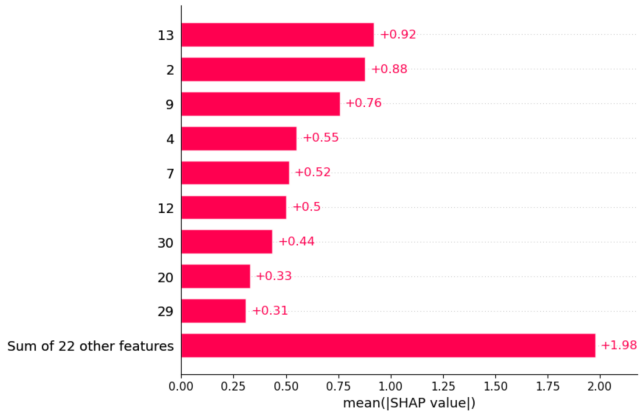


Fig.2 - Mean SHAP Bar Plot (top pass/fail features)

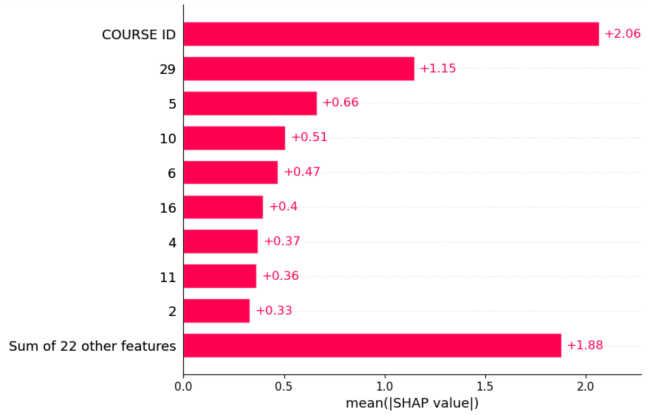


Fig.3 - Mean SHAP Bar Plot (top good/not good features)

Good/Not Good Analysis

Good/not good analysis' s top features are slightly different. As shown in Figure 3, Course ID plays a major role, indicating that some courses might be harder or have different grading standards. Last semester's GPA (29) is a strong predictor of success, showing that students who performed well previously are likely to continue doing so. Having a job (5) appears to impact grades, as working students might struggle with time management and balancing responsibilities. Accommodation type (10) also matters, suggesting that living in a dorm, rental, or with family could affect study habits and comfort. Participation in sports or artistic activities (6) may influence academic performance, possibly by improving discipline and time management or taking time away from studying. Father's occupation (16), Scholarship type (4), and Mother's education level (11) appear to impact success, possibly affecting academic and financial support.

Prediction Accuracies

In order to predict accuracies 6 different ML models are used. But in Table 1, only the highest accuracy score among them is written. Table 1 shows the accuracy of different prediction models based on the features used. When we use all features to predict all grades (A to F), the accuracy is 36.23%, which is quite low. Using only the top features for Pass/Fail prediction, the accuracy slightly improves to 36.30% when predicting all grades. However, when we focus on predicting whether a grade is Good or Not Good, the accuracy increases to 42.32%, showing that this classification is a bit easier. When the model predicts only Pass or Fail using the top Pass/Fail features, the accuracy jumps to 97.43%, meaning it is very effective at distinguishing between passing and failing students. Similarly, when predicting Good or Not Good using the top Good/Not Good features, the accuracy is 80.07%, which is also quite high. This suggests that using the right features for a specific type of prediction greatly improves accuracy, especially for simpler classifications like Pass/Fail.

Table 2 - Prediction Accuracies

Features	Predict Grade	Accuracy Score
All	All	36.23%
Top Pass/Fail	All	36.30%
Top Good/Not Good	All	42.32%
Top Pass/Fail	Pass/Fail	97.43%
Top Good/Not Good	Good/Not Good	80.07%

Our results show that prior academic performance is a strong indicator of future success, with last semester's GPA and expected graduation GPA being the most influential factors in determining whether a student passes or fails. Additionally, course-related features such as course ID played a major role in predicting good or not good performance, suggesting that certain courses may be more challenging than others. Other significant factors include employment status, accommodation type, and parental education, indicating that both personal and environmental conditions affect learning outcomes. The model performed exceptionally well in pass/fail classification with an accuracy of 97.43%, while good/not good classification reached 80.07%, showing that broad classifications are easier to predict than detailed grade levels.

Conclusion. In this study, we explored how different student characteristics influence performance in e-learning courses using the XGBoost classifier and SHAP analysis. By focusing on key factors such as academic history, family background, and educational habits, we aimed to understand which features have the most impact on predicting student grades. Our approach allowed us to break down student success into three categories: predicting exact grades, distinguishing between passing and failing students, and identifying whether a student performs well or not. By applying machine learning techniques, we gained valuable insights into the elements that contribute to academic achievement in online education.

For future research, using a larger and more diverse dataset could improve the reliability of predictions and allow for more generalizable conclusions. Including behavioral data such as student engagement, online participation, and study patterns could further enhance model accuracy. Additionally, investigating psychological factors like motivation and stress levels may provide deeper insights into student performance.

References

1. P.Lam J. Lee M. Chan, C. Mcnaught Students' use of elearning strategies and their perceptions of elearning usefulness//Global Learn.- 2011. - P.1379–1388

2. H.A.Tanye Quality elearning in distance learning: Benefits and implications for national elearning policy in Ghana// International Journal of Multicultural and Multireligious Understanding.-2017.-Vol.4(3).- P.1-8. DOI 10.18415/ijmmu.v4i3.73

3. F. Concannon, A. Flynn, M. Campbell What campus-based students think about the quality and benefits of e-learning/ British Journal of Educational Technology.-2005.-Vol.36(3).-P.501-512

pp.501–512, 2005. DOI 10.1111/j.1467-8535.2005.00482.x

4. E.K.Abed Electronic learning and its benefits in education// Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education. – 2019.- Vol.15(3).- P.1-8. DOI 10.29333/ejmste/102668

5. M.S.Bowles Learning to e-learn project: Rediscovering the benefits of e-learning// Malaysian Online Journal of Instructional Technology.-2005.-Vol.2(3). – P.1823–1144

6. M.A. Almaiah, A. Al-Khasawneh, A. Althunibat Exploring the critical challenges and factors influencing the e-learning system usage during covid-19 pandemic // Education and Information Technologies.- 2020.- Vol. 25(1). DOI 10.1007/s10639-020-10219-y

7. A.M.Maatuk, E.K. Elberkawi, S.Aljawarneh, H.Rashaideh, H. Alharbi The covid-19 pandemic and e-learning: challenges and opportunities from the perspective of students and instructors// Journal of Computing in Higher Education.2022.-Vol.34(1).- P.21-38. DOI 10.1007/s12528-021-09274-2

8. W.A.Cidral, T.Oliveira, M.D. Felice, M.Aparicio E-learning success determinants: Brazilian empirical study// Computers and Education.- 2018. -Vol.122.- P.273- 290. DOI 10.1016/j.compedu.2017.12.001

9. A.Y.Alqahtani, A.A.Rajkhan E-learning critical success factors during the covid-19 pandemic: A comprehensive analysis of e-learning managerial perspectives// Education Sciences.-2020.-Vol.10(9):216. DOI 10.3390/educsci10090216

10. D.Al-Fraihat, M.Joy, R.Masa'deh, J.Sinclair, Evaluating e-learning systems success: An empirical study // Computers in Human Behavior.-2020.-Vol.102.-P.67-86. DOI 10.1016/j.chb.2019.08.004

11. H.Kauffman A review of predictive factors of student success in and satisfaction with online learning // Research in Learning Technology.-2015.-Vol.15.- P.1-15. DOI 10.3402/rlt.v23.26507

12. A. M. Nortvig, A. K. Petersen, and S. H. Balle, A literature review of the factors influencing e-learning and blended learning in relation to learning outcome, student satisfaction and engagement // Electronic Journal of e-Learning.-2018.-Vol.16(1).-P.46 - 55.

13. N.Yilmaz, B. Sekeroglu Higher Education Students Performance Evaluation// UCI Machine Learning Repository.-2019 DOI /10.24432/C51G82.

14. Scott M. Lundberg, Su-In Lee Paul G. A unified approach to interpreting model predictions // 31st Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017), Long Beach, CA, USA.-2017 .-Vol.25(2). DOI 10.48550/arXiv.1705.07874

15. T. Chen, C. Guestrin, "Xgboost: A scalable tree boosting system// the 22nd ACM SIGKDD International Conference.2016.- P.785-794. DOI 10.1145/2939672.2939785

Information about authors

Madeniyetov M. A.- Master's student in Software Engineering at the School of Information Technology and Engineering, Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: m_madeniyetov@kbtu.kz.

Сведения об авторе

Мәдениетов М.А. - магистрант направления Программная инженерия Школы информационных технологий и инженерии Казахстанско-Британского технического университета, Алматы, Казахстан, e-mail: m_madeniyetov@kbtu.kz.

ҒТАМР 20.53.19 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-740**

ДИАБЕТТІК РЕТИНОПАТИЯНЫ ЕМДЕУДЕ КӨЗ ТҮБІ ТІНДЕРІНЕ ЛАЗЕРЛІК ӘСЕРДІ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

[1]С.З. Сапакова, [2]Д. Даниярова, [1]Н. Есмұхамедов, [1]Р. Арманқызы, [1]А.Б. Ембердиева, [3]А. Қалдыбаева

[1]Халықаралық Ақпараттық Технологиялар Университеті, Алматы, Қазақстан,
[2]Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, Қазақстан,
[3]Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан
Корреспондент-автор: sapakovasz@gmail.com

Бұл жұмыс диабеттік ретинопатияны емдеуде лазерлік терапияны оңтайландыру мақсатында көздің түбі тіндеріне лазерлік әсерді математикалық модельдеуге арналған. Мақалада тіндердегі температураның таралуын модельдеу әдістері және лазердің параметрлерін пайдалана отырып, көз торына (сетчаткаға) тиімді әсер ету жолдары қарастырылады. Зерттеу барысында лазерлік әсер кезінде жылу өткізгіштігін сипаттайтын дифференциалды теңдеулер және жылу әсерлерін болжауға арналған арнайы математикалық модельдер қолданылды. Моделдер лазерлік энергияның терең тіндерге таралуын, сонымен қатар лазердің әсерін бақылауды оңтайландыруды қамтамасыз етеді. Зерттеуде уақыт пен тереңдік бойынша температураның таралуын модельдеуге ерекше көңіл бөлінді, бұл лазердің параметрлерін (қуаты, импульс ұзақтығы, қарқындылығы) дәл баптауға мүмкіндік береді. Модельдеу нәтижелері тіндердің беткі қабаттарында температураның айтарлықтай тез көтерілуі және терең қабаттарда баяу таралуы байқалғанын көрсетті, бұл лазерлік әсерді дәл бақылаудың маңыздылығын растайды. Мақалада көз ауруларын емдеуде лазердің параметрлерін дұрыс таңдаудың маңыздылығы талқыланады, әсіресе диабеттік ретинопатияны емдеуде. Ұсынылған модельдер офтальмологиядағы лазерлік технологияларды әрі қарай дамытуға және лазерлік терапияның қауіпсіздігі мен тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, лазерлік әсерді тиімді қолдану үшін қосымша зерттеулер мен эксперименттер қажет екені көрсетілген.

Түйін сөздер: лазерлік терапия, диабеттік ретинопатия, математикалық модельдеу, температура, лазер параметрлері, дифференциалдық теңдеулер.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГЛАЗНОЕ ДНО ПРИ ЛЕЧЕНИИ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ РЕТИНОПАТИИ

[1]С.З. Сапакова, [2]Д. Даниярова, [1]Н. Есмұхамедов, [1]Р. Арманқызы, [1]А.Б. Ембердиева, [3]А. Қалдыбаева

[1]Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан
[2]Международная образовательная корпорация, Алматы, Казахстан,
[3]Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан,
e-mail: sapakovasz@gmail.com

Данная работа посвящена математическому моделированию лазерного воздействия на ткани глазного дна с целью оптимизации лазерной терапии при лечении диабетической ретинопатии. В статье рассматриваются методы моделирования распределения температуры в тканях и способы эффективного воздействия на сетчатку с использованием лазерных параметров. В процессе исследования применялись дифференциальные уравнения, описывающие теплопроводность, а также специальные математические модели для прогнозирования тепловых эффектов при лазерном воздействии. Модели обеспечивают оптимизацию распространения лазерной энергии в глубокие такни и контроль воздействия лазера. Особое внимание уделено моделированию распределения температуры во времени и по глубине, что позволяет точно настроить параметры лазеры (мощность, продолжительность импульса, интенсивность). Результаты моделирования показали, что температура в поверхностных

слоях повышается значительно быстрее, чем в глубоких, что подтверждает необходимость точного контроля лазерного воздействия. В статье обсуждается важность правильного выбора лазерных параметров для лечения глазных заболеваний, особенно диабетической ретинопатии. Предложенные модели могут способствовать дальнейшему развитию лазерных технологий в офтальмологии и улучшению безопасности и эффективности лазерной терапии. Также указано, что для эффективного применения лазерного воздействия необходимы дополнительные исследования и эксперименты.

Ключевые слова: лазерная терапия, диабетическая ретинопатия, математическое моделирование, температура, лазерные параметры, дифференциальные уравнения.

MATHEMATICAL MODELING OF LASER EXPOSURE ON THE FUNDUS IN THE TREATMENT OF DIABETIC RETINOPATHY

[1]S.Z. Sapakova✉, [2]D. Daniyarova, [1]N. Yesmukhamedov, [1]R. Armankyzy, [1]A.B. Emberdieva, [3]A. Kaldybaeva

[1]International University of Information Technologies, Almaty, Kazakhstan,
[2]International Educational Corporation, Almaty, Kazakhstan,
[3]Kazakh National Women' s Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: sapakovasz@gmail.com

This paper is dedicated to the mathematical modeling of laser exposure on the fundus tissues for optimizing laser therapy in the treatment of diabetic retinopathy. The article discusses methods of modeling the distribution of temperature in tissues and ways to effectively impact the retina using laser parameters. Differential equations describing heat conduction and specialized mathematical models for predicting thermal effects during laser exposure were used in the study. The models ensure the optimization of laser energy distribution to deep tissues and control of laser effects. Special attention was paid to modeling the temperature distribution over time and depth, which allows for the precise adjustment of laser parameters (power, pulse duration, intensity). The modeling results showed that the temperature in surface layers increases significantly faster than in deeper layers, confirming the importance of precise laser impact control. The paper discusses the importance of choosing the correct laser parameters in the treatment of eye diseases, especially diabetic retinopathy. The proposed models can contribute to the further development of laser technologies in ophthalmology and enhance the safety and effectiveness of laser therapy. Additionally, it is noted that further research and experiments are required for the effective application of laser exposure.

Keywords: laser therapy, diabetic retinopathy, mathematical modeling, temperature, laser parameters, differential equations.

Кіріспе. Диабеттік ретинопатия – бұл қант диабетінің ұзаққа созылған ағымына байланысты дамитын көздің ретиналды ауруы. Глюкоза алмасуының бұзылуы салдарынан көздің тор қабығын қоректендіретін қан тамырлары зақымданып, көрудің нашарлауына әкеледі және уақытында емделмеген жағдайда соқырлыққа себеп болуы мүмкін. Лазерлік терапия диабеттік ретинопатияны емдеудің тиімді әдістерінің бірі болып табылады, ол тор қабығының зақымдануын болдырмауға және оның одан әрі дамуын тоқтатуға бағытталған. Лазерлік сәулелену тор қабығына әсер етіп, ақуыздардың коагуляциясын және аномальды тамырлардың жойылуын тудырады, бұл аурудың дамуын тоқтатуға көмектеседі. Дегенмен, лазерлік технологияларды офтальмологияда тиімді пайдалану үшін лазерлік сәулеленудің тор қабығына әсерін дәл моделдеу қажет. Лазерлік коагуляция жергілікті температураның көтерілуіне әкеледі, бұл зақымданған және сау тіндерге зиян келтіруі мүмкін, егер лазердің параметрлері дұрыс таңдалмаса. Лазерлік сәуленің тиімділігін модельдеу үшін көз тіндерінің бірнеше қасиеттерін, оның ішінде олардың біртекті еместігін, лазерлік сәулеленумен жылу процесін, лазердің параметрлерін (толқын ұзындығы, қуат, импульс ұзақтығы және жиілік) және тор қабығы мен қоршаған тіндердің биомеханикалық қаси-

еттерін ескеру қажет. Лазерлік сәулеленудің көз түбіне әсерін математикалық моделі көптеген факторлардың әсерін ескеру қажет болғандықтан күрделі болып табылады. Әрбір жаңа модель лазерлік сәуленің тор қабығына әсерін дәл болжауға және оны емдеу үшін ең тиімді параметрлерді таңдауға мүмкіндік береді. Қазіргі уақытта математикалық модельдер лазерлік сәулеленудің көз тіндеріне әсерін болжауға және лазердің параметрлерін оңтайландыруға көмектеседі. Модельдер тіндердің құрылымын, температураның таралуын және лазерлік энергияның әсерін ескеріп, лазердің әсер ету шекараларын анықтауға бағытталуы тиіс.

Бұл зерттеудің мақсаты – лазерлік коагуляцияның тор қабығына әсерін сипаттайтын математикалық модельді құру, сондай-ақ лазердің әртүрлі параметрлерінің диабеттік ретинопатияны емдеудегі тиімділігіне әсерін зерттеу.

Зерттеу міндеттері: лазерлік сәулеленудің тор қабығына әсерін сипаттау, жылу процестерін ескеру, лазердің параметрлерін талдау және олардың әсерін тексеру, сондай-ақ зақымданудың азаюы үшін бұл параметрлерді оңтайландыру. Бұл мақсаттарға жету үшін математикалық модельдеу және жылу процестерін есептеу үшін сандық әдістер қолданылады.

Зерттеу гипотезасы – лазерлік сәулеленудің әсерін дәл модельдеу, барлық параметрлер мен көз тіндерінің ерекшеліктерін ескере отырып, лазерлік терапияның қауіпсіздігін арттырып, оның тиімділігін жақсартуға мүмкіндік береді. Зерттеудің теориялық маңызы – лазерлік терапияны математикалық модельдеудің жаңа тәсілдерін дамыту, ал практикалық маңызы – лазердің параметрлерін оңтайландыру және офтальмологиялық процедуралардың қауіпсіздігін арттыруға құралдарды дамыту.

Қазіргі уақытта лазерлік терапия офтальмология саласында маңызды әдіс болып табылады, әсіресе диабеттік ретонопатия мен макулярды ісіну сияқты көз ауруларын емдеуде. Лазерлік сәулеленудің әсерін дәл модельдеу лазерлік фотокоагуляция мен басқа да лазерлік емдеу әдістерінің тиімділігі мен қауіпсіздігін арттыруға көмектеседі. Бұл зерттеулер лазерлік сәулеленудің тор қабығына термикалық әсерін зерттеуге және оның нәтижелерін болжауға бағытталған. Мысалы, авторлар оптикалық когерентті томография арқылы көз түбінің үш өлшемді құрылымын қалпына келтіріп, тор қабығын сегментациялау мен лазерлік әсерді модельдеудің алгоритмдерін ұсынған. Бұл модель түрлі лазерлер мен лазерлік сәулеленудің әсері бойынша коагуляцияның өлшемдерін, сондай-ақ зақымдану шекараларын болжауға мүмкіндік береді. Модельдің нәтижелері интервалдардың саны екі еселенгенде орташа квадраттық ауытқу 1,7-5,9 есе төмендегенін көрсетті, бұл лазерлік терапияның тиімділігі мен қауіпсіздігін арттырып, оның негізгі параметрлерін бағалауға мүмкіндік береді [1]. Сонымен қатар, лазерлік сәулеленудің биологиялық тіндерге әсерін модельдеу маңызды мәселе болып табылады. MILI моделін қолдану арқылы лазер сәулеленуінің оңтайлы параметрлері, энергияның сіңірілуі, жылудың таралуы және тіндердің өзгерістері есептеледі. Бұл моделдеу тіндердің лазерлік сәулеленуге реакциясын болжауға және тіндердің қызып кету қаупін бағалауға мүмкіндік береді, яғни лазерлік терапияның қауіпсіз әрі тиімді болуына ықпал етеді [2]. Лазер мен тіндердің өзара әрекеттесу механизмдерін сандық талдау лазерлік операциялардың тиімділігін арттыруда маңызды рөл атқарады. Осы мақсатта, көпқабатты біртекті орта моделін қолдана отырып, лазерлік сәуленің таралуы мен энергияны сіңіруді модельдеу үшін көпқабатты Монте-Карло әдісі қолданылған. Бұл модельдің нәтижелері фототермальды әсерлер мен жылулық зақымдануды лазер сәулесінің белгілі параметрлеріне байланысты анықтауға мүмкіндік береді. Бұл зерттеу лазерлік терапияның тиімділігін арттыру үшін маңызды болып табылады, әсіресе клиникалық нәтижелерді жақсартуға бағытталған [3]. Жасушалық деңгейде лазерлік сәулеленудің тор қабығына термикалық зақым келтіретін энергияны есептеу үшін арнайы компьютерлік модельдер жасалды. Модельдің нәтижелері эксперименттік деректермен салыстырылғанда 31% ауытқумен жақсы сәйкес келді, бұл лазерлік өнімдердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін қажетті ғылыми негіздер болып табылады. Осы модельдер лазерлік өнімдердің тәуекелдерін

бағалауға және тор қабығының зақымдану шегін болжауға мүмкіндік береді [4]. Көз түбінің температуралық өзгерістерін зерттеу барысында түрлі лазерлер мен олардың әсер ету режимдерін қолдана отырып, жаңа модельдер ұсынылды. Бұл модельдер лазерлік сәулеленудің биологиялық тіндерге әсерін алдын-ала болжауға мүмкіндік береді және лазерлік абляция мен фотодисрупцияның нәтижелерін бағалауға көмектеседі. Лазерлік сәулеленудің әсерінен тіндердегі жылулық зақымдану шегін болжау үшін фототермальды және фотохимиялық процестерді in vitro моделінде ажырату қажеттілігі айтылады. Бұл үшін Аррениустың бірінші ретті жылдамдық тұрақтысы мен интегралы қолданылады [5]. Лазерлік фотокоагуляция әдісінің тиімділігін арттыру үшін лазер сәулесінің параметрлерін дәл есептеу өте маңызды. Model Predictive Control (MPC) әдісі лазерлік сәулеленудің жылу теңдеуін шешуді қажет етеді, бұл лазердің сәулелену ұзындығы, уақыты мен энергияның таралу профилі сияқты параметрлердің температураға әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Бұл әдіс лазердің қауіпсіздігін арттырып, лазерлік терапияның тиімділігін жоғарылатуға көмектеседі [6]. Зерттеулер көрсеткендей, температураның көтерілуіне сезімталдық жоғары, әсіресе пигментті эпителийдің сіңіру коэффициентіне қатысты [7]. Лазерлік сәулеленудің көз түбіне әсерін түсіну, оның зақымдану шектерін болжауға және лазерлік офтальмохирургиядағы жаңа әдістерді әзірлеуге ықпал етеді. Пеннеспила био-жылу теңдеуі негізіндегі модельдер лазерлік сәулелену мен тіндердің өзара әрекеттесуін зерттеуге мүмкіндік береді және клиникалық нәтижелерді бағалауға ықпал етеді [8]. Бұл модельдер лазерлік терапияның қауіпсіздігін арттыруға және жаңа лазерлік технологияларды клиникалық тәжірибеге енгізуге көмектеседі. Қорытындылай келе, лазерлік сәулеленудің көз түбіне термикалық әсерін модельдеу өте маңызды қадам болып табылады, себебі бұл зерттеулер лазерлік терапияны тиімдірек және қауіпсіз ету үшін қажетті ғылыми негіздерді қамтамасыз етеді. Моделдеу нәтижелері лазерлік сәулеленудің көз тіндеріне әсерін дәл болжауға мүмкіндік береді, бұл лазерлік терапия әдістерін жетілдіруге жол ашады [9]. Лазерлік сәулеленудің көз түбіне әсерін зерттеу бойынша соңғы зерттеу 10 нс-тан 1 с-қа дейінгі сәулелену импульстарының әсерін талдайды. Бұл зерттеу лазерлік офтальмохирургия үшін негізгі физикалық процестерді математикалық модельдеу мен зерттеу нәтижелерін ұсынады. Модель түрлі лазерлер мен олардың әсер ету режимдері үшін коагуляцияның салыстырмалы өлшемдері мен зақымдану шекараларын генерациялайды. Сондай-ақ, көз ауруларын емдеу мен диагноз қоюға арналған нақты қолданбаларды ұсынады [10]. Келесі жұмыста авторлар лазерлік сәулеленудің адам көзінде жылулық әсерін модельдеуге арналған бұрын жарияланған жұмысқа кеңейту болып табылады.2D модель 3D-ге кеңейтілді, бұл көздің лазермен сәулеленуін нақтырақ бейнелеуге мүмкіндік береді. Модель Пеннес биожылу өткізгіштігі теңдеуімен жасалып, шектеулі элементтер әдісімен шешіледі, Галеркин-Бубнов процедурасы қолданылған. Көз ішіндегі температуралық өріс үшін алынған нәтижелер офтальмологиялық процедуралар кезінде көз ішіндегі тіндерге болатын зақымдануларды минимизациялауға пайдалы болуы мүмкін, сондай-ақ лазер мен тіндердің өзара әрекеттесу механизмдерін талдауда да пайдалы болады [11]. Авторлар зерттеулерін лазерлік сәулеленудің көзге әсерінен болатын жылулық зақымдануды болжау моделін тексеруге арнаған. Модель төрт кезеңнен тұрады: лазерлік бейненің тор қабығында есептелуі, көз тіндерінде пайда болатын жылудың есептелуі, температураның көтерілуі және зақымдану шегін анықтау. Техас университеті модельді тексеру үшін клеткалармен және жануарлармен тәжірибелер жүргізді. Тәжірибелерде түрлі лазерлік әсерлерге байланысты интенсивтілік, температура, шекті қуат және зақымдану дәрежесі өлшенді [12].

Материалдар мен әдістер. Көз түбіне лазерлік әсерді модельдеу үшін қолданылатын негізгі математикалық модельдер, лазерлік сәулеленудің көз тіндеріне әсерін болжауға және осы әсердің жылу процестерін дәл сипаттауға мүмкіндік береді. Бұл модельдер әртүрлі факторларды, оның ішінде лазердің параметрлерін, көз тіндерінің қасиеттерін және биомеханикалық ерекшеліктерін ескереді. Төменде осы мо-

дельдердің негізгі түрлері мен олардың құрылымы қарастырылған. Лазерлік сәулелену көздің тор қабығына әсер етіп, оның жылулық өзгерістеріне әкеледі. Бұл әсерлердің барлық аспектілерін сипаттау үшін әртүрлі физикалық процестерді біріктіретін математикалық модельдер қажет. Модельдер негізінен лазерлік сәулеленудің тіндерге өтуін және лазердің әсерінен туындайтын жылу таралуын есептеу үшін қолданылады.

Математикалық модельдеу жылу өткізгіштік процесін сипаттауға негізделген, бұл процесс электр энергиясының сипаттамасына негізделеді:

$$W(r,z) = \Delta S \cdot [I(r,z) - I(r,z+\Delta z)], \quad (1)$$

мұндағы:

(r,z) – цилиндрлік координаттар, мұнда орталық лазер сәулесінің орталығы мен сәйкес келеді;

I(r,z) – лазер сәулеленуінің интенсивтілігі (r, z) нүктесінде;

ΔS – қарапайым аймақтың ауданы;

Δz – қарапайым аймақтың қалыңдығы.

Лазерлік сәулеленудің интенсивтілігі қашықтықтың артуымен төмендейді.

Лазерлік сәулеленудің тіндерге өтуі барысында оның интенсивтілігі тереңдікке қарай төмендейді. Бұл процесс Бугер заңымен сипатталады:

$$I(r,z) = I_0(r)e^{-\int_0^z \beta(r,\xi)d\xi}, \quad (2)$$

мұндағы:

I(r,z) – *z* тереңдігінде лазерлік сәулеленудің интенсивтілігі,

$I_0(r)$ – бастапқы интенсивтілік,

β(r,z) – лазерлік сәулеленудің сіңіру коэффициенті,

r,z – цилиндрлік координаттар, мұндағы r лазердің ортасынан қашықтық, z тереңдік.

Лазерлік сәулеленудің тіндерде сіңірілген энергиясы жылуға айналады. Бұл процесті сипаттау үшін энергия балансы теңдеуі пайдаланылады:

$$\Delta V \cdot C_o(x,y,z) \cdot \Delta T(x,y,z) = W\left(\sqrt{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2}, z\right) \cdot \Delta t, \quad (3)$$

мұндағы:

ΔV – тіндердің қарапайым көлемі,

Co(x,y,z) – тіндердің көлемдік жылу сыйымдылығы,

ΔT(x,y,z) – температураның өзгерісі,

W – лазердің тіндерге әсер ететін қуаты,

Δt – уақыт интервалы.

Тіндердегі температураның өзгерісі лазерлік сәулеленудің әсерінен туындайтын жылу энергиясының таралуына байланысты:

$$\Delta T(x,y,z) = \frac{I_0\left(\sqrt{(x-x_0)^2+(y-y_0)^2}\right)e^{-\int_0^z \beta(x,y,\xi)d\xi}.\beta(x,y,z)\Delta t}{C_o(x,y,z)\sigma(x,y,z)}, \quad (4)$$

мұндағы:

σ(x,y,z) - тіннің жылу өткізгіштігі.

Лазерлік сәулелену осі бойынша қозғалатын кезде, қабаттардағы сіңіру коэффициенті баяу өзгеріп, ол жеткілікті түрде кіші мәнге ие, сондықтан бұл жағдайда оңайлату жасауға болады.

$$1 - e^{-\int_z^{2+a} \beta(r,\xi)ds} \approx \beta(r,z)\Delta z, \tag{5}$$

Мұндай оңайлатудың арқасында формулада (1) қарапайым көлем бірлігі $\Delta V = \Delta S \cdot z$ түрінде көрінеді, бұл температураның өзгерісін жазуға мүмкіндік береді. Температураның өзгерісі лазерлік сәулеленудің ағымдағы импульсі іске асырылғанға дейінгі және сол сәтте температураның таралуы арасындағы айырмашылықты білдіреді:

$$\Delta T(x,y,z) = T(x,y,z,0) - T_c(x,y,z), \tag{6}$$

мұндағы:

T(x,y,z,t) – температураның t≥0 уақытта таралуы,

T_c(x,y,z) – лазерлік сәулелену әсерінен бұрынғы температураның таралуы.

Бастапқы лазерлік сәулелену интенсивтілігі Гаусс әдісімен анықталады, (7) формулаға сәйкес. Лазерлік коагуляция кезінде дақтың радиусы өзгермейді. Лазер қуаты офтальмолог дәрігері тарапынан лазерлік импульс алдында анықталады.

$$I_0(r) = \frac{P}{\pi a^2} e^{-\left(\frac{r}{a}\right)^2}, \tag{7}$$

мұндағы:

a – дақтың радиусы,

P – лазер қуаты.

Ортаның біртексіздігіне байланысты жылуөткізгіштік теңдеуін жалпы түрде қарастыру қажет [1-5]. Лазерлік сәулелену әсерінен кейін сыртқы ықпал жоқ, сондықтан есеп келесі түрде қойылады (8).

$$\begin{cases} C_{o\sigma}(x,y,z,T)\frac{\partial T}{\partial t} = div\left(k(x,y,z,T)\cdot grad_{xyz}(T)\right), \\ T|_{t=0} = \Delta T(x,y,z) + T_c(x,y,z), \\ T|_{\Gamma} = T_z, \end{cases} \tag{8}$$

мұндағы:

div – векторлық өрістің дивергенциясы,

$grad_{xyz}$ – координаттар x, y, z бойынша градиент,

Г – шекара,

T_2 – шекаралық жағдайды анықтайтын функция,

$C_{o\sigma}(x,y,z,T)$ – температура T кезінде (x, y, z) нүктесіндегі көлемдік жылу сыйымдылығы,

$k(x,y,z,T)$ – температура T кезінде (x, y, z) нүктесіндегі жылу өткізгіштік коэффициенті.

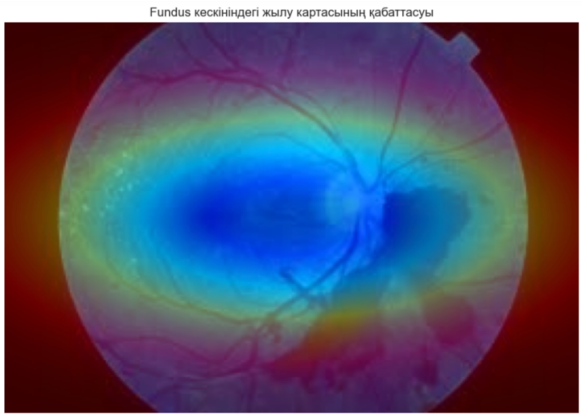
T функциясын осылайша түрлендіруге болады, бұл шекаралық жағдайларды нөлге айналдырады. Әдетте мұндай түрлендірулер кезінде біртекті теңдеу біртекті емес теңдеуге түрленеді. Шекараларды лазерлік сәулеленудің осінен жеткілікті қашықтықта аламыз, осылайша жылу энергиясы оларға жетпейді.

Нәтижелер мен талқылау. Жоғарыда сипатталған математикалық модельдер мен әдістерді қолдана отырып, көз тіндеріне лазерлік әсерді модельдеу нәтижелері келтірілген. Бұл бөлімде ұсынылған модельдер мен әдістердің тиімділігі және олардың диабеттік ретинопатияны емдеудегі ықтимал қолданылуы туралы негізгі нәтижелер ұсынылады.

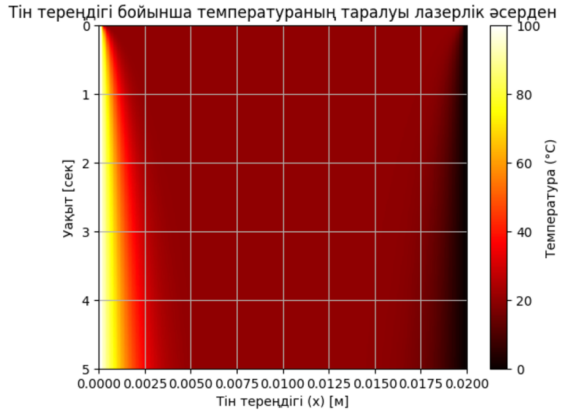
Жұмыс барысында жылуөткізгіштік және лазерлік сәулеленудің тіндерде сіңірілуін ескеретін математикалық моделдер (1)- (8) Python бағ-

дарламалау ортасында шешілді. Сандық шешім алу үшін айқын әдіс қолданылды, жылуөткізгіштік теңдеуі уақыт және кеңістік бойынша торға бөлініп, шекті айырымдар әдісімен модельденді.

Математикалық формулалар негізінде Питон тілінде жылу картасы жасалды 1-сурет, ол лазердің көз тіндеріне әсерін модельдейді, бұл дәрігерлер мен зерттеушілерге лазерлік терапияның тор қабығына қалай әсер ететінін түсінуге көмектеседі, дені сау тіндерді зақымдаудың тәуекелдерін азайтады. Лазерлік әсерлерді модельдеу лазердің параметрлерін (мықты, импульс ұзақтығы) дәл баптауға мүмкіндік береді, мысалы, диабеттік ретинопатияны емдеуде, дені сау тіндерге зақым келтірмеу үшін. Бұл әдіс медициналық персоналды оқытуда, жаңа емдеу әдістері мен диагностика әзірлеуде, сондай-ақ лазерлік технологияларды жақсартуда, әсердің дәлдігі мен қауіпсіздігін арттырады.

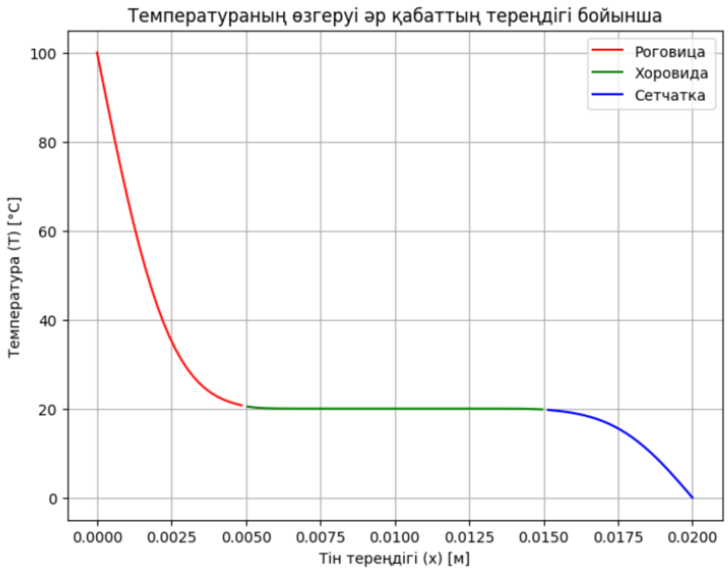


1 - сурет. Фундус кескініндегі жылу картасының қабаттасуы



2 - сурет. Лазердің әсерінен температураның таралуы

График 2-сурет лазерлік әсерден кейін температураның уақыт пен тереңдік бойынша таралуын көрсетеді. X осі тін тереңдігін, Y осі уақытты, ал түстер шкаласы температураны көрсетеді. Бұл график лазерлік әсердің тіндерде таралуын бейнелейді, бұл емдеудің тиімділігін бағалау және тіндерді артық қыздыру тәуекелін азайту үшін маңызды.



3 - сурет. Көздің әр қабаты бойынша температураның өзгеруі

График тіннің әр қабатындағы температураның тереңдік бойынша өзгеруін көрсетеді.

- **X осі:** Тін тереңдігі (м), температураның әр қабаттағы өзгерісін көрсетеді.

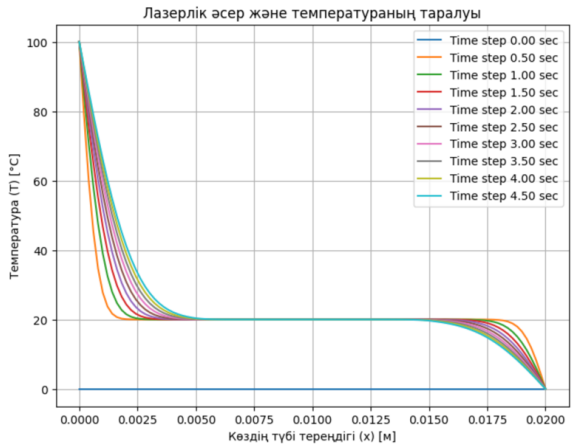
- **Y осі:** Температура (градус Цельсиямен), тереңдікке байланысты температураның өзгеруін көрсетеді.

- **Қызы сызық:** Қасаң қабық (роговица), бұл жерде температура лазерлік энергияның көп сіңірілуіне байланысты тез көтеріледі.

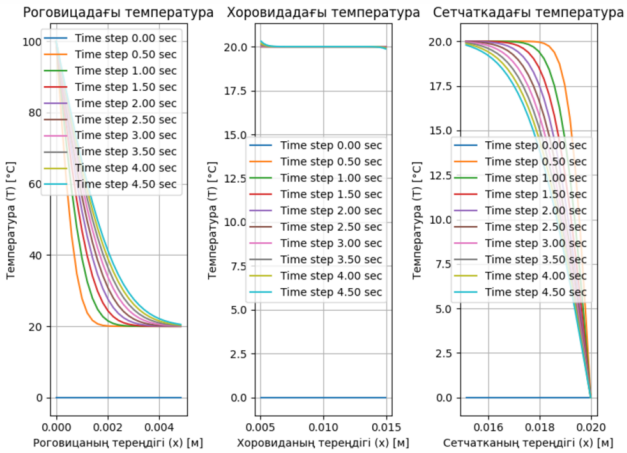
- **Жасыл сызық:** Хороид, бұл жерде температураның өзгеруі баяу жүріп, тұрақты болады.

- **Көк сызық:** Көз торы (сетчатка), бұл жерде температура тереңдікке қарай салыстырмалы түрде тұрақты қалады.

Бұл график 3-сурет лазерлік әсердің тіннің әр қабатына әсерін көрсетеді, бұл лазерлік параметрлерді оңтайландыру және тіндерді зақымдаудан сақтау үшін маңызды.



4 - сурет. Лазердің әсерінен температураның таралуы



5 - сурет. Лазердің әсерінен температураның таралуы

График лазерлік әсер мен температураның таралуын уақыт бойынша көрсетеді.

- **X осі:** Тін тереңдігі (м), температураның әр түрлі тереңдіктерде қалай өзгеретінін көрсетеді.

- **Y осі:** Температура (градус Цельсиямен), температураның өзгеруін көрсетеді.

- **Түсті сызықтар:** әр сызық әр уақыт аралығында температураның өзгеруін көрсетеді (0-ден 4,5 секундқа дейін). Сызықтар уақыт өткен сайын температураның тіндерінде қалай таралатынын көрсетеді.

Графикте 4-сурет тіннің бетінде температура лазерлік әсерден кейін бірден артып, кейінірек тереңдікке қарай таралып, уақыт өткен сайын тұрақтана бастайды. Бұл график лазерлік әсерден кейін температураның таралу жылдамдығы мен оның ұзақ сақталуын талдауға пайдалы.

Бұл 5-сурет лазердің әр қабаттағы әсерін (роговица, хороида және сетчатка) тереңдік бойынша уақыт өте келе қалай таралатынын көрсетеді.

- **Сол график (Роговица):** Қасаң қабық (роговица) қабатының тереңдігі бойынша температураның өзгеруін көрсетеді. Уақыт өткен сайын температура жоғарылайды, кейін тереңдік бойынша біртіндеп таралады.

- **Орталық график (Хороид):** Хороид қабатының тереңдігінен температураның өзгеруі көрсетілген. Бұл қабаттағы температура өзгерісі баяу болады.

- **Оң график (Сетчатка):** Көз торы (сетчатка) қабатындағы температураның өзгеруі көрсетілген. Бұл қабаттағы температураның өзгерісі айтарлықтай баяу жүріп, аздап көтеріледі.

Әр графикте уақыт аралығында температураның қалай өзгеретіні көрсетілген (0 секундтан 4.5 секундқа дейін). Бұл графиктер лазерлік терапи-

яның әр қабаттағы әсерін визуализациялап, тіндердің әртүрлі қабаттарында температураның таралуын зерттеуге мүмкіндік береді.

Бұл зерттеуде диабеттік ретинопатияны емдеу мақсатында көздің түбі тіндеріне лазерлік әсерді модельдеу үшін математикалық модельдер қолданылды. Нәтижелер көрсеткендей, лазерлік энергия ең көп беткі қабаттарда, мысалы, қасаң қабықта сіңіріледі, ал терең қабаттарда, мысалы, көз торында, бұл энергия едәуір төмендейді. Бұл лазердің параметрлерін (қуаты, импульс ұзақтығы, дақтың диаметрі) дәл баптаудың дені сау тіндерге зақым келтірмеу үшін қаншалықты маңызды екенің растайды.

Математикалық модельдер мен жылу карталарын қолдану арқылы көздің түбі тіндеріндегі температураның уақыт бойынша таралуын талдауға мүмкіндік береді. Алынған деректер беткі қабаттарда температураның жылдам көтерілетініне және біршама уақыттан кейін терең қабаттарда температураның тұрақталатынын көрсетті. Бұл лазерлік әсерді модельдеудің жоғары деңгейдегі басқаруға қол жеткізуге мүмкіндік беретінін және тиімді емдеу үшін қажетті қауіпсіздік шараларын қамтамасыз ететінін дәлелдейді.

```python
# Источник тепла (лазерное излучение)
def heat_source(x, y, center_x, center_y, radius=laser_radius):
    distance = np.sqrt((x - center_x)**2 + (y - center_y)**2)
    if distance < radius:
        return laser_power / (np.pi * radius**2) * np.exp(-distance**2 / (2 * radius**2))
    return 0

# Моделирование теплопередачи
fig, ax = plt.subplots(figsize=(6, 6))  # Одно изображение для наблюдения изменений
for t in range(time_steps):
    Q = np.zeros((n, n))

    # Для каждого пикселя в изображении мы определяем источник тепла (лазерное воздействие)
    for i in range(n):
        for j in range(n):
            Q[i, j] = heat_source(i, j, n//2, n//2)  # Используем центр для примера

    # Применяем уравнение теплопроводности методом конечных разностей
    for i in range(1, n-1):
        for j in range(1, n-1):
            d2T = (T[i+1, j] - 2*T[i, j] + T[i-1, j]) / dx**2 + (T[i, j+1] - 2*T[i, j] + T[i, j-1]) / dx**2
            dTdt = alpha * d2T + Q[i, j] / (rho * c)  # Модифицированный источник тепла

            # Обновляем температуру для текущего шага
            T_new[i, j] = T[i, j] + dt * dTdt

    # Обновляем температурное распределение
    T[:] = T_new[:]  # Сохраняем новое распределение температуры
```

6 - сурет. Математикалық модельдердің программалық іске асуының көрінісі

Ғылыми жұмыстағы математикалық модельді жүзеге асыру және сандық эксперименттер жүргізу үдерісінде заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологиялар (АКТ) кеңінен қолданылды (6-сурет). Жоғарыда айтылғандай модельдеу процесі Python бағдарламалау тілінің негізінде құрылып, есептеу және сандық талдау мақсатында NumPy мен SciPy кітапханалары пайдаланылды. Температуралық өрістің және лазерлік параметрлердің кеңістікте таралуын көрнекі түрде бейнелеу үшін Matplotlib және Seaborn құралдары қолданылды. Зерттеу Jupyter Notebook интерактивті ортасында жүргізілді, бұл ғылыми есептеулердің құрылымын модульдеу, нәтижелердің дәлдігін қамтамасыз ету және зерттеу үдерісін қайталамалы етуге мүмкіндік берді. Осы АКТ құралдарының үйлесімді қолданылуы модельдеу сапасын арттырып, есептеу нәтижелерін тиімді талдауға және визуализациялауға жол ашты.

Алдыңғы зерттеулермен салыстырғанда, бұл зерттеудің нәтижелері лазерлік терапияны қолданудың тиімділігін растайды, бірақ лазер параметрлердің дәл бапталуының қажеттілігін де айқындайды. Мысалы, авторлардың [5] жұмыстарында энергия дозасын дәл есептеу мәселесі көтерілген болатын, алайда біздің тәсіл көздің түбі тіндеріндегі жылу алмасуды дәл модельдеуге мүмкіндік береді, бұл клиникалық нәтижелерді жақсартуға әкелуі мүмкін.

Қорытынды. Зерттеу нәтижесінде лазерлік терапия үшін математикалық модель әзірленіп, оның негізінде лазерлік параметрлердің көздің түбі тіндеріндегі температураға әсерін дәл болжауға мүмкіндік беретін жүйе жасалды. Жылу әсерлерін модельдеу, оның ішінде температураның көтерілуі, тіндер энергиясының сіңірілуі және таралуы, лазерлік емдеудің қауіпсіз әрі тиімді әдістерін жасауға мүмкіндік береді.

Алынған нәтижелерге сүйене отырып, лазер параметрлерін оңтайландыру дені сау тіндерге зақым келтірмей, лазерлік әсердің дәлдігі мен тиімділігін арттыратынын айтуға болады. Бұл офтальмологиядағы лазерлік технологияларды қолдану мүмкіндіктерін жаңа деңгейге көтеріп, лазерлік құрылғыларды жасауға негіз болады. Бұл құрылғылар лазерлік энергияны дәл бағыттай отырып, тек зақымданған аймақтарды емдейді, сау тіндерді зақымдамайды.

Келешекте жүргізілетін зерттеулер лазерлік энергияның түрлі тіндерге әсерін тереңірек зерттеп, лазердің көп мәрте қолданылуының ұзақ мерзімді әсерлерін бағалауға бағытталады.

References

1. Shirokanev A., Ilyasova N., Andriyanov N., Zamytskiy E. A., Zolotarev A., Kirsh D. V. Modeling of Fundus Laser Exposure for Estimating Safe Laser Coagulation Parameters in the Treatment of Diabetic Retinopathy // MATH.- 2021. -Vol.9(9).- P.967. DOI 10.3390/MATH9090967.

2. Pashchenko H., Tereshchenko M. Modeling the Impact of Laser Irradiation on Temperature Changes in Biological Tissues // Vísnik Kiívskogo Polítéchnícho Instítutu.2024. -№ 67(1).-P.96-102. DOI 10.20535/1970.67(1).2024.306876.

3. Chen B., Zhao Y. B., Li D. Numerical Simulation of Ophthalmic Laser Surgeries by a Local Thermal Non-Equilibrium Two-Temperature Model // International Journal of Numerical Methods for Heat & Fluid Flow.- 2019. - Vol.29(12).- P.4706-4723. DOI 10.1108/HFF-05-2019-0397.

4. Mathieu J., Schulmeister K. Validation of a Computer Model to Predict Laser Induced Retinal Injury Thresholds //Journal of Laser Applications.- 2017. Vol.29(3).- P.032004. DOI 10.2351/1.4997831.

5. Cvetković M., Poljak D., Peratta A. Thermal Modelling of the Human Eye Exposed to Laser Radiation // 2008. 16th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks, P.16-20. DOI 10.1109/SOFTCOM.2008.4669444.

6. Denton M. H., Clark C., Noojin G. D., West H., Stadick A., Khan T. Unified Modeling of Photothermal and Photochemical Damage // Frontiers in Ophthalmology.-2024.-Vol.4. DOI 10.3389/fopht.2024.1408869.

7. Schaller M. et al. Parameter Estimation and Model Reduction for Retinal Laser Treatment //// arXiv: Electrical Engineering and Systems Science > Systems and Control.2022. DOI 10.48550/arxiv.2202.13806.

8. Kotzur S., Wahl S., Frederiksen A. Simulation of Laser Induced Retinal Thermal Injuries for Non-Uniform Irradiance Profiles and Their Evaluation According to the Laser Safety Standard // arXiv: Tissues and Organs.2020. DOI 10.1117/12.2555492.

9. Zheltov G. I., Glazkov V. N., Kirkovsky A. I., Podol' tsev A. S. Mathematical Models of Laser/Tissue Interactions for Treatment and Diagnosis in Ophthalmology // Laser Applications in Life Sciences.- 1991.- Vol.1403.- P.752-753. DOI 10.1117/12.57371.

10. Cvetković M., Cavka D., Poljak D., Peratta A.3D FEM Temperature Distribution Analysis of the Human Eye Exposed to Laser Radiation // WIT Transactions on Engineering Sciences. -2010.- Vol.68.- P.303-312. DOI 10.2495/HT100261.

11. Welch A. J., Priebe L. A., Forster L. D., Gilbert R., Lee C. Experimental Validation of Thermal Retinal Models of Damage from Laser Radiation // 1979. DOI 10.21236/ADA074156.

12. Filippov, V. M. Peripheral retinal laser photocoagulation in the proactive treatment of proliferative diabetic retinopathy // Russian Ophthalmology Online.- 2024.-Vol.2(4).-P.221-222. DOI 10.25276/2312-4911-2024-4-221-222.

Авторлар туралы мәліметтер

Сапакова С.З.- ф.-м.ғ.к., қауымдастырылған профессор, «Компьютерлік инженерия» кафедрасы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті,Алматы, Қазақстан, e-mail: sapakovasz@gmail.com;

Есмұхамедов Н. С.- PhD докторанты, «Компьютерлік инженерия» кафедрасы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Қазақстан, Алматы, e-mail: yesmukhamedov.yeskendyr@gmail.com;

Даниярова Д.Р. - т.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Халықаралық білім беру корпорациясы, Қазақстан, Алматы, e-mail: dariia.daniyarova@mail.ru;

Ембердиева А. Б.- ассистент G1, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, «Компьютерлік инженерия» кафедрасы, техника ғылымдарының магистрі, Қазақстан, Алматы, e-mail: a.yemberdiyeva@iitu.edu.kz;

Арманқызы Р. -техника ғылымдарының магистрі, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, «Компьютерлік инженерия» кафедрасы, лектор, Қазақстан, Алматы, e-mail: armankyzyrenata@gmail.com;

Қалдыбаева А. С.- аға оқытушы, «Ақпараттық технологиялар және кітапхана ісі» кафедрасы, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Қазақста, Алматы, e-mail: aizhan.seisebek@gmail.com.

Information about authors

Sapakova S. Z.- PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor, Department of Computer Engineering, International University of Information Technology, Kazakhstan, Almaty, e-mail: sapakovasz@gmail.com;

Yesmukhamedov N. S.- PhD student, Department of Computer Engineering, International University of Information Technology, Kazakhstan, e-mail: yesmukhamedov.yeskendyr@gmail.com;

Daniyarova D.R.- PhD in Technical Sciences, Associate Professor at International Educational Corporation, Kazakhstan, Almaty, e-mail: dariia.daniyarova@mail.ru;

Emberdieva A. B.- Assistant G1, International University of Information Technology, Department of Computer Engineering, Master of Technical Sciences, Kazakhstan, Almaty, e-mail: a.yemberdiyeva@iitu.edu.kz;

Armankyzy R.– Master of Technical Sciences, International University of Information Technology, Department of Computer Engineering, Lecturer, Kazakhstan, Almaty, e-mail: armankyzyrenata@gmail.com;

Kaldybaeva A. S.- Senior Lecturer, Department of Information Technology and Library Science, Kazakh National Women' s Pedagogical University, Kazakhstan, Almaty, e-mail: aizhan.seisebek@gmail.com.

ГРНТИ 28.23.15 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-758**

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОЧВЫ В РАЗЛИЧНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОНАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

[1]М.Қ. Болсынбек, [1]Г.Б. Абдикеримова, [2]Ж.К. Тасжурекова [1]А.А.Адамов, [1]С.К. Серикбаева, [1]А.М. Ануарбеков

[1]Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан,
[2]Таразский региональный университет им.М. Х. Дулати, Тараз, Казахстан
Корреспондент-автор: inf_8585@mail.ru

В статье рассматривается применение методов машинного обучения для прогнозирования состояния почвы в различных климатических зонах. Прогнозирование состояния почвы является ключевым элементом управления сельскохозяйственными и экологическими системами, поскольку состояние почвы влияет на урожайность, биоразнообразие и способность поглощать углерод. Традиционные методы мониторинга почвы требуют значительных временных и ресурсных затрат, в то время как методы машинного обучения позволяют обрабатывать большие объемы данных и строить модели, учитывающие множество факторов, таких как климат, гидрология и агротехнические практики. В статье представлены современные подходы к использованию машинного обучения для анализа данных дистанционного зондирования, таких как вегетационные индексы (NDVI, SAVI), альбедо и индексы влажности почвы (MSI, NDMI). Эти методы помогают улучшить точность прогнозов, выявить участки с высоким риском эрозии и предложить меры для предотвращения деградации земель. Особое внимание уделено возможности адаптации моделей к различным климатическим условиям, что способствует устойчивому развитию сельского хозяйства и эффективному управлению земельными ресурсами.

Ключевые слова: прогнозирование состояния почвы, машинное обучение, климатические зоны, дистанционное зондирование, эрозия, вегетационные индексы, альбедо, влажность почвы.

МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНЫП ӘРТҮРЛІ КЛИМАТТЫҚ АЙМАҚТАРДАҒЫ ТОПЫРАҚ ЖАҒДАЙЫН БОЛЖАУ

[1]М.Қ. Болсынбек, [1]Г.Б. Абдикеримова, [2]Ж.К. Тасжурекова, [1]А.А.Адамов, [1]С.К. Серикбаева, [1]А.М. Ануарбеков

[1]Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
[2]М.Х.Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз, Қазақстан,
e-mail: inf_8585@mail.ru

Мақалада әртүрлі климаттық аймақтардағы топырақ жағдайын болжау үшін машиналық оқыту әдістерін қолдану қарастырылады. Топырақ жағдайын болжау ауылшаруашылық және экологиялық жүйелерді басқарудың негізгі элементі болып табылады, өйткені топырақ жағдайы өнімділікке, биоәртүрлілікке және көміртекті сіңіру қабілетіне әсер етеді. Топырақты бақылаудың дәстүрлі әдістері айтарлықтай уақыт пен ресурстарды қажет етеді, ал Машиналық оқыту әдістері үлкен көлемдегі деректерді өңдеуге және климат, гидрология және агротехникалық тәжірибелер сияқты көптеген факторларды ескеретін модельдер жасауға мүмкіндік береді. Мақалада вегетациялық индекстер (NDVI, SAVI), альбедо және топырақ ылғалдылығы индекстері (MSI, NDMI) сияқты қашықтықтан зондтау деректерін талдау үшін машиналық оқытуды қолданудың заманауи тәсілдері келтірілген. Бұл әдістер болжамдардың дәлдігін жақсартуға, эрозия қаупі жоғары жерлерді анықтауға және жердің деградациясының алдын алу шараларын ұсынуға көмектеседі. Ауыл шаруашылығының тұрақты дамуына және жер ресурстарын тиімді басқаруға ықпал ететін модельдерді әртүрлі климаттық жағдайларға бейімдеу мүмкіндігіне ерекше назар аударылады.

Түйін сөздер: топырақ жағдайын болжау, машиналық оқыту, климаттық аймақтар, қашықтықтан зондтау, эрозия, вегетациялық индекстер, альбедо, топырақ ылғалдылығы.

FORECASTING SOIL CONDITIONS IN DIFFERENT CLIMATIC ZONES USING MACHINE LEARNING METHODS

[1]M.Bolsynbek, [1]G. Abdikerimova, [2]Zh. Taszhurekova, [1]A. Adamov, [1]S.Serikbayeva✉, [1]A. Anuarbekov

[1]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
[2]Taraz Regional University named after M.KH.Dulaty, Taraz, Kazakhstan,
e-mail: inf_8585@mail.ru

The article discusses the application of machine learning methods for predicting soil conditions in various climatic zones. Predicting soil conditions is a key element of agricultural and ecological systems management, as soil conditions affect yields, biodiversity and the ability to absorb carbon. Traditional soil monitoring methods require significant time and resource costs, while machine learning methods allow you to process large amounts of data and build models that take into account many factors such as climate, hydrology and agrotechnical practices. The article presents modern approaches to using machine learning to analyze remote sensing data, such as vegetation indices (NDVI, SAVI), albedo and soil moisture indices (MSI, NDMI). These methods help to improve the accuracy of forecasts, identify areas with a high risk of erosion and propose measures to prevent land degradation. Special attention is paid to the possibility of adapting models to different climatic conditions, which contributes to the sustainable development of agriculture and effective land management.

Keywords: soil condition forecasting, machine learning, climatic zones, remote sensing, erosion, vegetation indices, albedo, soil moisture.

Введение. Прогнозирование состояния почвы - это ключевой элемент в управлении аграрными системами и экосистемами, поскольку оно помогает оптимизировать производство сельскохозяйственной продукции, поддерживать здоровье экосистем и минимизировать воздействие изменения климата на землю.

Состояние почвы напрямую влияет на урожайность, биоразнообразие и способность поглощать углерод, что делает её важным объектом исследований в контексте устойчивого развития. Однако почвенные характеристики сильно варьируются в зависимости от региона и климатических условий, что усложняет задачу точного прогнозирования. Различные климатические зоны представляют собой уникальные комбинации температурных режимов, уровней осадков и влажности, что влияет на структуру и состав почвы. Например, в тропических зонах почва часто подвергается интенсивной эрозии и потерям питательных веществ из-за обильных осадков, тогда как в аридных регионах возникает проблема деградации и засоления почв вследствие недостатка влаги [1]. Эти факторы делают крайне важным адаптацию методов прогнозирования к конкретным климатическим условиям. Традиционные методы исследования состояния почвы, такие как полевые исследования и лабораторный анализ, занимают много времени и ресурсов, а также требуют значительного человеческого участия. Эти методы обеспечивают детальные данные, но имеют ограниченные возможности для масштабирования и прогнозирования в режиме реального времени. В условиях изменяющегося климата и нарастающих экологических проблем возникает потребность в новых подходах, которые позволяют быстро и точно оценивать состояние почвы.

Машинное обучение и современные методы обработки данных предлагают инновационные решения для анализа почвенных условий. С их помощью можно обрабатывать большие объемы данных, извлекать полезные закономерности и строить модели, способные учитывать многовариантные зависимости между факторами, такими как климат, гидрология и агротехнические практики. Это позволяет значительно улучшить

точность и скорость прогнозирования состояния почвы в различных условиях.

В последнее время появилось множество исследований, посвященных применению машинного обучения для задач сельского хозяйства и экологии. Эти исследования показывают, что алгоритмы машинного обучения могут эффективно использовать исторические данные о климате, почвенных характеристиках и урожайности для предсказания будущих изменений состояния почвы [2]. Такой подход значительно улучшает управление земельными ресурсами, минимизирует риск неурожаев и повышает устойчивость сельского хозяйства к изменениям климата.

Важным преимуществом машинного обучения является возможность использования разнородных источников данных. В задачи прогнозирования состояния почвы могут быть включены данные дистанционного зондирования, метеорологические измерения, результаты лабораторных анализов почвы и данные полевых наблюдений. Комплексный подход к анализу этих данных позволяет получить более точные и полные прогнозы. Один из наиболее перспективных подходов в области машинного обучения для прогнозирования состояния почвы - это использование глубоких нейронных сетей и моделей, основанных на временных рядах. Такие модели могут учитывать временную динамику изменения почвенных характеристик и их зависимости от климатических факторов. Это особенно важно для регионов с резко меняющимися условиями, где почва подвержена значительным колебаниям в короткие промежутки времени [3].

Применение методов машинного обучения для прогнозирования состояния почвы может значительно повысить эффективность сельскохозяйственного производства. Сельхозпроизводители могут получать более точные рекомендации по внесению удобрений, орошению и другим агротехническим мероприятиям. Это, в свою очередь, позволяет уменьшить затраты на ресурсы и снизить негативное воздействие на окружающую среду, например, за счет уменьшения использования химических удобрений и пестицидов. Машинное обучение также играет важную роль в мониторинге деградации почв. В условиях изменения климата, особенно в засушливых и полузасушливых регионах, почва подвержена деградации, что приводит к снижению её плодородности. Прогностические модели на основе машинного обучения могут помочь выявить ранние признаки деградации и предложить превентивные меры, направленные на сохранение и восстановление почвенного покрова.

Оценка влажности почвы - один из ключевых показателей для оценки её состояния. Методы машинного обучения могут использовать спутниковые данные для прогнозирования уровня влажности на больших территориях. Это позволяет обеспечить более точные данные для систем орошения, тем самым улучшая управление водными ресурсами в сельском хозяйстве.

Кроме того, использование машинного обучения для прогнозирования состояния почвы помогает бороться с опустыниванием. В регионах с повышенной подверженностью засухам и эрозии почв машинное обучение может стать мощным инструментом для предсказания критических моментов и принятия необходимых мер по восстановлению почвенного покрова. Также важным аспектом является возможность применения машинного обучения для прогнозирования химического состава почвы. Наличие или отсутствие определенных элементов в почве, таких как азот, фосфор и калий, напрямую влияет на рост растений и урожайность. Прогностические модели могут помочь определить, в каких регионах требуется дополнительное внесение удобрений, а где почва достаточно насыщена питательными веществами.

Проблемы опреснения и засоления почвы также могут решаться с помощью методов машинного обучения. Эти процессы часто наблюдаются в засушливых регионах и приводят к значительному снижению плодородности почвы. Прогностические модели могут помочь идентифицировать области с высоким риском засоления и предложить подходящие агротехнические меры для борьбы с этой проблемой [4]. В условиях изменения климата важную роль играет возможность прогнозирования воздействия экстремаль-

ных погодных условий на почву. С помощью машинного обучения можно предсказать, как засухи, наводнения и другие аномальные климатические явления повлияют на состояние почвы в конкретных регионах. Это поможет заблаговременно разработать стратегии адаптации для сельскохозяйственного сектора. Особое внимание стоит уделить проблеме эрозии почвы, которая является одной из главных причин деградации земель. Машинное обучение может помочь определить, какие регионы наиболее подвержены эрозии, и предложить эффективные методы её предотвращения. Это особенно важно для горных и прибрежных регионов, где почва наиболее уязвима к разрушению.

Использование методов машинного обучения для прогнозирования состояния почвы также способствует более эффективному управлению сельскохозяйственными ресурсами на уровне страны. Национальные и региональные правительства могут использовать прогнозные модели для разработки долгосрочных стратегий по управлению земельными ресурсами, что будет способствовать устойчивому развитию сельского хозяйства.

Прогнозирование состояния почвы является важным аспектом сельского хозяйства и экологии, поскольку позволяет оптимизировать использование земельных ресурсов и обеспечивать устойчивое развитие аграрных регионов [5]. В разных климатических зонах почва подвержена различным внешним воздействиям, таким как колебания температуры, осадков и уровня влажности, что существенно влияет на её физические и химические свойства. С развитием технологий машинного обучения появилась возможность автоматизировать процессы анализа данных о почве и климате, что значительно ускоряет и улучшает прогнозы её состояния. Методы машинного обучения позволяют обрабатывать большие объемы информации, учитывать многочисленные факторы и выявлять скрытые закономерности, что повышает точность и надежность прогнозов. В данной статье рассматриваются современные подходы к использованию машинного обучения для прогнозирования состояния почвы в различных климатических зонах.

Методы и материалы. Модели машинного обучения, применяемые для прогнозирования состояния почвы, включают в себя современные алгоритмы анализа больших данных, такие как XGBoost и глубокие нейронные сети (DNN). XGBoost (Extreme Gradient Boosting) представляет собой метод градиентного бустинга, который использует ансамбль решающих деревьев для повышения точности предсказаний. Основное преимущество XGBoost заключается в его способности эффективно обрабатывать разнородные данные и справляться с пропусками в выборках. В процессе обучения алгоритм итеративно создает деревья решений, каждое из которых исправляет ошибки предыдущего, минимизируя отклонения в прогнозах. Для обучения модели используются параметры состояния почвы, полученные из данных дистанционного зондирования, такие как индексы вегетации (NDVI, SAVI), влажность (MSI, NDMI) и альбедо. Этот подход позволяет модели точно определять стадии эрозии и прогнозировать риск деградации земель.

Для успешного обучения моделей машинного обучения, таких как XGBoost и глубокие нейронные сети, необходима тщательная подготовка данных. Этот процесс начинается с сбора данных из различных источников: спутниковых снимков (Sentinel-2), метеорологических станций и полевых наблюдений. Данные включают спектральные индексы (NDVI, SAVI, MSI, NDMI), температуру, уровень осадков и характеристики почвы. Полученные данные часто имеют разную структуру и формат, поэтому первым этапом является их преобразование в единую форму. Это включает в себя стандартизацию единиц измерения, синхронизацию временных меток и удаление дубликатов.

После этого выполняется обработка аномалий и пропусков данных. Временные ряды спутниковых наблюдений иногда содержат пропущенные значения из-за облачности или технических сбоев в получении снимков. Для заполнения таких пробелов применяются методы интерполяции, либо используются более сложные техники, например, временные нейронные сети, кото-

рые могут предсказывать недостающие значения на основе предыдущих данных. Также на этом этапе выявляются выбросы — значения, сильно отклоняющиеся от нормы, например, резкие скачки индекса NDVI в засушливых регионах. Эти аномалии могут быть вызваны ошибками измерений или временными природными явлениями. Для их устранения применяется метод IQR (Interquartile Range) или Z-score, которые помогают отфильтровать атипичные значения.

Завершающим этапом подготовки данных является нормализация и масштабирование признаков. Поскольку разные параметры (например, температура, альбедо и индексы вегетации) имеют различные диапазоны значений, это может влиять на процесс обучения моделей. Для приведения всех признаков к единому масштабу применяются методы Min-Max Scaling (масштабирование значений в диапазон [0, 1]) или Standard Scaling (преобразование к стандартному нормальному распределению). Это необходимо, чтобы алгоритмы, такие как XGBoost и нейронные сети, могли правильно учитывать влияние каждого признака на предсказание, не отдавая приоритеты параметрам с большими числовыми значениями. После нормализации данные становятся готовыми для обучения моделей, что повышает их точность и стабильность при прогнозировании эрозии почвы и деградации земель.

Помимо XGBoost, для анализа временных изменений почвенных характеристик применяются глубокие нейронные сети. В частности, архитектуры на основе LSTM (Long Short-Term Memory) и GRU (Gated Recurrent Unit) позволяют моделям учитывать временную зависимость данных. Это особенно важно для мониторинга почвы в условиях меняющегося климата, когда влажность и состояние растительного покрова могут резко изменяться. Модели LSTM и GRU способны запоминать долгосрочные зависимости и предсказывать будущие изменения почвы, основываясь на исторических данных. В качестве входных данных используются временные ряды спектральных индексов, температуры, уровня осадков и показателей влажности. Обучение моделей происходит на больших наборах данных, что позволяет повысить точность прогнозов даже в условиях изменчивого климата.

Для верификации и оценки точности моделей применяются метрики, такие как Accuracy, Precision, Recall и F1-Score. Эти показатели помогают определить, насколько точно модели идентифицируют стадии эрозии и предсказывают ухудшение состояния почвы. Для повышения надежности результатов используется метод кросс-валидации, при котором данные разбиваются на несколько частей, и обучение модели происходит на различных подвыборках. Такой подход позволяет избежать переобучения и повысить обобщающую способность моделей на новых данных. Кроме того, результаты прогнозирования визуализируются в виде картографических моделей, где состояние почвы отображается по уровням эрозии, что позволяет легко идентифицировать критические зоны для последующих восстановительных мероприятий.

Для анализа эрозии почв используются различные методики дистанционного зондирования, основанные на спектральных характеристиках почвы и растительности. Один из наиболее эффективных методов - это использование вегетационных индексов. Индексы, такие как NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) и SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index), позволяют оценить состояние растительности, что является ключевым фактором для анализа эрозии. NDVI вычисляется на основе разности отражения ближнего инфракрасного (NIR) и красного (Red) спектров, и его значения варьируются от -1 до 1. Низкие значения NDVI могут указывать на отсутствие растительности, что часто связано с эрозией почвы. SAVI - это модификация NDVI, которая учитывает влияние почвы на отражательную способность и лучше подходит для регионов с разреженной растительностью, где почва доминирует в спектре.

Кроме того, важную роль в анализе эрозии играет вычисление альбедо — отношения отражённой солнечной радиации к падающей. Альбедо, представляющее собой долю отраженного солнечного излучения от поверхности, играет важную роль в анализе эрозии почвы. Этот параметр

влияет на температурные режимы почвы и, соответственно, на процессы испарения и влагонакопления. В условиях низкого альбедо, поверхность почвы поглощает больше солнечного тепла, что может способствовать её пересыханию, уменьшению связности грунта и, как следствие, усилению эрозионных процессов. Для эрозии почвы, особенно в засушливых или полузасушливых регионах, где почва более подвержена разрушению, важно учитывать влияние альбедо на физические процессы, такие как испарение и высыхание поверхностных слоев. Повышение температуры поверхности почвы может усилить её подверженность ветровой эрозии, особенно если почвенный покров нарушен или недостаточно увлажнен [6].

С другой стороны, высокое альбедо может снижать испарение и уменьшать скорость высыхания почвы, что способствует сохранению влаги в верхних слоях почвы. Однако избыточное отражение солнечной энергии также может приводить к охлаждению почвы, что иногда отрицательно сказывается на биологических процессах, таких как рост растительности, которая играет важную роль в укреплении почвенного покрова и противодействии эрозии.

Вычисление альбедо при прогнозировании эрозии почвы с использованием методов машинного обучения позволяет учитывать динамику изменения температуры поверхности и её взаимодействие с другими факторами, такими как влажность и ветер. Это дает возможность строить более точные модели предсказания эрозионных процессов, что в свою очередь помогает заблаговременно разрабатывать меры по защите и сохранению почв в уязвимых регионах.

Альбедо может быть вычислено на основе мультиспектральных данных с использованием комбинации различных спектральных каналов, таких как синий (B2), красный (B4), ближний инфракрасный (B8) и коротковолновой инфракрасный (SWIR, B11 и B12). Высокие значения альбедо могут указывать на деградированные или эродированные земли, что особенно актуально для регионов, подверженных ветровой эрозии.

$$\textit{Альбедо} = 0.15 \times B02 + 0.15 \times B03 + 0.27 \times B08 + 0.1 \times B11 + 0.1 \times B12 \quad (1)$$

Другим важным аспектом анализа эрозии является оценка влажности почвы, поскольку она играет ключевую роль в стабильности почвенного покрова и его подверженности эрозионным процессам. Влажность почвы влияет на её структуру, плотность и способность противостоять воздействию внешних факторов, таких как ветер и вода. Влажная почва обычно обладает большей связностью и устойчивостью к эрозии, в то время как сухая почва становится более рыхлой, что делает её уязвимой для разрушения.

Низкая влажность почвы способствует увеличению риска ветровой эрозии. Когда почва пересыхает, её частицы становятся менее сцепленными и легче поднимаются ветром, особенно на открытых или незащищенных участках. Ветровая эрозия часто наблюдается в засушливых регионах и может привести к значительным потерям верхнего плодородного слоя почвы, что оказывает негативное влияние на сельское хозяйство и экосистемы.

С другой стороны, чрезмерное увлажнение почвы, особенно во время проливных дождей или наводнений, может способствовать водной эрозии. Вода смывает поверхностные слои почвы, унося с собой питательные вещества и органические вещества, что приводит к деградации земель. В условиях склона или неравномерного рельефа этот процесс может ускоряться, вызывая образование оврагов и оползней [7].

В рамках использования методов машинного обучения для анализа эрозии почвы оценка влажности является важным параметром, который помогает предсказывать эрозионные риски [8]. С помощью моделей машинного обучения можно анализировать данные о влажности почвы, поступающие из различных источников, таких как датчики влажности, спутниковые снимки и метеорологические данные [9]. Это позволяет учитывать, как пространственную, так и временную ди-

намику изменений влажности почвы, что помогает прогнозировать периоды повышенной уязвимости почв к эрозионным процессам.

Другим важным аспектом анализа эрозии является оценка влажности почвы. Методы, основанные на индексах влажности, таких как MSI (Moisture Stress Index) и NDMI (Normalized Difference Moisture Index), позволяют оценить влагозапас почвы и растительности. MSI рассчитывается как отношение коротковолнового инфракрасного спектра (SWIR) к ближнему инфракрасному спектру (NIR) и показывает степень стресса от нехватки влаги. NDMI позволяет оценить содержание влаги в растительности и почве на основе разности NIR и SWIR спектров. Оба этих индекса играют ключевую роль в анализе состояния почвы, так как эродированные земли часто теряют свою способность удерживать влагу, что приводит к их высыханию и деградации. В совокупности с вычислением альбедо и вегетационными индексами, анализ влажности почвы предоставляет полное представление о состоянии почвы и её подверженности эрозионным процессам [10].

Важность влажности почвы для выявления эрозии:

Влажность почвы является важным показателем для определения состояния земли. С помощью дистанционного зондирования можно оценить влажность почвы и отличить сухие эродированные земли от здоровых участков.

Индексы влажности почвы:

MSI (Moisture Stress Index): Этот индекс измеряет степень влажности почвы. Низкие значения MSI указывают на влажную почву, а высокие значения — на сухую, что может указывать на эрозию.

$$MSI = \frac{SWIR}{NIR} \tag{2}$$

где:

SWIR (B11 в Sentinel-2) — коротковолновой инфракрасный диапазон;

NIR (B8 в Sentinel-2) — ближний инфракрасный диапазон.

NDMI (Normalized Difference Moisture Index): Этот индекс оценивает влажность растительности и почвы. Низкие значения NDMI могут указывать на сухие участки.

$$NDMI = \frac{NIR - SWIR}{NIR + SWIR} \tag{3}$$

где:

SWIR — коротковолновой инфракрасный диапазон (B11);

NIR — ближний инфракрасный диапазон (B8).

Комбинированная математическая формула с учетом альбедо, *MSI*, и *NDMI*:

Пусть:

A — альбедо (обозначающее отражательную способность поверхности);

MSI — индекс стресса по влажности (Moisture Stress Index);

NDMI — индекс влажности почвы (Normalized Difference Moisture Index);

A_{min} и A_{max} — пороговые значения альбедо для эрозированных земель;

MSI_{min} и MSI_{max} — диапазон значений индекса стресса по влажности (чем больше *MSI*, тем суше почва);

$NDMI_{min}$ и $NDMI_{max}$ — диапазон значений NDMI (чем меньше NDMINDMINDMI, тем суше почва).

$$Результат = \left(\frac{A - A_{min}}{A_{max} - A_{min}}\right) \times \left(\frac{MSI - MSI_{min}}{MSI_{max} - MSI_{min}}\right) \times \left(\frac{NDMI - NDMI_{min}}{NDMI_{max} - NDMI_{min}}\right) \quad (4)$$

где:

$\left(\frac{A-A_{min}}{A_{max}-A_{min}}\right)$ — нормализованное значение альбедо, которое указывает на степень оголённости поверхности (чем ближе значение к A_{max}, тем выше вероятность эрозии);

$\left(\frac{MSI-MSI_{min}}{MSI_{max}-MSI_{min}}\right)$ — нормализованное значение *MSI*, которое указывает на степень сухости почвы (чем выше MSIMSIMSI, тем суше почва);

$\left(\frac{NDMI-NDMI_{min}}{NDMI_{max}-NDMI_{min}}\right)$ — нормализованное обратное значение NDMI, которое используется для учета влажности почвы (чем ниже NDMI, тем суше почва).

(4) формаула учитывает **альбедо** (высокое альбедо указывает на оголённые, возможно эрозированные земли), **сухость почвы по MSI** (чем выше значение MSI, тем суше почва), и **влажность почвы по NDMI** (чем меньше NDMI, тем суше почва).

Итоговая комбинация этих факторов позволяет оценить вероятность наличия эрозии: чем выше результат по формуле, тем больше вероятность того, что участок земли эродирован.

Результаты и обсуждение. На основе сегментации, выполненной с использованием спектральных индексов, альбедо и оценки влажности почвы, был сформирован набор данных для обучения модели машинного обучения. Этот набор содержит детализированную информацию о состоянии земельных участков, разделённых на четыре категории: «Норма», «Первая стадия эрозии», «Вторая стадия эрозии» и «Третья стадия эрозии». Для сегментации использовались индексы вегетации, такие как NDVI, альбедо для оценки отражательной способности поверхности, а также индексы влажности почвы MSI и NDMI. Эти параметры являются ключевыми для определения состояния земель и прогнозирования процессов эрозии.

Набор данных был построен на основе временных наблюдений, включающих значения вегетационных индексов, альбедо и влажности почвы для каждого участка. В каждом наблюдении фиксировались дата съемки, индекс NDVI, отражающий уровень вегетации, альбедо - показатель отражения солнечного излучения, MSI - индикатор стрессового состояния почвы по влажности, и NDMI, оценивающий содержание влаги. Эти показатели обеспечивают структуру данных для эффективного обучения моделей машинного обучения.

Каждая строка данных включает информацию о состоянии почвы и её классификации в одну из четырёх категорий:

1. Норма: Участки с плотным растительным покровом, умеренным альбедо и стабильной влажностью почвы. NDVI обычно варьируется от 0.3 до 0.6, что указывает на хорошую вегетацию. Альбедо низкое из-за высокой абсорбции солнечной радиации. MSI и NDMI находятся в пределах нормы, что говорит о достаточной влажности почвы.

2. Первая стадия эрозии: Земли с начальной деградацией. Растительный покров истончается, NDVI находится в диапазоне 0.2–0.3. Альбедо повышено, поскольку оголённая почва начинает отражать больше солнечной энергии. MSI свидетельствует о дефиците влаги, что способствует эрозионным процессам.

3. Вторая стадия эрозии: Значительное снижение вегетации. NDVI снижается до 0.1–0.2, альбедо увеличивается, отражая потерю растительности. MSI указывает на высокую сухость почвы, что затрудняет её восстановление.

4. Третья стадия эрозии: Полная деградация земель. NDVI ниже 0.1, что свидетельствует о почти полном отсутствии растительности. Альбедо превышает 0.3, а MSI и NDMI указывают на сильную сухость и дефицит влаги. Эти земли требуют немедленного восстановления.

Набор данных был построен на основе спутниковых снимков с использованием комбинации индексов NDVI, MSI, NDMI и альбедо, что поз-

волило классифицировать земельные участки по стадиям эрозии. Данные содержат параметры, такие как дата наблюдения, значения NDVI, альбедо, MSI, NDMI и класс эрозии. Это помогает прогнозировать дальнейшее развитие эрозионных процессов и разрабатывать меры по восстановлению деградированных земель.

Набор данных был создан на основе сегментации изображений, выполненной с применением комбинации вегетационных индексов, таких как NDVI, SI, NDMI, MSI, и значений альбедо. Это позволило классифицировать почвы по уровням эрозии, разделив их на разные категории. Сегментация опиралась на научные методы анализа растительности и почвы, что дало возможность точно оценить степень деградации земель. В результате выделены четыре класса, отражающие различные стадии эрозии.

1. Первый класс - ”Норма”. Этот класс включает земли, где эрозия отсутствует или проявляется минимально. Земли находятся в удовлетворительном состоянии, и на них наблюдаются нормальные процессы вегетации. В данной категории содержится 1,775,535 экземпляров.

2. Второй класс - ”Начальная стадия эрозии”. В эту категорию входят земли, на которых начинают проявляться первые признаки эрозии, такие как потеря растительности или начальная деградация почвы. В этой категории насчитывается 4,989 экземпляров.

3. Третий класс - ”Средняя стадия эрозии”. Данная категория включает земли, на которых наблюдаются более выраженные признаки эрозии. Почвы теряют способность удерживать влагу, а значения альбедо и MSI повышаются. Эти земли требуют серьёзных мер по восстановлению. В этой группе содержится 56,110 экземпляров.

4. Четвёртый класс - ”Критическая стадия эрозии”. Почвы в этой категории почти полностью деградированы, они не способны удерживать влагу и имеют высокие значения альбедо и MSI, что указывает на критическую сухость и отсутствие растительности. Земли в этой категории подвергаются сильным разрушительным процессам, таким как выветривание и потеря плодородного слоя. В данной категории содержится 7,517 экземпляров.

Структура данных для каждого участка земли включает следующие параметры:

Дата получения спутникового снимка - важнейший параметр для анализа временных изменений в динамике эрозии.

Индекс NDVI - показывает состояние растительности на участке: высокие значения свидетельствуют о густой растительности, низкие -об её отсутствии.

Индекс SI (Soil Index) - характеризует состояние почвы, вычисляется как отношение красного канала к ближнему инфракрасному диапазону и позволяет выявлять деградированные участки.

Альбедо - отражает способность поверхности отражать солнечное излучение: высокие значения характерны для оголённых почв, низкие - для покрытых растительностью.

Индекс MSI (Moisture Stress Index) - оценивает содержание влаги в почве; высокие значения указывают на сильный водный стресс.

Индекс NDMI (Normalized Difference Moisture Index) - показывает уровень влажности растительности и почвы, основанный на ближнем и среднем инфракрасных диапазонах, и используется для оценки водного стресса.

Каждый участок классифицируется по уровню эрозии, обозначенному как ErosionClass (0 - норма, 1 - начальная стадия эрозии, 2 - средняя стадия эрозии, 3 - критическая стадия эрозии). Эта структура данных позволяет проводить комплексный анализ земель, прогнозировать развитие эрозионных процессов и разрабатывать меры по восстановлению деградированных территорий.

После того как были применены различные методы анализа, все данные были использованы для создания набора данных для машинного обучения. Спектральные данные, включая вегетационные индексы, альбедо и индексы влажности, были объединены для обучения моделей машинного обучения. Эти данные включали множество различных спектральных характеристик, ко-

торые указывали на наличие или отсутствие эрозии на различных участках земли. Комбинированный анализ позволил выявить ключевые закономерности в изменении почвы под воздействием эрозии и создать качественный набор данных для обучения моделей.

На рисунке 1 представлено исходное изображение, полученное с использованием спутника Sentinel-2. Оно демонстрирует регион, где различимы участки с разными состояниями земель. На изображении можно увидеть, как плодородные земли с плотным растительным покровом, так и пустые участки, которые могут быть либо обработаны, либо находиться под паром. Эти различия в типах земель позволяют использовать данные для анализа состояния почвы и растительности, что является важным шагом для сегментации и последующей классификации уровня эрозии.

Этот снимок является основой для дальнейшего анализа состояния почвы и оценки эрозионных процессов с применением спектральных индексов. Он предоставляет исходные данные, которые затем обрабатываются для выявления признаков эрозии.



Рис.1 - Оригинальное изображение

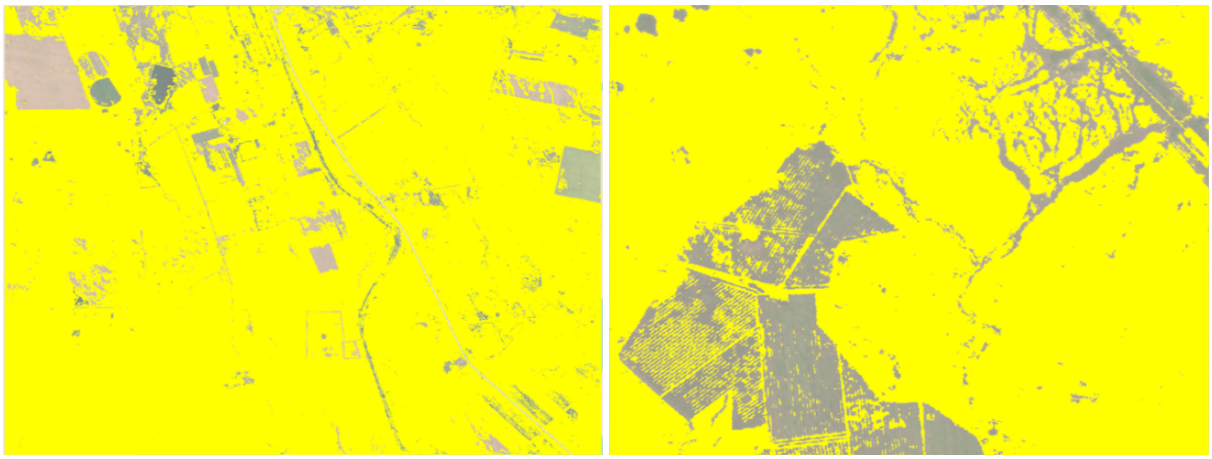


Рис.2. - Использование метода альбедо

На рисунке 2 представлено изображение, которое демонстрирует результат вычисления альбедо - метода, оценивающего способность поверхности отражать солнечное излучение. На этом изображении участки земли с разными уровнями альбедо выделены различными цветами, где бо-

лее светлые оттенки указывают на высокие значения альбедо. Такие участки, как правило, соответствуют оголённым или эродированным землям, которые теряют способность поглощать солнечную энергию и отражают её в большей степени. Этот метод позволяет идентифицировать участки, подверженные эрозионным процессам, и оценивать степень их деградации. На изображении видно, что большая часть земель окрашена в жёлтый цвет, что указывает на высокие значения альбедо. Это часто связано с эродированными или оголёнными участками, где отсутствует растительный покров, что приводит к повышенной отражательной способности поверхности. Такие участки требуют особого внимания при прогнозировании эрозионных процессов.

Этот метод показывает, что почти вся поверхность земли обладает высоким отражением, что может свидетельствовать о возможной эрозии. Однако это не всегда верный признак. Некоторые участки, кажущиеся эродированными, на самом деле могут быть паровыми землями, где уже был собран урожай. Эти земли временно пусты, но могут сохранять достаточный уровень влажности. Поэтому метод альбедо может приводить к ложноположительным результатам, неверно интерпретируя плодородные или временно пустующие земли как эродированные.

На рисунке 3 представлены три категории эрозии земель, отображённые с использованием различных оттенков. Для анализа был применён комбинированный метод, включающий несколько показателей: NDVI (индекс вегетации), альбедо (отражательная способность), MSI (индекс стресса по влажности) и NDMI (индекс влажности почвы). Эти индексы обеспечивают комплексную оценку состояния земель и помогают распределить их по категориям в зависимости от степени деградации.



Рис.3 - Использование комбинированного метода (альбедо + оценка влажности)

Жёлтая область на рисунке 3 указывает на участки, находящиеся на первой степени эрозии (начальная стадия). В этих зонах наблюдается снижение индекса NDVI, что свидетельствует о начале деградации растительного покрова, и умеренные значения альбедо, указывающие на повышение отражательной способности поверхности. Это начальные признаки того, что почва становится более уязвимой к эрозии. Дополнительные параметры, такие как MSI (индекс сухости) и NDMI (индекс влажности), также показывают, что почва начинает пересыхать, что может способствовать дальнейшему ухудшению её состояния. Если не принять меры для восстановления земель на этой стадии, эрозионные процессы могут усилиться. Условия для первой степени эрозии включают NDVI в диапазоне от 0.2 до 0.5, что указывает на среднее состояние растительности, альбедо от 0.1 до 0.2, характеризующее умеренную отражательную способность, и MSI от 0.8

до 1.5, что свидетельствует о умеренной сухости почвы.

Оранжевые участки на изображении указывают на среднюю степень эрозии почвы, что означает начавшийся процесс её деградации. Почва на этих участках теряет способность поддерживать здоровый растительный покров, и NDVI, характеризующий плотность растительности, здесь ниже, чем на начальной стадии эрозии. Одновременно с этим увеличивается альбедо, что указывает на оголённые или мало защищённые почвенные поверхности, более подверженные воздействию солнечного излучения. Высокие значения MSI (индекс сухости) и низкие NDMI (индекс влажности) свидетельствуют о том, что почва испытывает повышенный дефицит влаги, что ускоряет эрозионные процессы. Условия для второй степени эрозии включают NDVI в диапазоне от 0.1 до 0.3, что указывает на низкий уровень растительности, альбедо от 0.2 до 0.25, характеризующее повышенную отражательную способность поверхности, и MSI выше 1.5, что свидетельствует о высокой сухости почвы. На этих участках уже можно наблюдать серьёзные признаки деградации, и, если не принять своевременные меры, ситуация может ухудшиться, вплоть до перехода к более тяжёлым стадиям эрозии.

Красные участки на изображении указывают на высокую степень эрозии, где почва сильно деградировала и растительный покров практически отсутствует. Высокие значения альбедо указывают на оголённую, незащищённую почву, а высокие MSI и низкие NDMI свидетельствуют о полной потере влаги. Такие земли считаются непригодными для сельскохозяйственного использования без серьёзных восстановительных мероприятий. Условия для третьей степени эрозии включают NDVI менее 0.1, что означает очень низкий или отсутствующий растительный покров, альбедо выше 0.25, что характеризует очень высокую отражательную способность, и MSI выше 1.5, свидетельствующий о крайне высокой сухости почвы.

На следующем, 4 рисунке, представлена полная сегментация земель на четыре категории в зависимости от их состояния. Зелёные области указывают на земли в нормальном состоянии, где эрозия отсутствует, а почва остаётся пригодной для сельскохозяйственного использования. Эти участки демонстрируют нормальные показатели вегетации (NDVI), умеренное альбедо и стабильную влажность почвы, что свидетельствует об устойчивом и здоровом состоянии почвенного покрова.

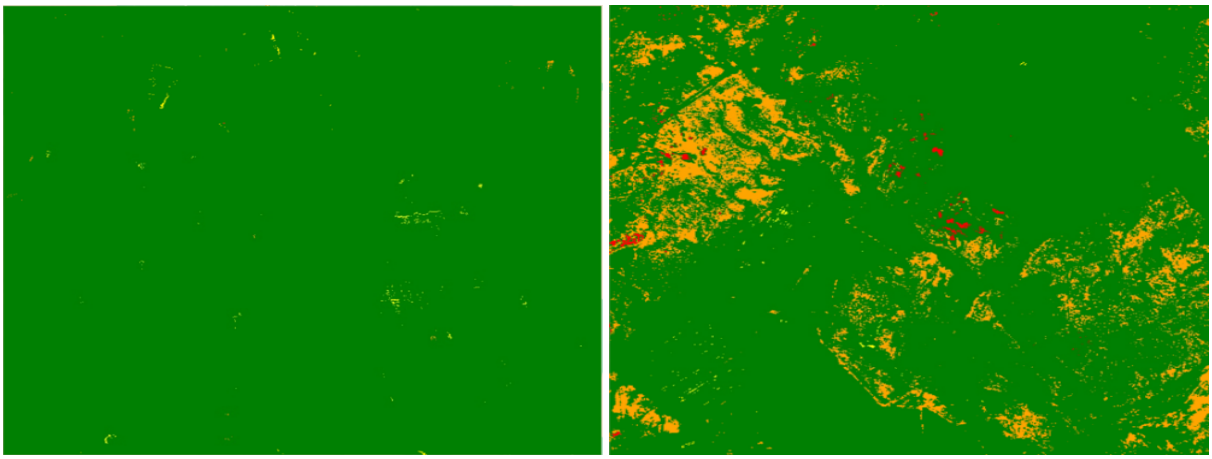


Рис.4 - Полная сегментация, зелёные участки это норма, жёлтые это начальная стадия, оранжевая это прогресс эрозии, красная это уже деградированные земля то есть непригодная земля

Жёлтые, оранжевые и красные участки на изображении представляют собой земли, подверженные различным стадиям эрозии: жёлтые области указывают на начальную стадию, где почва уже

демонстрирует первые признаки сухости и деградации растительного покрова, но всё ещё может быть восстановлена при правильном управлении; оранжевые области отражают среднюю стадию эрозии, при которой почва потеряла значительную часть своей плодородности, что сопровождается увеличением альбедо, снижением влажности и ослаблением растительности; красные области свидетельствуют о высокой стадии эрозии, где почва почти полностью утратила свою пригодность для сельскохозяйственного использования, а её восстановление требует значительных усилий, о чём говорят высокое альбедо и низкие показатели индексов влажности.

Важно отметить, что такие элементы, как дороги, искусственные сооружения, дома и другие постройки на изображении не учитываются в анализе. Они автоматически классифицируются как ”норма” (зелёный цвет) и исключаются из расчётов при оценке состояния почвы, поскольку не являются частью сельскохозяйственных или природных земель. Алгоритм сегментации распознаёт эти объекты как неподверженные эрозии и не включает их в анализ деградации почв. Благодаря сегментации удалось получить более чёткое и наглядное представление о состоянии земель, позволяя увидеть, какие территории требуют внимания и проведения восстановительных мероприятий для предотвращения дальнейшей эрозии и деградации. Особенно важно, что нормальные участки почвы (зелёные) выделяются как потенциальные зоны, которые можно сохранить и защитить от будущего ухудшения состояния.

Применение технологий машинного обучения оказалось крайне эффективным для анализа и прогнозирования процессов эрозии почвы. Одним из наиболее успешных методов, использованных в исследовании, стал алгоритм XGBoost, основанный на градиентном бустинге. Данный метод позволяет выявлять сложные взаимосвязи между различными входными параметрами, такими как спектральные индексы, альбедо и показатели влажности, и целевыми переменными — например, наличие эрозии. XGBoost был выбран за его способность справляться с большими объемами данных и за высокую точность, что важно при анализе многофакторных природных явлений. Преимуществом XGBoost является устойчивость к переобучению, что позволяет создавать модели, которые сохраняют высокую точность на различных типах данных.

Для обучения модели использовались данные дистанционного зондирования, включающие показатели вегетации, альбедо и влажности почвы. Обученная модель продемонстрировала высокую способность к обобщению, так как данные охватывали различные типы почв и климатические зоны, что позволило модели точно прогнозировать эродированные участки. Было установлено, что наибольшую точность прогнозирования эрозии, особенно в зонах, подверженных ветровой эрозии, давали комбинированные методы анализа альбедо и влажности. Таким образом, использование методов машинного обучения в сочетании с данными спутникового мониторинга открывает новые возможности для точного и оперативного мониторинга состояния почвы и предотвращения её деградации.

На рисунке 5 первый график изображает динамику изменения потерь (Log Loss) на протяжении 100 итераций обучения модели. Синяя линия представляет собой потери на обучающей выборке, а оранжевая – на валидационной. Можно заметить, что по мере увеличения количества итераций потери на обеих выборках значительно уменьшаются и выходят на плато, приближаясь к нулю. Это говорит о том, что модель успешно обучается, минимизируя ошибки в прогнозировании как на тренировочных, так и на валидационных данных, что указывает на хорошую способность модели к обобщению. Стабилизация на низком уровне потерь свидетельствует о высокой точности модели. Второй график на рисунке 5 демонстрирует точность (Accuracy) для обучающей и валидационной выборок. Синяя линия показывает, как растет точность модели на тренировочной выборке с увеличением числа итераций, достигая практически 100%. Однако для валидационной выборки (оранжевая линия) наблюдается небольшое снижение точности после 50 итераций, что может указывать на незначительное переобучение модели. Тем не менее, обе линии

остаются достаточно высокими, что подтверждает эффективность модели. Процесс обучения модели XGBoost проходит с хорошей конвергенцией: потери минимизируются, а точность модели на тестовых данных остается на высоком уровне. Этот результат указывает на то, что модель справляется с задачей классификации эрозионных степеней, не только на тренировочных данных, но и на новых данных, что делает её применимой для анализа и прогноза деградации земельных участков в реальных условиях.

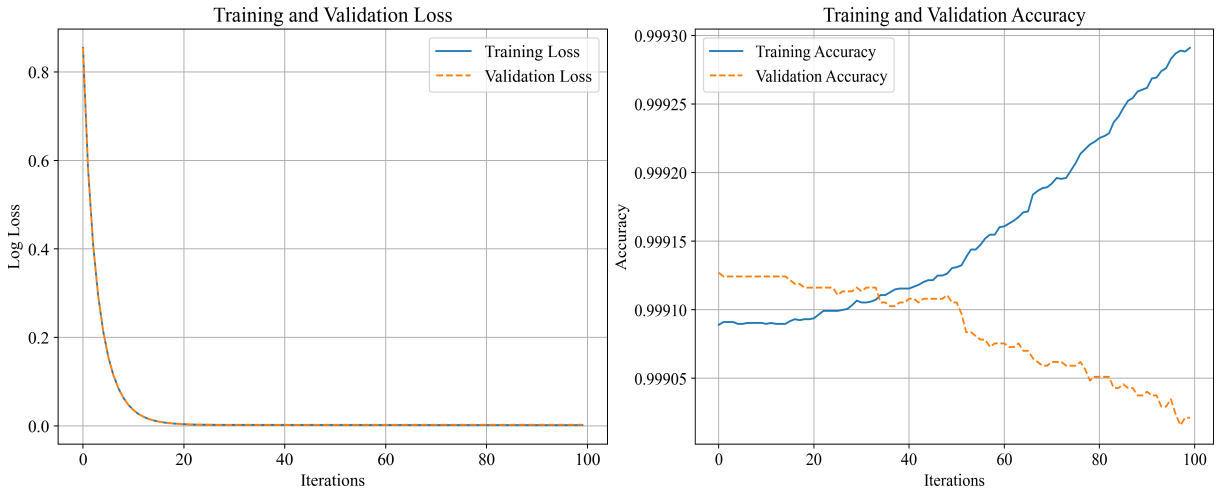


Рис.5 - Динамика изменения потерь и результат точности для обучающей и валидационной выборки

Выводы. Данное исследование предложило эффективный подход к выявлению и классификации эрозии почв с использованием данных дистанционного зондирования и методов машинного обучения. Проблема эрозии почв является одной из основных экологических угроз, снижая плодородие земель и влияя на сельское хозяйство и устойчивость экосистем. В ходе работы был разработан алгоритм, основанный на комбинации спектральных индексов (NDVI, MSI, NDMI) и параметров альбедо, что позволило разделить почву на четыре класса по степени эрозии: «Норма», «Первая степень», «Вторая степень» и «Третья степень». Ключевым аспектом методики является сочетание индексов растительности с оценкой альбедо и влажности почвы, что позволяет избегать ошибочной классификации участков, визуально похожих на эрозионные, но фактически не подверженных эрозии.

Использование модели XGBoost для классификации эрозии почвы продемонстрировало высокую эффективность, показывая точность как на тренировочной, так и на тестовой выборках. Модель учитывает нелинейные зависимости между входными признаками, что важно для анализа сложных экологических процессов. Разработанная модель может быть полезна для мониторинга больших территорий, подверженных эрозии, оперативно выявляя участки, требующие восстановления. Методика имеет потенциал для масштабных проектов по управлению земельными ресурсами и может быть адаптирована для работы с другими регионами и типами данных. В будущем важно рассмотреть возможность интеграции дополнительных спектральных индексов и использования методов глубинного обучения для повышения точности классификации и анализа сложных пространственно-временных зависимостей в данных дистанционного зондирования.

Литература

1. Жоголев А.В. Актуализация региональных почвенных карт на основе спутниковых и геоинформационных технологий (на примере Московской области): Автореф. дис. ... к. с.-х. н. - М., 2016. - 22 с.

2. Векшина В.Н. Построение цифровых моделей почвенного покрова западной части Большеземельской тундры. Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева.- 2019. Т.99.- С.21-46. DOI 10.19047/0136-1694-2019-99-21-46.

3. Савин И.Ю., Прудникова Е.Ю. Об оптимальном сроке спутниковой съемки для картографирования пахотных почв // Бюл. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. -2014. -№ 74. -С.66-77.

4. Рожков В.А. Об информационном подходе в классификации почв//Бюллетень Почвенного института имени В.В. Докучаева. -2012.-Т.(69).- С.4-24. DOI /10.19047/0136-1694-2012-69-4-24

5. Гребень А.С., Красовская И.Г. Анализ основных методик прогнозирования урожайности с помощью данных космического мониторинга, применительно к зерновым культурам степной зоны Украины // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. -2012. - № 2. - С.170-180. http://nbuv.gov.ua

6. Рожков В.А. Информатизация и теория классификации почв // Труды Института государства и права РАН.- 2012.- № 6. -С.218-227

7. Hengl T., Mendes de Jesus J., Heuvelink G.B.M., Ruiperez Gonzalez M., Kilibarda M. SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning // PLOS ONE. -2017. –Vol.12 (2):e0169748 DOI 10.1371/journal.pone.0169748

8. Чинилин А.В., Савин И.Ю. Крупномасштабное цифровое картографирование содержания органического углерода почв с помощью методов машинного обучения // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. -2018. –Т.91. – С.46-62. DOI 10.19047/0136-1694-2018-91-46-62

9. Masrur Ahmed, A.A., Deo, R.C., Raj, N., Ghahramani, A., Feng, Q., Yin, Z., Yang, L. Deep learning forecasts of soil moisture: Convolutional neural network and gated recurrent unit models coupled with satellite-derived modis, observations and synoptic-scale climate index data // Remote Sensing. -2021. – Vol.13 (554). -P.1-30. DOI 10.3390/rs13040554

10. Anton, C.A., Matei, O., Avram, A. Collaborative Data Mining in Agriculture for Prediction of Soil Moisture and Temperature // Advances in Intelligent Systems and Computing. -2019. -P.141-151. DOI 10.1007/978-3-030-19807-7_15

References

1. Zhogolev A.V. Aktualizacija regional' nyh pochvennyh kart na osnove sputnikovyh i geoinformacionnyh tehnologij (na primere Moskovskoj oblasti): Avtoref. dis. ... k. s.-h. n. - M., 2016. - 22 s.[in Russian]

2. Vekshina V.N. Postroenie cifrovyh modelej pochvennogo pokrova zapadnoj chasti Bol' shezemel' skoj tundry. Bjulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva.- 2019. T.99.- S.21-46. DOI 10.19047/0136-1694-2019-99-21-46. [in Russian]

3. Savin I.Ju., Prudnikova E.Ju. Ob optimal' nom sroke sputnikovoj semki dlja kartografirovanija pahotnyh pochv // Bjul. Pochv. in-ta im. V.V. Dokuchaeva. -2014. -№ 74. -S.66-77. [in Russian]

4. Rozhkov V.A. Ob informacionnom podhode v klassifikacii pochv//Bjulleten' Pochvennogo instituta imeni V.V. Dokuchaeva. -2012.-T.69.- S.4-24. DOI /10.19047/0136-1694-2012-69-4-24. [in Russian]

5. Greben' A.S., Krasovskaja I.G. Analiz osnovnyh metodik prognozirovanija urozhajnosti s pomoshh' ju dannyh kosmicheskogo monitoringa, primenitel' no k zernovym kul' turam stepnoj zony Ukrainy // Radioelektronni i komp'juterni sistemi. -2012. - №2. - S.170-180. http://nbuv.gov.ua. [in Russian]

6. Rozhkov V.A. Informatizacija i teorija klassifikacii pochv // Trudy Instituta gosudarstva i prava RAN.- 2012.- № 6. -S.218-227. [in Russian]

7. Hengl T., Mendes de Jesus J., Heuvelink G.B.M., Ruiperez Gonzalez M., Kilibarda M. SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning // PLOS ONE. -2017. –Vol.12 (2):e0169748 DOI 10.1371/journal.pone.0169748

8. Chinilin A.V., Savin I.Ju. Krupnomasshtabnoe cifrovoe kartografirovanie soderzhanija organicheskogo ugleroda pochv s pomoshh' ju metodov mashinnogo obuchenija // Bjulleten' Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva. -2018. –T.91. – S.46-62. DOI 10.19047/0136-1694-2018-91-46-62. [in Russian]

9. Masrur Ahmed, A.A., Deo, R.C., Raj, N., Ghahramani, A., Feng, Q., Yin, Z., Yang, L. Deep learning forecasts of soil moisture: Convolutional neural network and gated recurrent unit models coupled with satellite-derived modis, observations and synoptic-scale climate index data // Remote Sensing. -2021. – Vol.13 (554). -P.1-30. DOI 10.3390/rs13040554

10. Anton, C.A., Matei, O., Avram, A. Collaborative Data Mining in Agriculture for Prediction of Soil Moisture and Temperature // Advances in Intelligent Systems and Computing. -2019. -P.141-151. DOI 10.1007/978-3-030-19807-7_15

Сведения об авторах

Болсынбек М. Қ. - докторант кафедры информационных систем Евразийского национального университета имени Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: mbolsynbek@bk.ru;

Абдикеримова Г.Б. - PhD, и.о. доцент кафедры информационных систем Евразийского национального университета им.Л. Н.Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: gulzira1981@mail.ru;

Тасжурекова Ж.К. - к.т.н., и.о. доцента кафедры «Прикладная информатика и программирование» Таразского регионального университета им. М. Х. Дулати, Тараз, Казахстан, e-mail: taszhurekova@mail.ru;

Адамов А.А. - д.т.н профессор, кафедра «Математическое и компьютерное моделирование» член-корр. НИА РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: adamov_aa@enu.kz;

Серикбаева С.К. - PhD, старший преподаватель кафедры информационных систем Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: inf_8585@mail.ru;

Ануарбеков А.М. - Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Преподаватель кафедры криптологии, Астана, Казахстан, e-mail: almasanuarbekov01@gmail.com.

Information about the authors

Bolsynbek M. - doctoral student of the Department of Information Systems of the L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: mbolsynbek@bk.ru;

Abdikerimova G.- PhD, acting associate professor of the Department of Information Systems of L. N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: gulzira1981@mail.ru;

Taszhurekova Zh. - acting associate professor of the Department «applied informatics and programming» Taraz regional university named after M. KH. Dulaty, Taraz, Kazakhstan. e-mail: taszhurekova@mail.ru;

Adamov A. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Mathematical and Computer Modeling, Corresponding Member, NIA RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: adamov_aa@enu.kz;

Serikbayeva S. - PhD, Senior Lecturer of the Department of Information Systems, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan. e-mail: inf_8585@mail.ru;

Anuarbekov A. - L.N. Gumilyov Eurasian National University, Teacher, Department of Cryptology, Astana, Kazakhstan, e-mail: almasanuarbekov01@gmail.com

ҒТАМР 81.93.29 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-840**

ЦИФРЛАНДЫРУ ЖАҒДАЙЫНДА ҰЙЫМДАРДЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК САЯСАТЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУДЫҢ ӘДІСТЕМЕЛІК ТӘСІЛДЕРІН ТАЛДАУ

Б.Е. Ихсанова, Б. Бөрібаев, М.С. Сериккажина

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

Корреспондент-автор: botagozikhsanova@gmail.com

Экономика мен қоғамның қарқынды цифрлық дамуы жағдайында ұйымдардың ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз ету тұрақтылық пен бәсекеге қабілеттіліктің негізгі факторы болып табылады. Ұйымдар деректердің сыртқа шығуы, кибершабуылдар және рұқсатсыз қол жеткізу сияқты қауіптердің күшеюімен бетпе-бет келеді. Мақала техникалық, ұйымдастырушылық және әлеуметтік аспектілерді ескере отырып, ұйымдардағы ақпараттық қауіпсіздік саясатының тиімділігін бағалаудың әдіснамалық тәсілдерін талдауға арналған. Зерттеу барысында техникалық және ұйымдастырушылық факторлар, сондай-ақ әлеуметтік-техникалық контекст ескерілген. Халықаралық стандарттар (ISO/IEC 27001, NIST SP 800-53, COBIT), сандық әдістер (FMEA, OCTAVE), мультикритериалды талдау (MCDA) және киберқауіпсіздік жетілу модельдері талданып, олардың артықшылықтары мен шектеулері анықталды. Әдістерді қолданудың тиімділігі ұйымның құрылымы мен оның цифрлық инфрақұрылымының ерекшеліктеріне байланысты өзгеретіні дәлелденді. Ғылыми зерттеулерге негізделген талдау құқықтық реттеу, басқарушылық құрылым және ақпараттық активтерді техникалық қорғау мәселелерін қамтыды. Эмпирикалық деректер негізінде бағалау әдістерінің салыстырмалы талдауы жүргізіліп, олардың қолданылуында кездесетін негізгі мәселелер анықталды. Зерттеу нәтижелеріне сүйене отырып, ақпараттық қауіпсіздікті басқару жүйесін жетілдіру, ресурстарды оңтайлы пайдалану және киберқауіптерге төзімділікті арттыру бойынша ұсыныстар әзірленді. Жүргізілген зерттеу ақпараттық қауіпсіздікті бағалауда жүйелі тәсілді қолданудың маңыздылығын растайды. Халықаралық стандарттар, сандық көрсеткіштер және стратегиялық басқару әдістерін біріктіру арқылы ұйымдар ықтимал қауіптерді төмендетіп, деректерді қорғау деңгейін арттырып, кибершабуылдарға қарсы тұрақтылығын күшейте алады.

Түйін сөздер: ақпараттық қауіпсіздік саясаты, цифрландыру, тиімділік, ақпараттық қауіпсіздік, әдістемелік тәсілдер, киберқауіпсіздік, халықаралық стандарттар, кешенді талдау.

АНАЛИЗ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛИТИКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОРГАНИЗАЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

Б.Е. Ихсанова, Б. Бөрібаев, М.С. Сериккажина

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,
e-mail: botagozikhsanova@gmail.com

В условиях стремительного цифрового развития экономики и общества обеспечение информационной безопасности организаций является ключевым фактором устойчивости и конкурентоспособности. Организации сталкиваются с растущими угрозами, такими как утечки данных, кибератаки и несанкционированный доступ. Целью статьи является анализ методических подходов к оценке эффективности политики обеспечения информационной безопасности в организациях с учетом технических, организационных и социальных аспектов. В исследовании учитывались технические и организационные факторы, а также социально-технический контекст. Были проанализированы международные стандарты (ISO/IEC 27001, NIST SP 800-53, COBIT), количественные методы (FMEA, OCTAVE), многокритериальный анализ (MCDA) и модели зрелости кибербезопасности, а также выявлены их преимущества и ограничения. Доказано, что эффективность применения методов различается в зависимости от структуры организации и особенностей ее цифровой инфраструктуры. Ана-

лиз, основанный на научных исследованиях, охватывал вопросы правового регулирования, структуры управления и технической защиты информационных активов. На основе эмпирических данных проведен сравнительный анализ методов оценки и выявлены основные проблемы, возникающие при их применении. По результатам исследования разработаны рекомендации по совершенствованию системы управления информационной безопасностью, оптимизации использования ресурсов и повышению устойчивости к киберугрозам. Проведенное исследование подтверждает важность использования системного подхода при оценке информационной безопасности. Интегрируя международные стандарты, количественные показатели и методы стратегического управления, организации могут снизить потенциальные угрозы, усилить защиту данных и повысить устойчивость к кибератакам.

Ключевые слова: политика информационной безопасности, цифровизация, эффективность, информационная безопасность, методологические подходы, кибербезопасность, международные стандарты, комплексный анализ.

ANALYSIS OF METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESS THE EFFECTIVENESS OF ORGANIZATIONS' INFORMATION SECURITY POLICIES IN THE CONTEXT OF DIGITIZATION

B.Ye. Ikhsanova✉, B. Buribayev, M.S. Serikkazhina

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: botagozikhsanova@gmail.com

In the context of the rapid digital development of the economy and society, ensuring information security of organizations is a key factor in their stability and competitiveness. Organizations are faced with increasing threats such as data leakage, cyberattacks, and unauthorized access. The article is devoted to the analysis of methodological approaches to assessing the effectiveness of information security policies in organizations, taking into account technical, organizational, and social aspects. The study takes into account technical and organizational factors, as well as the socio-technical context. International standards (ISO/IEC 27001, NIST SP 800-53, COBIT), quantitative methods (FMEA, OCTAVE), multi-criteria analysis (MCDA), and cybersecurity maturity models are analyzed, and their advantages and limitations are identified. It is proved that the effectiveness of the methods varies depending on the structure of the organization and the characteristics of its digital infrastructure. The analysis, based on scientific research, covers issues of legal regulation, management structure, and technical protection of information assets. Based on empirical data, a comparative analysis of assessment methods was conducted and the main problems encountered in their application were identified. Based on the results of the study, recommendations were developed to improve the information security management system, optimize resource utilization, and increase resilience to cyber threats. The study confirms the importance of using a systematic approach to information security assessment. By combining international standards, quantitative indicators, and strategic management methods, organizations can reduce potential threats, increase the level of data protection, and strengthen their resilience to cyber attacks.

Keywords: information security policy, digitalization, efficiency, information security, methodological approaches, cybersecurity, international standards, comprehensive analysis.

Кіріспе. Қазіргі кезеңде цифрлық технологиялар мен ақпараттық жүйелер әртүрлі салалар мен ұйымдардың қызметінде елеулі орын алуда. Ақпараттық ресурстарға тәуелділіктің өсуі деректердің құпиялылығы, тұтастығы және қолжетімділігі мәселелеріне, сонымен қатар киберқатерлерден туындайтын тәуекелдерді басқаруға ерекше назар аударуды қажет етеді. Жаһандық цифрландыру жағдайында кибершабуылдар коммерциялық және мемлекеттік құрылымдарға жиі әсер ететін құбылысқа айналды [1]. Ақпараттық жүйелердің жеткілікті қорғалмауы немесе бекітілген қауіпсіздік нормаларының сақталмауы құпия мәліметтердің таралуына, техноло-

гиялық процестердің бұзылуына, қаржылық шығындарға және ұйымға деген сенімнің төмендеуіне әкелуі ықтимал.

Қауіп-қатерлерге қарсы әрекет етудің түрлі әдістері ішінде ақпараттық қауіпсіздік (АҚ) саясатын қалыптастыру мен бағалауда жүйелік амал аса маңызды рөл атқарады. Мұндай саясат ақпаратты рұқсатсыз қолжетімділіктен, өзгертуден және жоюдан қорғауға бағытталған нормалар, ережелер, құралдар және ұйымдастырушылық шаралар жиынтығын реттейді. Алайда практикада көптеген ұйымдарда қауіпсіздік шаралары тепе-теңдікте енгізілмейді, олардың тиімділігін бағалау критерийлері нақты болмайды, ал нақты тәуекелдер деңгейіне сәйкестігін талдауға арналған әдістемелік тетіктер жеткіліксіз болып жатады. Технологиялық, адами және басқарушылық аспектілерді ескеретін кешенді зерттеу қажеттілігі туындайды [2].

Зерттеу мақсаты - цифрландыру жағдайында ұйымдардың ақпараттық қауіпсіздік саясатының тиімділігін бағалау бойынша методологиялық амалдарды талдап, әртүрлі мемлекет ғалымдарының тәжірибесі мен нормативтік-құқықтық базаны, заманауи халықаралық стандарттарды (NIST, ISO/IEC 27001 және басқа) ескеріп қорытындылау.

Ақпараттық технологиялардың дамуы деректердің таралуымен және кибершабуылдармен байланысты жаңа қатерлердің пайда болуына ықпал етіп, тәуекелдерді бақылаудың маңыздылығын күшейтті. Қазақстан мен ТМД елдері аясында ақпараттық қауіпсіздік мемлекеттік саясаттың басты бағыттарының біріне айналды, мұны әртүрлі мемлекеттік бағдарламалар мен заңнамалық актілер растайды. Байкенов Б.С. және Оразалиева С.К. [3] ұйымдардағы қорғаныс қызметтерін ұйымдастыру мен басқару мәселелерін талдай келе, құқықтық, техникалық және ұйымдастырушылық аспектілерді қамтитын кешенді амалдың қажеттілігін атап өтеді. Ғалымдардың пайымдауынша, негізгі қиындықтардың бірі – бизнес-мақсаттармен өзара байланысты және тәуекелдерді жүйелі түрде бағалауға негізделген қауіпсіздік шараларын енгізудегі фрагменттік тәсіл.

Қазақстандағы нормативтік-құқықтық базаға келсек, министрліктердің қаулылары мен бұйрықтарын қоса алғанда, АҚ саласындағы қызметті реттейтін құжаттар бекітілген [4]. Атап айтқанда, № 82 «Қазақстан Республикасының Ұлттық экономика министрінің…» (2021) құжаты ұлттық қауіпсіздік стратегиясын әзірлеу және мониторинг жүргізу сұрақтарын қамтиды, онда ақпараттық қауіпсіздікке де назар аударылады. Дегенмен іс жүзінде бірізді стандарттардың болмауы, мемлекеттік органдар арасындағы мәлімет алмасудың тиімсіздігі және персоналдың хабардарлығының төмендігі сияқты бірқатар мәселе байқалады. Осы себепті ғылыми-зерттеу жұмыстары мен қолданбалы шешімдер ұсынатын әдістемелік нұсқаулықтардың маңызы артып отыр.

Халықаралық тәжірибе тұрғысынан Коста И. және Гуарда Т. [5] еңбегі қызығушылық тудырады, онда FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) негізінде ақпараттық жүйелердегі тәуекелдерді даралаудың жаңа әдісі сипатталады. Авторлар инженерия саласындағы ақауларды талдау құралдарын IT-инфрақұрылымдағы осалдықтарды бағалауға бейімдеудің жолын көрсетеді. Бұл тәсіл қатерлерді формалды түрде есептеп, басымдықтарды айқындауға, сәйкесінше қауіпсіздік саясатын реттеуге мүмкіндік береді.

Құқықтық негіз бен АҚ саясаты Полякова Т.А., Минбалеева А.В. және Бойченко И.С. [6] еңбегінде кең түрде зерттеледі. Авторлар жаһандық ортада цифрлық технологияларды қауіпсіз пайдаланудың құқықтық қамтамасыз етілуі мәселелерін қозғай отырып, желілерде қолжетімді деректердің көбеюі киберқылмыс өрісін кеңейтетінін атап көрсетеді. Бұл мақаладағы талданған тұжырымдар АҚ саясатын қалыптастыруда құқықтық тәуекелдерді де қарастырудың маңызды екенін айғақтайды. Ғалымдардың айтуынша, техникалық шаралармен (шифрлау жүйелері, брандмауэрлер және т.б.) шектелу жеткіліксіз, ұйым ішінде заң талаптарын және корпоративтік регламенттерді сақтау тетіктерін айқын реттеу керек.

Қазақстандық зерттеушілер Мейрамбек Ә., Думанқызы Ж., Жұман А. және Марбек Т. [7] еңбектерінде ақпараттық қауіпсіздіктің маңызы мен жекелеген кәсіпорындар деңгейінде туындайтын

қатерлерге талдау жасалады. Авторлар «әлеуметтік инженерия» түріндегі шабуылдардың көбеюіне, қызметкерлердің қауіп-қатерлер жайлы сауаттылығының жеткіліксіздігіне және жүйелі оқыту жұмыстарының кемшін екеніне назар аударады. Мұндай жағдайда қауіпсіздік саясатын қалыптастыру мәселесі персоналды оқытып, ақпараттық қорғанысты нығайту шараларымен тоғысады.

Техникалық тұрғыдан алғанда, желілік ортада ақпаратты қорғау әдістері Шаньгин В. Ф. [8] монографиясында қарастырылған. Криптография, бұзуларды анықтау жүйелері, тұтастықты қамтамасыз ету және рұқсаттарды шектеу секілді құралдар сипатталады. Автор ақпараттық қауіпсіздікті кешенді түрде жүзеге асыру үшін техникалық және әкімшілік шараларды үндестіріп, тұрақты мониторинг пен аудит жасау қажеттігін айтады. Бұл деректер кез келген қауіпсіздік саясатына техникалық негіздерді үйлестірудің өзекті екенін көрсетеді. Али Р. Ф. [9] еңбегінде ақпараттық қауіпсіздік саясатына сәйкестік және мінез-құлықтық ерекшеліктер талқыланады. Ғалым ұйымдарда қауіпсіздік шараларының тиімділігі персоналдың бейілділігі мен сауаттылығына тәуелді екенін дәлелдейді. Қызметкерлердің тәртібін өзгерту, оқыту және мотивация принциптерін енгізу қажеттігі адамға негізделген факторларды компанияның АҚ стратегиясына қосу маңыздылығын көрсетеді. Разикин К. және Соэвито Б. [10] ұйым ішіндегі қауіпсіздік жүйесін қалыптастыру үшін тәуекелдерді талдауға негізделген шешім қабылдау үлгісін ұсынады. Авторлардың айтуынша, қолданыстағы құралдар болғанымен, көптеген ұйымдар адами факторды жете бағаламайды және саяси ережелерді орындауды қолдауға бағытталған оқыту мен ынталандыру шаралары жеткілікті деңгейде қолданылмайды.

Жүргізілген талдау ақпараттық қауіпсіздіктің күрделі, көпқырлы сипатқа ие екенін растайды: АҚ тек технологиялық немесе құқықтық қырлармен шектелмей, сонымен бірге ұйымдастырушылық, экономикалық және адами факторларға да тәуелді. Тиімділікті бағалауға арналған әдістеменің біртұтас әрі дәл болуы маңызды. Көптеген зерттеулер тәуекелдер, шығындар және пайда арақатынасын салыстыруға мүмкіндік беретін анағұрлым формалды, көпкритерийлі үлгілерді құрастыру үрдісін көрсетіп отыр.

Материалдар мен әдістер. *Талдау әдістері:*

- таңдалған әдебиеттердің контент-талдауы;

- ақ тиімділігін бағалаудың түрлі әдістемелерін салыстырмалы талдау (сапалық және сандық, тәуекелге негізделген және бақылауға негізделген);

- ақ саласында шешім қабылдауға ықпал ететін факторларды жүйелеу (техникалық, құқықтық, ұйымдастырушылық, адами, экономикалық);

- критерийлер жиынтығына (тәуекелдер, шығындар, процестің жетілу деңгейі, адам факторы) негізделген кешенді бағалау моделін ұсынудың кешенді тәсілі.

Нәтижелер мен талқылау. Зерттеу барысында ұйымдардың цифрлық трансформация жағдайындағы ақпараттық қауіпсіздік саясатының тиімділігін бағалауға арналған әдістемелік амалдарға салыстырмалы талдау жасалды.

Нәтижелер көрсеткендей, әдісті таңдау бірнеше факторға байланысты: ұйымның АҚ саласындағы жетілу деңгейі, салалық ерекшелігі, қолжетімді ресурстары және құқықтық талаптары. ISO/IEC 27001, COBIT, NIST сияқты стандарттар, OCTAVE, FMEA сияқты сандық тәуекелдерді бағалау тәсілдері, SCORING және сараптамалық сауалнама үлгілерін қамтитын қауіпсіздікті басқару модельдері зерттелді. Әр әдістің артықшылықтары да, шектеулері де бар. Мәселен, халықаралық стандарттар кешенді қамту деңгейін қамтамасыз етіп, нормативтік талаптармен үйлеседі, бірақ тиімділікті нақты есептейтін егжей-тегжейлі алгоритмдер әрдайым берілмейді. Ал сандық әдістер объективті бағалауға қолайлы, дегенмен оларға дәл мәлімет пен білікті мамандар қажет (1 кесте) [11].

1 кестеде жүргізілген талдау бірыңғай мінсіз әдістің жоқ екенін көрсетеді. Тәуекелдерді сандық бағалау қажет болғанда OCTAVE, FMEA, AI/ML қолданылады. IT Governance құрылымына интеграция жасау көзделген жағдайда ISO/IEC 27001 немесе COBIT тартымды болып келеді. ISO/IEC 27001 Annex A бөлімінде бірқатар бақы-

лау шаралары қарастырылған, бірақ тәуекелдерді бағалаудың егжей-тегжейлі алгоритмі берілмеген. COBIT - IT Governance бойынша жалпы база, соның ішінде АҚ аспектілерін қамтиды. OCTAVE (CERT әзірлеген) – активтерді, қатерлерді және осалдықтарды талдап, басымдықты айқындауды ұсынады. FMEA бастапқыда инженерлік ақауларды болдырмау үшін қолданылған, кейін IT саласына бейімделген [12]. NIST– АҚШ және басқа елдерде кең тараған жүйе, Identify, Protect, Detect, Respond, Recover функцияларын қамтиды. ML/AI негізіндегі шешімдер үлкен деректерге сүйеніп, аномалияларды анықтауда қолданылады, бірақ басқару практикасында әлі де қалыптасу үстінде. SCORING – ұйымдардың ішкі процедураларына бағытталып, адами факторды ескеретін үлгілер тобы. Сараптамалық сауалнамалар – бастапқы кезеңде пайдалы, бірақ формалды оңтайландыруға келмейді. Кейбір ұйымдар техникалық және ұйымдастырушылық қырларды қамту үшін бірнеше әдісті үйлестіруді жөн санайды [13].

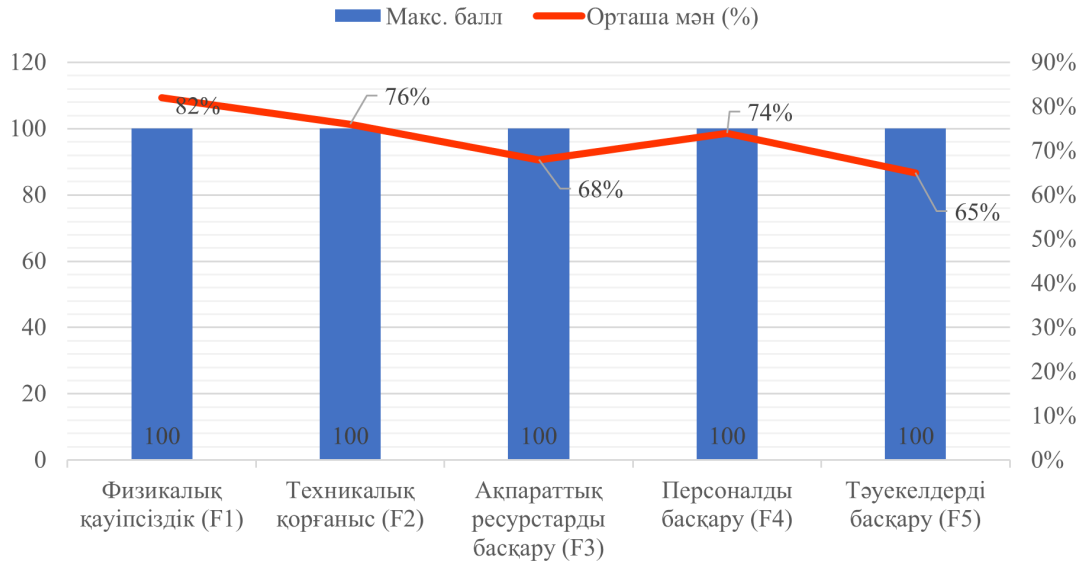
Ұйымдардың ақпараттық қауіпсіздік саясатының тиімділігін талдау бес негізгі сала бойынша жүргізілді:

- физикалық қауіпсіздік;
- техникалық қорғаныс;
- ақпараттық ресурстарды басқару;
- персоналды басқару;
- тәуекелдерді басқару. 1-суретте әр сала бойынша бағалау көрсеткіштері берілген.

1 - кесте. Ақпараттық қауіпсіздік саясатының тиімділігін бағалауға арналған әдістемелік амалдарды салыстырмалы талдау

Тәсіл	Бағалау түрі (сапалық/ сандық)	Басымдық (тәуекел / бақылау)	Метрикалар немесе KPI	Артықшылықтары	Шектеулері
1. ISO/IEC 27001	Сапалық / ішінара сандық	Теңгерімді (тәуекел +бақылау)	Жалпы: инцидент саны, сәйкестік пайызы %	Халықаралық ауқым, жүйелік қамту	Нақты өлшемдерді таңдаудың ресми алгоритмін қамтамасыз етпейді
2. COBIT	Сапалық / жетілу деңгейі үлгісі	Бақылау + процестер	Жетілудің деңгейлері	IT-басқаруды кеңінен қамтиды	Негізгі фокус тек АҚ-те емес
3. OCTAVE	Жартылай сандық	Тәуекелге бағытталған	Тәуекелдердің сандық индексі	Тәуекелді талдаудың егжей-тегжейлі сипаттамасы	Шағын ұйымдар үшін тым күрделі болуы мүмкін
4. FMEA	Сандық	Тәуекелге негізделген	RPN (Risk Priority Number)	Сандық көрсеткіштер нақты анықталады	Ақаулар ықтималдығын сипаттайтын деректердің толық болуы шарт
5. NIST Cyber-security Framework	Сапалық / жетілу шкалалары	Тәуекел + бақылау	Категориялар мен жетілу деңгейлері	Әмбебап үлгі, оны бейімдеу жеңіл	Жергілікті нормалармен сәйкес келмеуі мүмкін
6. ML/AI-based әдістер	Сандық / зияткерлік талдау	Тәуекел, аномалиялар	Аномалия белсенділігінің көрсеткіштері	Жаңа қатерлерге икемді икемделу	Деректер жиыны сапалы болуын талап етеді, әзірлеу күрделі

7. SCORING (авторлық әдістер)	Әртүрлі метрикалар	Бақылау + тәуекел	Персоналдың тәртібін бағалау	Адами аспектіні қамтиды	Жалпыға ортақ есептеу стандарты жоқ, әр компанияға бейімдеу қажет
8. Сараптамалық сауалнама	Сапалық	Шартты (модельсіз)	Балдық бағалау	Қолдануға оңай	Субъективтілігі жоғары, басымдықты нақты бөлетін құралдар шектеулі



1 - сурет. Ақпараттық қауіпсіздік саясатының тиімділігін бағалау

1 - суретте ақпараттық қауіпсіздіктің бес негізгі бағытының салыстырмалы талдауының нәтижелері көрсетілген. Физикалық және техникалық қауіпсіздіктегі жоғары көрсеткіштер инфрақұрылымды қорғауды қамтамасыз етудегі жүйелі тәсілді көрсетеді, бірақ ақпараттық ресурстар мен тәуекелдерді басқарудағы әлсіз көрсеткіштер ерекше назар аударуды қажет етеді [14].

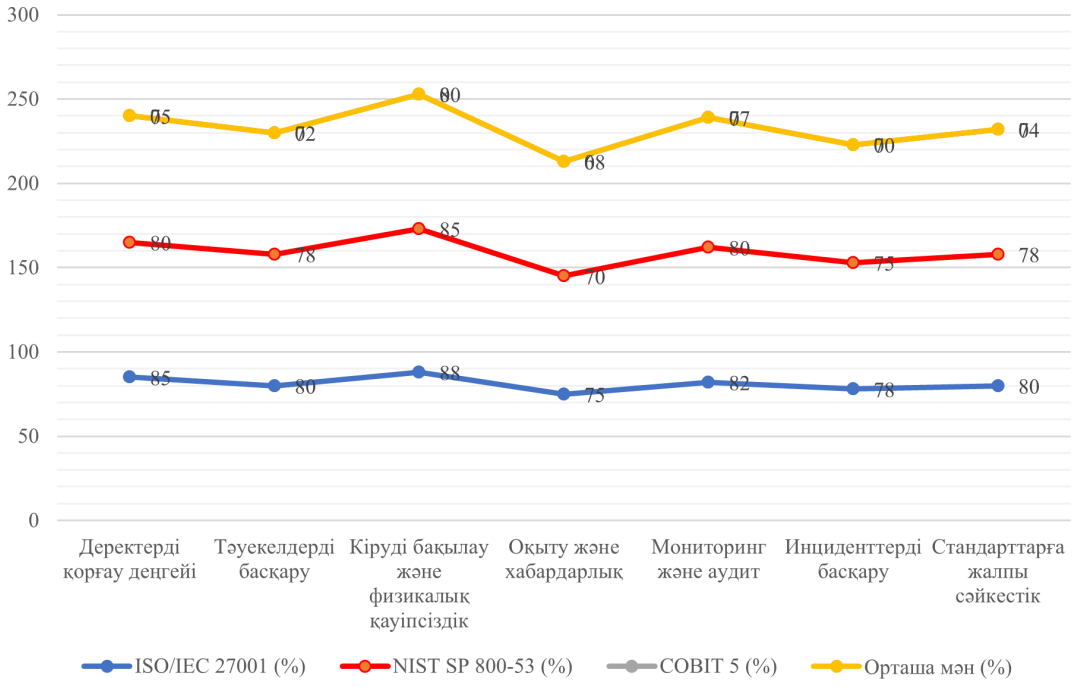
2 - кесте. Ақпараттық қауіпсіздік саясатының тиімділігіне әсер ететін негізгі факторлар

Фактор	Сипаттамасы	Метрика мысалы	Ықпал деңгейі	Ресурстар	Ұсыныстар
1.Технологиялық инфрақұрылым	Заманауи қорғаныс жүйелерін, антивирустарды, брандмауэрлерді, IDS/IPS пайдалануы	Негізгі IT-сегменттерді қамту пайызы	Жоғары	Лицензиялар, жабдық	Инфрақұрылымды жаңарту, аудит жүргізу
2. Құқықтық реттеу	Заңнамалық, салалық регламенттерді сақтауы	Бұзушылықтар / айыппұлдар саны	Жоғары	Заң бөлімі	Комплаенс бөлімін құру, нормативтерді қадағалау

3. Персонал мәдениеті	Хабардарлық, тәртіп, АҚ саясатын орындаудағы ынтасы	Оқыту деңгейі (сауалнамалар)	Маңызды	Тренинг, HR	Тұрақты оқыту, марапаттау, тестілеу
4. Басқарушылық қолдау	Басшылықтың қатысуы, бюджет бөлу, басымдық беру	Жылдық қаржыландыру көлемі	Маңызды	Менеджмент, қаржы	Қажетті ресурстарды жеткілікті бөлу, KPI енгізу
5. Тәуекел-менеджмент	Тәуекелдерді анықтау, бағалау және өңдеу жүйесі	Кешіктірілген тәуекелдер саны, Risk Level	Жоғары	АҚ мамандары, жобалар	Тәуекелдерді тұрақты қайта бағалау, автоматтандыру
6. Ұйымдастырушылық құрылым	Рөлдер, жауапты тұлғалар және өкілеттіктердің айқын бөлінуі	Ұйымдық жетілу индексі (maturity)	Орташа	Ұйым сызбасы, регламенттер	Регламенттерді жаңарту, жауапты тұлғаларды тағайындау
7. Қаржы-экономикалық факторлар	Қорғаныс шараларының құны, жобалардың ROI, тәуекел мен пайданы салыстыру	ИБ жобаларының ROI, TCO	Жоғары	Қаржы бөлімі	Шығындарды оңтайландыру, басымдықтарды нақты көрсеткіштер бойынша түзу

2 - кестеде ақпараттық қауіпсіздік саясатының табыстылығының негізгі драйверлері адам факторы мен басқаруды қолдау болып табылатынын көрсетеді, онсыз ешқандай техникалық шаралар жеткілікті тиімді болмайды. Бұдан басқа, құқықтық реттеу және тәуекелдерді басқару нақты қорғау әдістерін таңдау үшін «негіздерді» белгілейді.

Ақпараттық қауіпсіздікті бағалау бойынша заманауи зерттеулерде ISO/IEC 27001, NIST SP 800-53 және COBIT 5 сияқты халықаралық стандарттар кеңінен қолданылады. Салыстырмалы талдауды көрсету үшін келесі диаграмма құрастырылды (2-сурет).



2 - сурет. Ақпараттық қауіпсіздік стандарттарын енгізуді салыстырмалы талдау

2 суреттегі зерттеу ISO/IEC 27001 және NIST SP 800-53 көптеген көрсеткіштер бойынша COBIT 5-пен салыстырғанда жоғары орындау жылдамдығын көрсететінін көрсетеді. Деректерді қорғау метрикасының орташа мәні 80% құрайды, бұл ұйымдарда техникалық шаралардың сенімді орындалуын көрсетеді. Дегенмен, тәуекелдер мен оқиғаларды басқару мәселелері өзекті болып қала береді, бұл әдістерді қосымша оңтайландыруды және бейімдеуді талап етеді.

Салыстырмалы талдау ISO/IEC 27001 және NIST SP 800-53 сияқты халықаралық стандарттарды қолдану COBIT 5-пен салыстырғанда техникалық шараларды жүзеге асырудың жоғары деңгейіне ықпал ететінін көрсетеді. Дегенмен, әмбебап стандарттар жергілікті жағдайларға бейімделуді талап етеді, бұл «Стандарттарға жалпы сәйкестік» санатындағы төмен баллдармен расталады (77,3%). Бұл жекелеген ұйымдардың ерекшеліктері мен аймақтық сипаттамалар аясында стандарттарды одан әрі бейімдеу және түсіндіру қажеттілігін көрсетеді [15].

Интеграциялық амал. Жинақталған деректер тиімділікті арттыру үшін бірнеше құралды ұштастыруды маңызды санайды: тәуекелдерді сандық бағалау (OCTAVE, FMEA), халықаралық стандарттарды орындау (ISO/IEC 27001, NIST) және ұйымдастырушылық-басқарушылық шараларды енгізу (оқыту, мотивация, бірыңғай регламенттер).

Икемділік. Цифрландыру қарқынының жеделдеуі жаңа технологиялар (машиналық оқыту), шабуыл түрлері (фишинг, ботнет, жасырын майнерлер) және заңнамалық өзгерістерді назарға алатын бейімделгіш саясатты талап етеді.

Адам факторы. Персоналдың қауіпсіздік талаптарына сәйкес іс-әрекеті маңызды орын иеленеді. Қызметкерлердің білім деңгейі жеткіліксіз болса, ең заманауи техникалық құралдың өзі толық тиімділікке жеткізбейді.

Экономикалық қыр. Қорғаныс шараларын іске асыру шығындармен байланысты, ал басшылық тәуекел мен бюджет арасында тепе-теңдік ұстанады. Саясаттың пайдалылығын өлшеу үшін ROI, TCO сияқты көрсеткіштер қолданылады.

Осылайша, талдау нәтижелері әдістемелік тәсілдер әрқайсысының тиімді жақтарын біріктіре отырып, кешенді түрде қолданылуы керектігін және ұйымдардың өздері ұйымдастырушылық, экономикалық және адами аспектілерді ескеруі қажет екенін растайды. Бұл тәуекелдерді формальды талдау, стандарттарға сәйкестік және адам факторлары мен экономикалық шектеулердің мониторингі нәтижелерін біріктіретін жүйелі бағалаудың маңыздылығын көрсетеді.

Қорытынды. Зерттеу негіздеріне сүйене отырып, жылдам цифрландыру жағдайында ұйымның ақпараттық қауіпсіздік саясатының тиімділігі технологиялық, құқықтық, ұйымдастырушылық және экономикалық факторлардың жиынтығымен анықталады деген қорытындыға келуге болады.

Тәуекелдерді формальды талдауды (OCTAVE, FMEA), халықаралық стандарттарды (ISO/IEC 27001, NIST), ұйымдастыру шараларын (персоналды оқыту, заң талаптарын сақтау) және экономикалық есептеулерді (ROI, TCO) қамтитын пәнаралық тәсілді қолдану қауіпсіздік саясатының тиімділігін айтарлықтай арттыруы мүмкін. Басқарудың белсенділігі, қызметкерлер арасындағы ақпараттық қауіпсіздік мәдениеті және тез өзгеретін қауіптерге бейімделу сияқты аспектілер ерекше маңызды болып табылады.

Ақпараттық қауіпсіздік саясатының тиімділігіне әсер ететін негізгі факторларға басшылықты қолдау, қызметкерлерді тарту, тәуекелдерді басқару жүйесінің жетілуі, нормативтік талаптарға сәйкестік деңгейі және қорғау шараларының экономикалық орындылығы екені анықталды. Зерттеу сонымен қатар динамикалық өзгеретін киберқауіпті ортада ақпараттық қауіпсіздік саясаты икемді және бейімделгіш болуы керек екенін көрсетті. Тәуекелдердің тұрақты мониторингі, болжамды аналитикалық құралдарды пайдалану және жасанды интеллектті қауіпсіздік процестеріне біріктіру ұйымның қауіпсіздік деңгейін арттыруы мүмкін. Ақпараттық қауіпсіздікті басқарудың қолданыстағы үлгілерін талдау барысында формальды стандарттарды, сандық және сапалық бағалау әдістерін, сондай-ақ адам факторын басқаруды біріктіретін

интеграцияланған тәсілдерді қолданатын ұйымдар ең табысты ұйымдар екені анықталды.

Осылайша, деректерге сүйене отырып, келесі ұсыныстарды жасауға болады:

- кадр әлеуетін күшейту: ақпараттық қауіпсіздік саласы бойынша мамандарды тұрақты түрде оқыту, біліктілігін арттыру, ұйым ішінде жауапкершілік мәдениетін қалыптастыру;

- формалды әдістерді біріктіру: NIST, ISO/IEC 27001 сияқты жүйелерді AI/ML құралдарымен ұштастыру, тәуекелдер мен бақылау көрсеткіштерін көпкритерийлі модельдер арқылы салыстыру;

- ұйымдастырушылық қолдау: жауапты құрылымдар мен өкілетті тұлғаларды айқындау, ішкі регламенттер әзірлеу, аудит пен мониторинг процестерін жиі жүргізу;

- экономикалық тиімділік: енгізілетін қорғаныс шараларының шығыны мен пайдасын салыстыру, ROI, TCO әдістерін қолдану, ресурстарды оңтайлы бөлу. Зерттеу нәтижелері ақпараттық қауіпсіздік саясатының тиімділігі формалды стандарттарды, тәуекел-менеджментті, басқару мәдениетін, заңды жауапкершілікті және экономикалық орындылықты қамтитын кешенді амал арқылы қамтамасыз етілетінін көрсетті. Цифрлық кеңістіктегі қатерлердің күшеюі ұйымдарды қауіпсіздік жүйелерін икемді түрде жетілдіруге жетелейді, бұл әлеуетті оқиғаларға төзімділікті арттыруға жол ашады.

Әдебиеттер

1. Cabrera J.S., Reyes A.R.L., Lasco C.A. Multicriteria Decision Analysis on Information Security Policy: A Prioritization Approach // Advanced Technologies and Innovation. – 2021. -Vol.6(1).- P.31-38. DOI 10.46604/aiti.2021.5476.

2. Сиротский А.А., Резниченко С.А. Формализованная модель аудита информационной безопасности организации на предмет соответствия требованиям стандартов // Безопасность информационных технологий.-2021.-Т.28(3).- С.103-117. DOI 10.26583/bit.2021.3.09.

3. Байкенов Б.С., Оразалиева С.К. Ақпарат қауіпсіздігі мен қорғаныс қызметін ұйымдастыру және басқару: оқу құралы. - Алматы: АЭжБУ, 2014. - 68 б. ISBN 6978-601-7327-50-7.

4. Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрінің «Қазақстан Республикасының Ұлттық қауіпсіздік стратегиясын әзірлеу, мониторингтеу, іске асыру, бағалау және бақылау жүргізу әдістемесін бекіту туралы» 2021 жылғы 1 қыркүйектегі № 82 бұйрығы. URL: - Жүгінген күні: 09.01.2024.

5. Costa I., Guarda T. Information System Security Risk Priority Number: A New Method for Evaluating and Prioritization Security Risk in Information System Applying FMEA //Proceedings of International Conference on Information Technology and Applications: ICITA 2021. – Singapore : Springer Nature Singapore, 2022.-P.561-572. DOI 10.1007/978-981-16-7618- 5-49

6. Полякова Т. А., Минбалеев А. В., Бойченко И. С. Проблемы правового обеспечения в информационной безопасности в процессе использования цифровых технологий в глобальной цифровой среде// Вестник Академии права и управления. - 2018. - №.3 (52). – С.32-36.

7. Мейрамбек Ә., Думанқызы Ж., Жұман А., Марбек, Т. (2024). Ақпараттық қауіпсіздіктің маңызы // Proceedings of the15thInternational Scientific and Practical Conference «Scientific Horizon in the Context of Social Crises» (April 26-28, 2024). Tokyo, Japan- Б.462–468 DOI 10.3390/app1108333

8. Шаньгин, В. Ф. Информационная безопасность. – Москва: ДМК Пресс, 2014. – 702 с. – ISBN 978-5-94074-768-0.

9. Ali R. F., Dominic P. D. D., Ali S. E. A., Rehman M., Sohail, A. Information Security Behavior and Information Security Policy Compliance: A Systematic Literature Review for Identifying the

Transformation Process from Noncompliance to Compliance // Applied Sciences. - 2021. - Vol.11:3383. DOI 10.3390/app11083383

10. Razikin K., Soewito B. Cybersecurity decision support model to designing information technology security system based on risk analysis and cybersecurity framework //Egyptian Informatics Journal. -2022.- Vol.23(3). - P.383-404. DOI 10.1016/j.eij.2022.03.001

11. Diéguez, M.; Bustos, J.; Cares, C. Mapping the variations for implementing information security controls to their operational research solutions//Inf. Syst.-Bus. Manage.- 2020.-Vol.18.-P.157-186. DOI 10.1007/s10257-020-00470-8

12. Камалов Б. Р., Тумбинская М. В. Программное обеспечение для обнаружения «скрытых майнеров» в браузерной среде // Прикладная информатика.- 2023.-Т.18(1).- С.96-110. DOI 10.37791/2687-0649-2023-18-1-96-110

13. Мусабаев Р., Касымжанов Б., Калиева Г., Ибраева, В. Разработка информационных технологий и систем для стимулирования устойчивого развития личности как одна из основ развития Цифрового Казахстана//Проблемы оптимизации сложных систем.– 2018. - С.39-46.

14. Aldoseri A., Al-Khalifa K. N., Hamouda A. M. Methodological approach to assessing the current state of organizations for AI-Based digital transformation //Applied System Innovation. -2024.- Vol.7(1). - P.14. DOI 10.3390/asi7010014

15. Козырь Н. С., Оганесян Л. Л. Экономические аспекты информационной безопасности: учебник и практикум для вузов. – Москва: Издательство Юрайт, 2025. - 131 с. ISBN 978-5-534-17863-0 https://urait.ru .- Дата обращения:13.01.2025.

References

1. Cabrera J.S., Reyes A.R.L., Lasco C.A. Multicriteria Decision Analysis on Information Security Policy: A Prioritization Approach // Advanced Technologies and Innovation. – 2021. -Vol.6(1).- P.31-38. DOI 10.46604/aiti.2021.5476.

2. Sirotskij A.A., Reznichenko S.A. Formalizovannaja model' audita informacionnoj bezopasnosti organizacii na predmet sootvetstvija trebovanijam standartov // Bezopasnost' informacionnyh tehnologij.- 2021.-T.28(3).- S.103-117. DOI 10.26583/bit.2021.3.09.[in Russian]

3. Bajkenov B.S., Orazalieva S.K. Ақparat қauipsizdigi men қorғanys қyzmetin ұjymdastyru zhәne basқaru: oқu құraly. - Almaty: AJezhBU, 2014. - 68 b. ISBN 6978-601-7327-50-7.[in Kazakh]

4. Қazaқstan Respublikasy Ұlttyқ jekonomika ministrinің «Қazaқstan Respublikasynyң Ұlttyқ қauipsizdik strategijasyn әzirleu, monitoringteu, iske asyru, baғalau zhәne baқylau zhүrgizu әdistemesin bekitu turaly» 2021 zhylғy 1 қyrkүjektegi № 82 bұjryғy. URL: https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2100024227 - Zhүgingen kүni: 09.01.2024. [in Kazakh]

5. Costa I., Guarda T. Information System Security Risk Priority Number: A New Method for Evaluating and Prioritization Security Risk in Information System Applying FMEA //Proceedings of International Conference on Information Technology and Applications: ICITA 2021. – Singapore : Springer Nature Singapore, 2022.-P.561-572. DOI 10.1007/978-981-16-7618- 5-49

6. Poljakova T. A., Minbaleev A. V., Bojchenko I. S. Problemy pravovogo obespechenija v informacionnoj bezopasnosti v processe ispol' zovanija cifrovyh tehnologij v global' noj cifrovoj srede// Vestnik Akademii prava i upravlenija. - 2018. - №.3 (52). – S.32-36. [in Russian]

7. Mejrambek Ә., Dumanқyzy Zh., Zhұman A., Marbek, T. (2024). Aқparattyқ қauipsizdiktің maңyzy // Proceedings of the15thInternational Scientific and Practical Conference «Scientific Horizon in the Context

of Social Crises» (April 26-28, 2024). Tokyo, Japan- B.462–468 DOI 10.51582/interconf.2024.198/[in Kazakh]

8. Shan' gin, V. F. Informacionnaja bezopasnost'. – Moskva: DMK Press, 2014. – 702 c. – ISBN 978-5-94074-768-0. [in Russian]

9. Ali R. F., Dominic P. D. D., Ali S. E. A., Rehman M., Sohail, A. Information Security Behavior and Information Security Policy Compliance: A Systematic Literature Review for Identifying the Transformation Process from Noncompliance to Compliance // Applied Sciences. - 2021. - Vol.11:3383. DOI 10.3390/app11083383

10. Razikin K., Soewito B. Cybersecurity decision support model to designing information technology security system based on risk analysis and cybersecurity framework //Egyptian Informatics Journal. -2022.- Vol.23(3). - P.383-404.

11. Diéguez, M.; Bustos, J.; Cares, C. Mapping the variations for implementing information security controls to their operational research solutions//Inf. Syst.-Bus. Manage.- 2020.-Vol.18.-P.157-186. DOI 10.1007/s10257-020-00470-8

12. Kamalov B. R., Tumbinskaja M. V. Programmnoe obespechenie dlja obnaruzhenija «skrytyh majnerov» v brauzernoj srede // Prikladnaja informatika.- 2023.-T.18(1).- S.96-110. DOI 10.37791/2687-0649-2023-18-1-96-110. [in Russian]

13. Musabaev R., Kasymzhanov B., Kalieva G., Ibraeva, V. Razrabotka informacionnyh tehnologij i sistem dlja stimulirovanija ustojchivogo razvitija lichnosti kak odna iz osnov razvitija Cifrovogo Kazahstana // Problemy optimizacii slozhnyh sistem.-2018. - S.39-46. [in Russian]

14. Aldoseri A., Al-Khalifa K. N., Hamouda A. M. Methodological approach to assessing the current state of organizations for AI-Based digital transformation //Applied System Innovation. -2024.- Vol.7(1). - P.14. DOI 10.3390/asi7010014

15. Kozyr' N. S., Oganesjan L. L. Jekonomicheskie aspekty informacionnoj bezopasnosti: uchebnik i praktikum dlja vuzov. – Moskva: Izdatel' stvo Jurajt, 2025. - 131 s. ISBN 978-5-534-17863-0 https://urait.ru - Data obrashhenija:13.01.2025. [in Russian]

Авторлар туралы мәліметтер

Ихсанова Б.Т.- «Ақпараттық технологиялар» факультетінің магистранты, «Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті» КЕ АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: botagozikhsanova@gmail.com;

Бөрібаев Б. – доцент, Т.Ғ.К., «Ақпараттық технологиялар» факультетінің профессорының м.а., «Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті» КЕ АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: b.buribaev@gmail.com;

Сериккажина М. С. - «Ақпараттық технологиялар» факультетінің магистранты, «Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті» КЕ АҚ, Алматы ,Қазақстан, e-mail: maigulserikkazhina@mail.ru

Information about the authors

Ikhsanova B. Y. - Master' s student of the Faculty of Information Technologies, NJSC «Al-Farabi Kazakh National university», Almaty, Kazakhstan, e-mail: botagozikhsanova@gmail.com;

Buribayev B. - Associate Professor, PhD in Technical Sciences, Acting Professor at the Faculty of Information Technology, NJSC «Al-Farabi Kazakh National university», Almaty, Kazakhstan, e-mail: b.buribaev@gmail.com;

Serikkazhina M. S. - Master' s student of the Faculty of Information Technologies, NJSC «Al-Farabi Kazakh National university», Almaty, Kazakhstan, e-mail: maigulserikkazhina@mail.ru

МРНТИ 49.33.29; 28.23.37 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-710**

SINGLE ANCHOR NODE POSITIONING METHOD USING ANTENNA ARRAY AND MACHINE LEARNING

B.N. Zholamanov✉, M.K. Nurgaliyev, A.B. Bolatbek, K.T. Kopbay, D.A. Kozhabek

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

✉Корреспондент-автор: zholamanov.batyrbek@kaznu.kz

Positioning is a fundamental process in wireless sensor networks (WSNs) and Internet of Things (IoT) systems to accurately track the location of nodes. This study presents a cost-effective and scalable single-anchor node positioning system integrating ZigBee technology, directional antennas, and machine learning (ML). The system utilizes a custom-designed directional antenna array and machine learning algorithms to process Received Signal Strength Indicator (RSSI) data, achieving precise localization with minimal hardware requirements. Experimental results confirm the superiority of the antenna array, demonstrating a maximum gain of 10 dBi and enhanced signal reception compared to monopole and single-patch antennas. The XGBoost model achieved high accuracy, with R^2 values of 97.76% on training and 90.95% on test data.

Keywords: Wireless Sensor Networks, ZigBee technology, node positioning, RSSI, directional antenna, machine learning.

АНТЕННА МАССИВІ МЕН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ БІР ЯКОРЛЫ ТҮЙІНГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ПОЗИЦИЯЛАУ ӘДІСІ

Б.Н. Жоламанов✉, М.К. Нұрғалиев, А.Б. Болатбек, Қ.Т. Көпбай, Д.А. Қожабек

әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан,
e-mail: zholamanov.batyrbek@kaznu.kz

Позициялау - сымсыз сенсорлық желілердегі (WSN) және IoT жүйелеріндегі түйіндердің орналасуын дәл бақылау үшін негізгі процесс болып табылады. Зерттеу барысында ZigBee технологиясын, бағытталған антенналарды және машиналық оқытуды (ML) біріктіретін бір якорлық түйінді пайдаланып үнемді және масштабталатын позициялау әдісін ұсынылды. Жүйе ең аз жабдық талаптары үшін дәл орналасуды қамтамасыз ете отырып, арнайы әзірленген антенналық торды және машиналық оқыту алгоритмдерін қабылдайтын сигнал деңгейінің индикаторы (RSSI) деректерін өңдеу үшін пайдаланады. Эксперименттік нәтижелер монопольді және бір патч антенналарымен салыстырғанда, 10 дБи максималды күшейтуді және сигнал қабылдауды жақсартатын антенналық тордың артықшылықтарын растайды. XGBoost моделі оқыту деректерінде 97,76% және тестілеу деректерінде 90,95% R^2 детерминант коэффициенттерімен жоғары дәлдікке қол жеткізді.

Түйін сөздер: сымсыз сенсорлық желілер, ZigBee технологиясы, түйінді позициялау, RSSI, антенналық тор, машиналық оқыту.

МЕТОД ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ОДНОГО ЯКОРНОГО УЗЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

Б.Н. Жоламанов✉, М.К. Нұрғалиев, А.Б. Болатбек, Қ.Т. Көпбай, Д.А. Қожабек

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,
e-mail: zholamanov.batyrbek@kaznu.kz

Позиционирование является основным процессом в беспроводных сенсорных сетях (WSN) и системах Интернета вещей (IoT) для точного отслеживания местоположения узлов. В данном исследовании представлен экономичный и масштабируемый метод позиционирования с использованием

одного якорного узла, который объединяет технологию ZigBee, направленные антенны и машинное обучение (ML). Система использует специально разработанную антенную решетку и алгоритмы машинного обучения для обработки данных индикатора уровня принимаемого сигнала (RSSI), обеспечивая точное позиционирование при минимальных требованиях к оборудованию. Экспериментальные результаты подтверждают преимущества антенной решетки, демонстрируя максимальный коэффициент усиления 10 дБи и улучшенный прием сигнала по сравнению с монопольными и одиночными патч-антеннами. Модель XGBoost достигла высокой точности с коэффициентами детерминации R^2 97,76% на обучающих данных и 90,95% на тестовых данных.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, технология ZigBee, позиционирование узлов, RSSI, антенная решетка, машинное обучение.

Introduction. Wireless Sensor Networks are an integral part of modern applications, including environmental monitoring, disaster management, and the IoT. Accurate node localization is crucial for these applications as it directly affects the relevance and usability of the collected data [1].

In open environments and small-scale deployments, where issues like interference and noise are minimized, traditional methods such as GPS and multi-anchor node systems are widely used [2].

GPS-based localization offers high accuracy and global coverage but is often unsuitable for small-scale deployments due to its cost and energy consumption requirements [3-4]. Continuous operation of the GPS module significantly drains the battery of sensor nodes, which is a critical limitation in WSNs with constrained resources. Additionally, integrating GPS increases the size and complexity of sensor nodes, making it an impractical choice for compact or lightweight designs.

The study [5] investigates 3D indoor positioning in multi-story buildings using Ultra-Wideband (UWB) technology, focusing on the impact of multiple anchors on positioning accuracy and performance improvement. The study [6] examines the impact of multiple anchors in 3D indoor positioning using UWB technology, highlighting the effectiveness of Particle Swarm Optimization (PSO) in reducing Non-Line-of-Sight (NLOS) errors from 33 cm to 10 cm and significantly enhancing system accuracy under NLOS conditions. Multi-anchor node systems, while effective in many cases, present their own challenges. The need for multiple stationary reference nodes increases the cost of equipment and deployment, even for small-scale networks. Moreover, the complexity of communication and data exchange between anchor nodes reduces scalability and performance over time. These systems may also require meticulous maintenance and calibration, which can be challenging in remote or open environments.

An alternative approach involves single-anchor node systems equipped with directional antennas and ML methods. Positioning systems that use single-anchor nodes and directional antennas have been actively studied to reduce hardware costs and simplify deployment compared to traditional multi-anchor systems. Directional antennas are advantageous as they provide angular information critical for position estimation. For instance, Yong Fu et al. proposed a real-time algorithm for WSN using an antenna array to estimate the direction of arrival (DoA) combined with RSSI values [7]. While achieving sub-meter accuracy in controlled environments, the method showed significant sensitivity to multipath interference. Other approaches, like those by Wang et al., employed mechanically rotating directional antennas for angular position calculation. However, these systems introduced latency due to mechanical movements and required precise synchronization, limiting their usability in real-time applications [8]. ML methods have also been employed to improve localization accuracy by identifying complex patterns in signal data. Groth et al. introduced a calibration-free system that used a random forest model with RSSI data to map spatial coordinates [9]. While the system was effective without extensive environmental calibration, it

faced challenges with dynamic RSSI variations. Hybrid systems that combine directional antennas with advanced statistical or ML models aim to address these limitations. For instance, Schmidt et al. developed the SALOS system, which utilizes UWB signals and statistical propagation models to achieve high accuracy even under multipath propagation conditions [10]. However, its reliance on expensive UWB equipment has limited its broader adoption.

Numerous studies have been conducted using ZigBee technology for indoor localization tasks. The paper [11] examines a localization algorithm for a mobile robot in complex indoor environments using a ZigBee wireless network. An improved algorithm based on RSSI and the least squares method reduced the positioning error from 1.59 m to 0.66 m. The paper [12] focuses on the development of an indoor localization system using ZigBee modules and a 3D trilateration algorithm to determine the positions and distances between unknown nodes. To enhance accuracy, a Kalman filter and signal propagation parameter optimization are applied, reducing the average localization error from 0.6389 m to 0.16 m with optimal reader placement at a height of 2.5 m. The paper [13] introduces the MuCHLoc system, which leverages radio frequency fingerprints and multi-channel RSS measurements to improve localization accuracy. The method compensates for RSS instability by utilizing differences in signals across ZigBee channels, improving accuracy by 15% and effectively operating in dynamic environments.

This study introduces a novel single-anchor node localization system that leverages ZigBee technology, directional antennas, and machine learning to address the limitations of traditional multi-anchor setups. By integrating a directional antenna array with machine learning algorithms, the system demonstrates significant improvements in signal reception and localization accuracy. The proposed approach minimizes hardware costs, simplifies deployment, and provides a scalable, energy-efficient alternative for WSN, particularly in resource-constrained environments.

The novelty of the system lies not in the individual use of ZigBee, directional antennas, or machine learning - each of which has been previously investigated - but in the specific combination and implementation of these components in a single-anchor setup. To the best of our knowledge, this is the first study to use a custom-designed four-element patch antenna array with ZigBee modules combined with machine learning to improve localization performance using only a single anchor node. Previous approaches have relied either on multiple anchors, mechanically rotating antennas, or expensive technologies. In contrast, our system offers a practical, low-cost solution that maintains high localization accuracy without the drawbacks of mechanical movement, calibration complexity, or high hardware cost, making it particularly suitable for scalable deployment in industrial, agricultural, or remote settings.

Materials and methods.

2.1 Experimental setup

The experiment was conducted in an open field without any obstacles to minimize the impact of radio wave interference, which occurs due to the superposition of multiple waves. Figure 1 shows the experimental area, demonstrating a flat, unobstructed area free from unwanted factors.



Fig.1- Experimental area.1 - Transmitter module with patch antenna; 2 - Receiver module

To measure RSSI values, the XCTU software was used in conjunction with XBee modules (Figure 1). One module, equipped with a monopole antenna, was connected to a laptop and served as the receiver. The other module, fitted with a directional antenna array, acted as the transmitter. After connecting the two devices via the XCTU interface, signal transmission was configured, and RSSI values received by the antenna array were recorded. The primary goal of the experiment was to measure RSSI at various distances and angular positions relative to the antenna, with the collected data intended for machine learning tasks.

Measurements were taken at distances of 2 m, 5 m, 10 m, 15 m, and 20 m. The angle range varied from −10° to 190° in 10° increments, resulting in a total of 200 angular positions. To ensure the accuracy of the experiment, each angle and distance was fixed with maximum antenna stability.

2.2. Experimental devices. For the experiment, Digi XBee wireless modules were utilized to ensure reliable connectivity and data transmission. XBee modules support various wireless communication standards, including Zigbee, 802.15.4, Wi-Fi, and cellular technologies such as 3G/4G/LTE, making them a versatile solution for a wide range of applications.

These modules are widely used in IoT systems, industrial automation, smart agriculture, home automation, and telemetry. The XBee radio module used in this experiment is depicted in Figure 1, and its key technical specifications are outlined below in table 1.

Table 1 - Technical specifications

Parameter	Specification
Data Rate	250 Kbps for radio signals; up to 1 Mbps for analog signals
Range	Up to 60 m in indoor/urban environments; up to 1200 m in open areas
Transmission Power	+8 dB
Receiver Sensitivity	−103 dB (1% error rate)
Supply Voltage	2.1–3.6 V
Current Consumption	135 mA during transmission (19 dBm); 17 mA during reception

A directional antenna array, consisting of four patch antennas, was chosen for this experiment. The use of such an array was essential because the experiment could not be performed effectively with a monopole antenna, like the one used in the transceiver. Monopole antennas provide omnidirectional radiation, which results in RSSI values that depend solely on the distance between the transmitter and receiver. This characteristic makes it impossible to determine the directional orientation of the transmitter relative to the directional antenna.

To address this limitation, microstrip patch antennas with an air gap were designed, simulated, and subsequently fabricated for use in the array. These antennas were selected for their compact size and compatibility with modern wireless communication systems, including Wi-Fi, mobile networks, and satellite communication.

2.3. Designing a patch antenna using MATLAB antenna toolbox. The shape of a patch antenna can vary widely, taking forms such as square, circular, or rectangular, depending on the design goals and application requirements. For this experiment, the geometric parameters of the patch antenna were determined using the MATLAB Antenna Toolbox.

This tool enables precise optimization of antenna dimensions to achieve the desired performance characteristics. Specifically, the parameters were chosen to minimize the S_{11} parameter, which represents the reflection coefficient and indicates efficient power transfer. Alternatively, formulas (1-5), can also be used to design patch antennas

for specific operational frequencies. The geometric dimensions of the designed patch antenna are presented in Figure 2. The antenna was constructed from three primary components:

- *Conductive Patch:* The patch serves as the radiating element and is typically made of copper due to its high conductivity, although other metals may be used. The geometry of the patch directly affects the operating frequency, enabling customization for specific applications.

- *Dielectric Substrate:* The substrate is located beneath the conductive patch and isolates it from the ground plane. For this design, an *FR-4* fiberglass epoxy laminate with a dielectric constant ε = 4,4 was chosen. This material influences signal propagation speed and impedance.

- *Ground Plane:* The ground plane is positioned on the opposite side of the substrate. It directs the radiated signal, ensuring it propagates in a specific direction. A coaxial feed line is used to provide power to the patch via the ground plane. To ensure compatibility with the XBee module operating under the ZigBee protocol, which spans a wide frequency range with 16 channels spaced 5 MHz apart, the antenna includes an air gap to enhance performance. This design ensures optimal impedance matching and effective radiation across the required frequency bands.

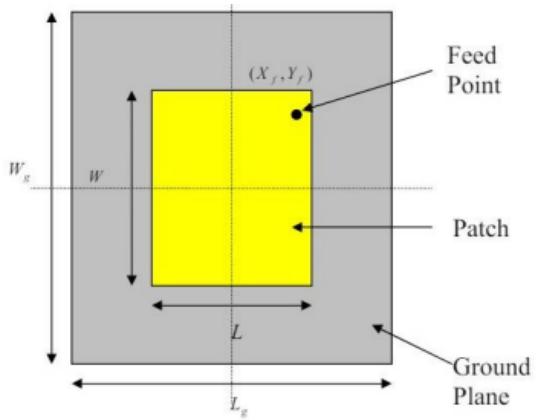


Fig.2 - Geometrical parameters of the patch antenna

The width of the microstrip patch antenna is calculated using Equation (1):

$$W = \frac{c}{2f_0\sqrt{\frac{\varepsilon_r+1}{2}}} \quad (1)$$

where:

- W: Width of the patch;
- c: Speed of light;
- f_0: Operating frequency;
- ε_r: Dielectric constant of the substrate.

To calculate the length, the following intermediate parameters are required:

1. *Effective dielectric constant* (ε_{reff}) is calculated using Equation (2):

$$\varepsilon_{reff} = \frac{\varepsilon_r + 1}{2} + \frac{\varepsilon_r - 1}{2}\left[1 + \frac{12h}{W}\right]^{-\frac{1}{2}} \quad (2)$$

where: h - thickness of the dielectric substrate.

2. *Effective length* (L_{eff}) is determined by Equation (3):

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_0\sqrt{\epsilon_{reff}}} \quad (3)$$

3. *Extension in length* (ΔL) is obtained from Equation (4):

$$\Delta L = 0.412h\frac{(\varepsilon_{reff} + 0.3)(\frac{W}{h} + 0.264)}{(\varepsilon_{reff} - 0.258)(\frac{W}{h} + 0.8)} \quad (4)$$

4. *The actual length* (L) of the patch is computed as:

$$L = L_{eff} - 2\Delta L \quad (5)$$

2.4. Machine learning techniques. After collecting the data, it was processed and analyzed using machine learning techniques like XGBoost, Random Forest, SVM and KNN.

XGBoost is a powerful tool for addressing tasks involving regularized gradient boosting, an effective ensemble learning method designed to improve prediction accuracy [14]. Ensemble methods, such as gradient boosting, combine the outputs of multiple models to produce stable and accurate predictions.

Random Forest is an ensemble machine learning method based on using multiple decision trees for classification or regression. It has high robustness to outliers and overfitting due to the random selection of features and data when constructing trees.

Support Vector Machine is a method that uses a hyperplane to separate classes with the maximum margin between them. SVM is particularly effective for tasks with small datasets and works well with both linearly and non-linearly separable data using kernel functions.

k-Nearest Neighbors (k-NN) is a method that classifies objects based on their proximity to the k nearest neighbors in the feature space. The algorithm is simple to implement but is sensitive to the sample size and the choice of distance metric.

The performance of the model was evaluated using four key metrics: Mean Squared Error, Root Mean Squared Error, Coefficient of Determination and Mean Absolute Error.

Mean Squared Error (MSE): This loss function is used to measure the average squared difference between actual and predicted values, as shown in Equation (6):

$$L\left(y,\hat{y}\right)=\frac{1}{2}\sum_{i=1}^{n}\left(y_i-\hat{y}_i\right)^2 \tag{6}$$

where:

- y_i: Actual value.
- $\hat{y}_i$: Predicted value.
- n: Number of data points.

Root Mean Squared Error (RMSE): This loss function is used to measure the square root of the average squared difference between actual and predicted values, as shown in Equation (7)

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1}\left(y_i-\hat{y}_i\right)^2} \tag{7}$$

where:

- y_i: Actual value.
- $\hat{y}_i$: Predicted value.
- n: Number of data points.

Coefficient of Determination (R^2): This metric evaluates how well the model explains the variance in the target variable. It is expressed as:

$$R^2=1-\frac{SS_{res}}{SS_{tot}} \tag{8}$$

where:

- SS_{res} is the residual sum of squares.
- SS_{tot} is the total sum of squares.

Mean Absolute Error (MAE): This loss function measures the average absolute difference between actual and predicted values, as shown in Equation (9):

$$MAE=\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n-1}\left(|y_i-\hat{y}_i|\right) \tag{9}$$

where:

- y_i: Actual value.
- $\hat{y}_i$: Predicted value.
- n: Number of data points.

Results and Discussion. To improve the gain of a single patch antenna, an antenna array consisting of four patch antennas was assembled, as shown in Figure 3.

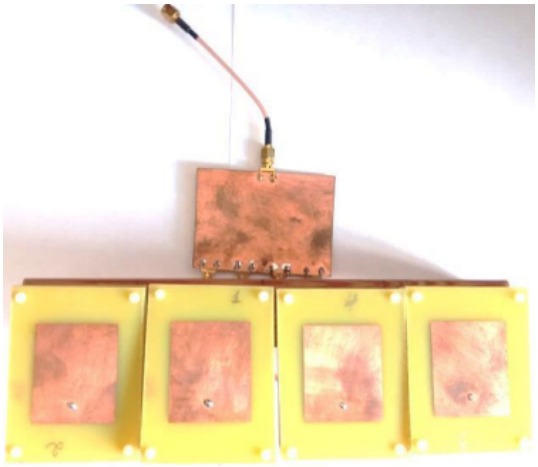


Fig.3 - The appearance of the patch antenna

During initial experiments, it was determined that the gain of a single patch antenna was insufficient, leading to packet loss during transmission and reception between isotropic and directional

antennas. By configuring all antennas in the array to operate in phase, the signals emitted by each antenna constructively interfere in the desired direction, resulting in increased gain. Simultaneously, signals in other directions destructively interfere, reducing unwanted radiation. Achieving proper phase alignment within the array was critical to maximize the gain in the desired direction while minimizing signal strength in other directions. This was accomplished through precise placement and phase delay adjustments for each antenna in the array.

The reflection coefficient (S_{22}) of the antenna array was studied in the frequency range from 2.2 to 2.7 GHz. The Figure 4 shows that the minimum value of the reflection coefficient, equal to approximately -40 dB, is achieved at a frequency of 2.56 GHz, which indicates the best matching of the antenna at this point. At the same time, the reflection coefficient values remain quite low throughout the analyzed frequency range, which makes the antenna suitable.

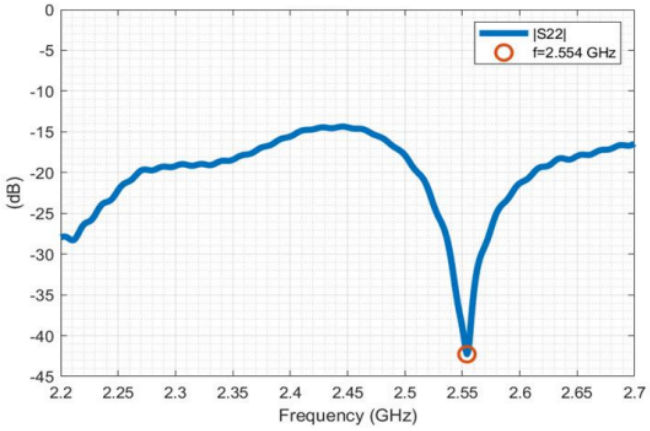


Fig.4 - The reflection coefficient of the antenna array

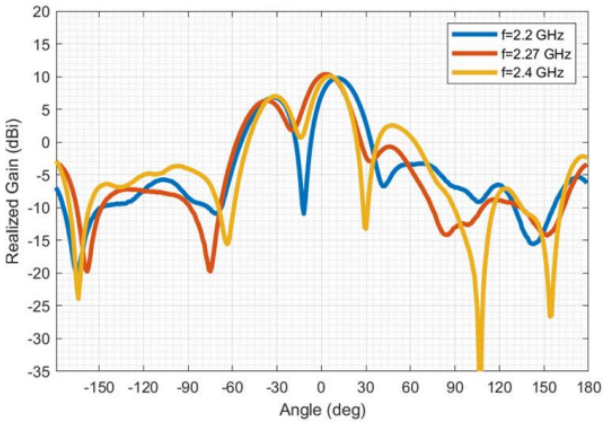


Fig.5 - The radiation patterns of the antenna

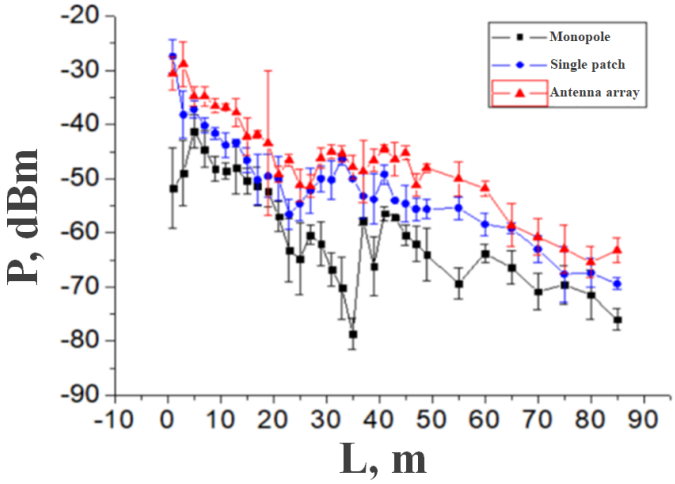


Fig.6 - The dependence of received signal power on distance for three different antennas: monopole antenna, patch antenna, and antenna array, with the same transmission power level of 18 dBm at a frequency of 2.4 GHz

The radiation patterns of the antenna were plotted for three frequencies: 2.2 GHz, 2.27 GHz, and 2.4 GHz. The maximum gain reaches 10 dBi, confirming the good directionality of the antenna. Moreover, the radiation patterns exhibit notable similarity across the different frequencies, indicating the stability of the antenna's directional characteristics within the analyzed range.

The Figure 6 illustrates the variation in received

signal strength (RSSI) as a function of the distance between the transmitter and receiver for three types of antennas: a monopole antenna (black line), a single patch antenna (blue line), and a patch antenna array with four elements (red line). The measurements were conducted with a consistent transmission power level of 18 dBm at a frequency of 2.4 GHz. The antenna array shows the best signal reception levels at all distances, confirming its superiority over the other antenna types. It is also observed that RSSI decreases with increasing distance for all antennas, which aligns with the expected theoretical behavior.

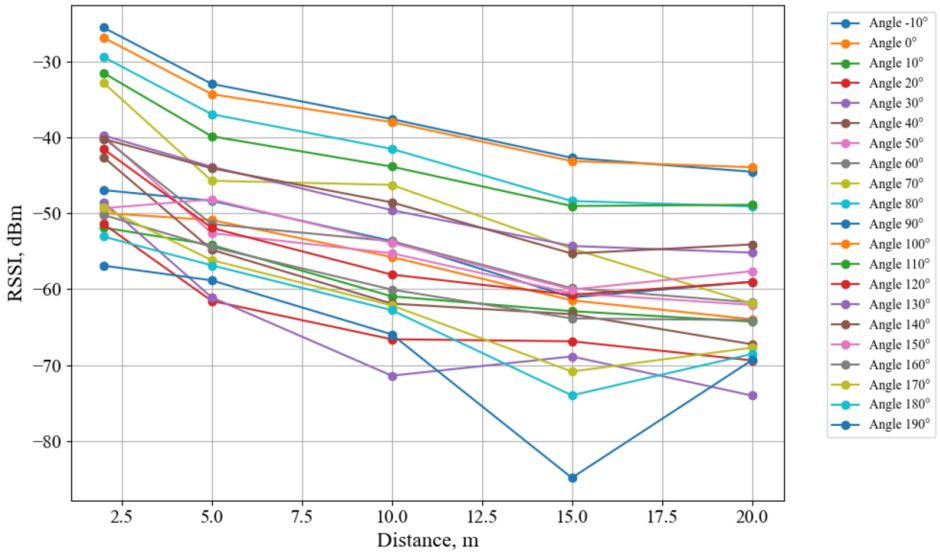


Fig.7 - RSSI dependence on distance for different measurement angles

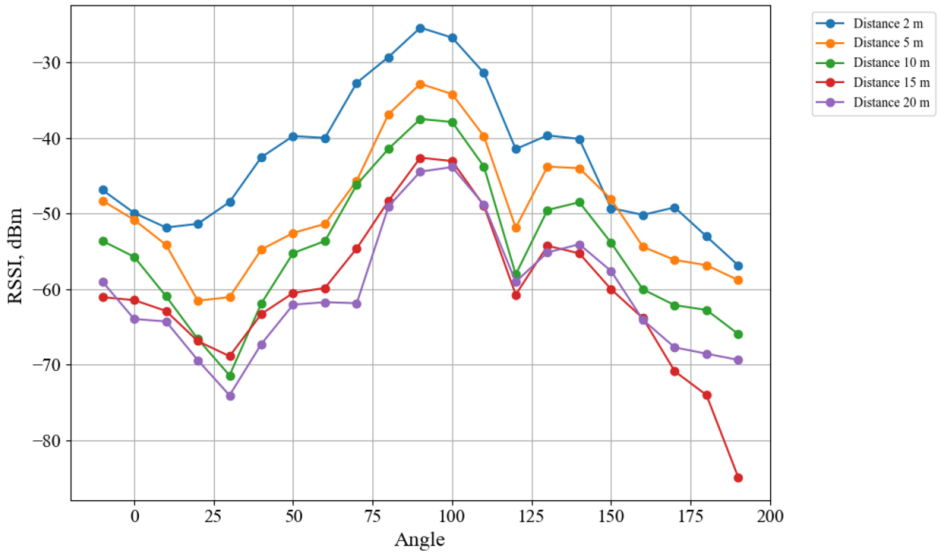


Fig.8 - RSSI dependence on the measurement angle for different distances

Figure 7 and 8 illustrates the variation in RSSI values as a function of both distance and angular position. The graph provides a clear visualization of how the RSSI by the antenna array changes under different experimental conditions.

Distance Effect: As the distance between the

transmitter and the antenna array increases, the RSSI value decreases consistently. This behavior aligns with the fundamental principles of signal attenuation over distance, where the signal strength weakens due to free-space path loss.

Angle Effect: The variation in RSSI across angular positions reflects the directional sensitivity of the antenna array. Constructive interference in the desired direction produces higher RSSI values, while destructive interference in other directions reduces the signal strength.

To enhance the understanding of how the Zigbee node' s position can be accurately determined, machine learning techniques were applied to process and analyze the collected RSSI and distance data. During the experiments, data on RSSI values were collected at various distances and angular positions relative to the antenna array. Normalization of RSSI and distance values was performed to improve the stability of model training and prevent bias due to features with large scales. Then, a comparison of four machine learning algorithms—XGBoost, Random Forest, Support Vector Machine, and K-Nearest Neighbors - was conducted. The dataset was split into training and testing sets. The models' performance was evaluated using the following metrics: MAE, MSE, RMSE, and R^2 Score. The results of model training and testing are presented in Tables 2 and 3, respectively.

Table 2 - Training results

Machine learning algorithms	MAE	MSE	RMSE	R^2 Score
XGBoost	1,0778	2,8780	1,4091	0,9776
Random Forest	1,4786	3,901165	1,9751	0,9656
Support Vector Machine	7,2566	82,3409	9,0741	0,2748
K-Nearest Neighbors	2,7802	15,3381	3,9163	0,8649

Table 3 - Testing results

Machine learning algorithms	MAE	MSE	RMSE	R^2 Score
XGBoost	2,3568	3,9470	2,9994	0,9095
Random Forest	3,1287	14,2804	3,7789	0,9002
Support Vector Machine	9,0774	115,2343	10,734	0,2754
K-Nearest Neighbors	3,2321	17,5434	4,1884	0,8896

An analysis of the results showed that the XGBoost algorithm demonstrated the best performance. It achieved the lowest error values (MAE, MSE, RMSE) and the highest R^2 Score compared to the other models. This indicates its strong generalization ability and high prediction accuracy for this task. Other models, such as Random Forest, SVM, and KNN, also showed competitive results, but their accuracy was lower, especially SVM, which had the worst R^2 Score. Thus, XGBoost is the most preferable choice for predicting RSSI values in this scenario.

The graphs in Figures 9 and 10 show a comparison of the actual and predicted RSSI values for the training and test datasets, confirming the high accuracy of the model in forecasting.

The decrease in RSSI values with increasing distance is a predictable phenomenon, described by the free-space path loss model. However, angular variation introduces additional complexity due to the directional sensitivity of the antenna array, which creates nonlinear dependencies.

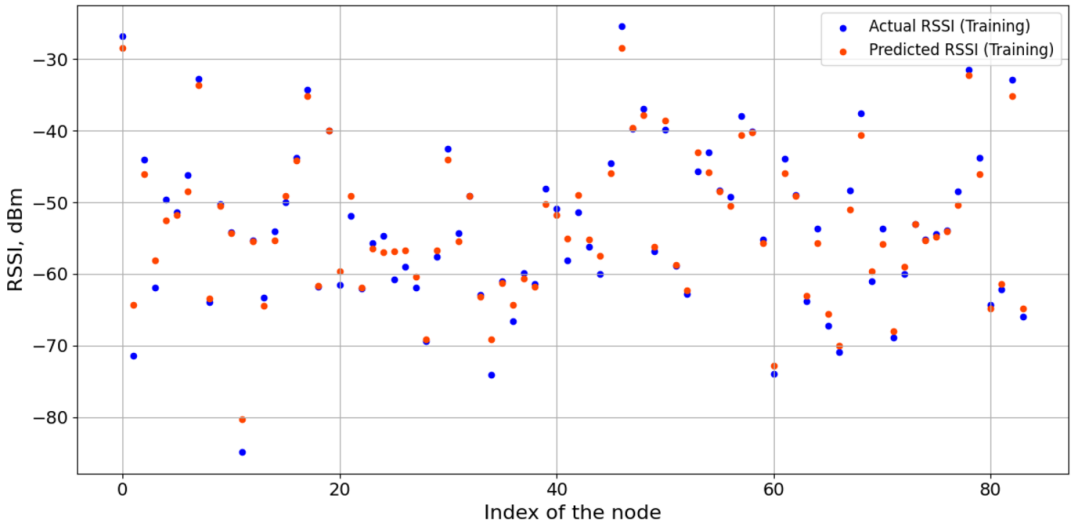


Fig.9 - Comparison of actual and predicted RSSI values on training data

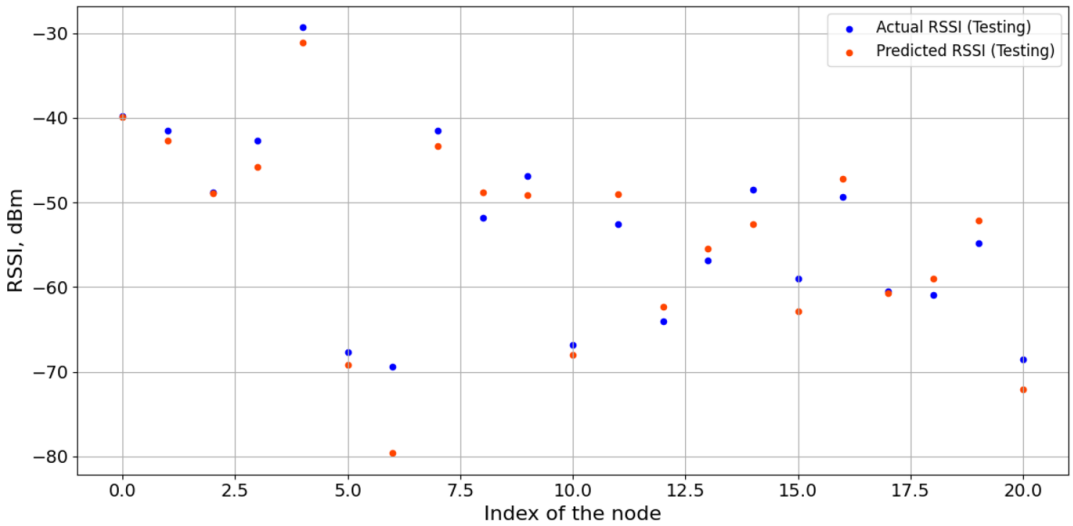


Fig.10- Comparison of actual and predicted RSSI values on testing data

Conclusion. This article presents a single-anchor node localization method that combines ZigBee technology, directional antennas, and machine learning to provide a cost-effective, scalable, and accurate solution for wireless sensor networks (WSNs). Experimental results demonstrate that the use of a directional antenna array significantly enhances signal reception, achieving a maximum gain of 10 dBi and reducing packet loss compared to monopole and single-band antennas. The system effectively captures the relationship between RSSI, distance, and angular positions, as evidenced by the consistent decrease in RSSI values with increasing distance and their variation depending on angular positions.

The XGBoost model trained on the experimental data outperformed other machine learning algorithms, achieving a training R^2 of 97.76% and a testing R^2 of 90.95%, with a training MSE of 2.878 and a testing MSE of 3.947. While the model performs well in controlled environments, variability in testing highlights the need for further optimization. The results demonstrate the potential of ZigBee-based single-anchor localization systems as a viable alternative to traditional multi-anchor setups, offering a reliable, energy-efficient, and cost-effective solution for IoT and WSN applications

requiring accurate and scalable localization systems.

A single-anchor node localization system can be applied in industrial facilities, smart buildings, medical institutions, and transportation hubs to improve the accuracy of tracking objects and personnel.

In future research, we plan to conduct experiments in urban environments and indoor spaces to study the impact of various interferences, such as Wi-Fi and multipath signal propagation, on localization accuracy.

Financing. *This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant AP19678552).*

References

1. Osamy, W., Khedr, A. M., Salim, A., Al Ali, A. I., & El-Sawy, A. A. (2022). Coverage, deployment and localization challenges in wireless sensor networks based on artificial intelligence techniques: a review. IEEE Access.- 2022.-Vol.10.-P.30232-30257. DOI 10.1109/ACCESS.2022.3156729

2. Xin, T. I. A. N., Guoliang, W. E. I., & Gannan, W. A. N. G. (2022). Review of wireless sensor network localization//Information and Control.-2022.-Vol.51(1).-P.69-87. DOI 10.13976/j.cnki.xk.2022.1177

3. Aly, H., Basalamah, A., & Youssef, M. (2017). Accurate and energy-efficient GPS-less outdoor localization// ACM Transactions on Spatial Algorithms and Systems (TSAS).-2017.-Vol.3(2).-P.1-31. DOI 10.1145/3085575

4. Luo, J., Yin, Z., Gui, L., & Yang, X. (2023, April). Accurate localization for indoor and outdoor scenario by GPS and UWB fusion. In 2023 9th International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR) (pp. 411-416). IEEE. DOI 10.1109/iccar57134.2023.10151723

5. Huang, Y. F., Chen, G. Y., & Wu, H. C. (2024, July). An Adaptive Three-Dimensional Indoor Positioning Using Multi-Anchor UWB Wireless Communications. In 2024 International Conference on Consumer Electronics-Taiwan (ICCE-Taiwan) (pp.521-522). IEEE. DOI 10.1109/ICCE-Taiwan62264.2024.10674260

7. Fu, Y. (2017). Single anchor node real-time positioning algorithm based on the antenna array. International journal of distributed sensor networks.- 2017-vol.13(5).-P.15501477177 DOI 10.1177/1550147717709963

8. Wang, Ren, et al. Single-antenna super-resolution positioning with nonseparable toroidal pulses.// Communications Physicsю-2024.-Vol.7(1).-Num.356. DOI 10.1038/s42005-024-01850-z

9. Groth, M., Nyka, K., & Kulas, L. (2021). Calibration-free single-anchor indoor localization using an ESPAR antenna// Sensors.- 2021. -Vol.21(10).- P.3431. DOI 10.3390/s21103431

10. Schmidt, S. O., Cimdins, M., John, F., & Hellbrück, H. SALOS-A UWB Single-Anchor Indoor Localization System Based on a Statistical Multipath Propagation Model// Sensors.-2024.-Vol.24(8). -P.2428. DOI 10.3390/s24082428

11.Wang, Z., Liu, M., & Zhang, Y. (2019, October). Mobile localization in complex indoor environment based on ZigBee wireless network// Journal of Physics: Conference Series .-2019.-Vol. 1314(1): 012214). IOP Publishing. DOI 10.1088/1742-6596/1314/1/012214

12. Latina, M. A. E., Reyes, A., & Rollon, E. M. (2022, February). Optimization of RSSI-based Zigbee indoor localization system for determining distances between unknown nodes. In 2022 First International Conference on Electrical, Electronics, Information and Communication Technologies (ICEEICT) (pp.1-6). IEEE. DOI 10.1109/ICEEICT53079.2022.9768601

13. Kimoto, R., Ishida, S., Yamamoto, T., Tagashira, S., & Fukuda, A. (2019). MuCHLoc: Indoor ZigBee localization system utilizing inter-channel characteristics. Sensors, 19(7), 1645. DOI 10.3390/s19071645

14. Chen, T., & Guestrin, C. (2016, August). Xgboost: A scalable tree boosting system. In Proceedings of the 22nd acm sigkdd international conference on knowledge discovery and data mining (pp.785-794). DOI 10.1145/2939672.2939785

Information about the authors

Zholamanov B.N. - PhD student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: zholamanov.batyrbek@kaznu.kz;

Nurgaliyev M.K. - PhD, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: madiyar.nurgaliyev@kaznu.edu.kz;

Bolatbek A.B. - PhD student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: bolatbek.askhat@kaznu.kz;

Kopbay K.T. - PhD student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: kopbay_kymbat2@kaznu.edu.kz;

Kozhabek D.A. - master student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: kozhabek_dariga1@kaznu.edu.kz;

Авторлар туралы мәлімет

Жоламанов Б.Н. - PhD студент, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: zholamanov.batyrbek@kaznu.kz;

Нұрғалиев М.К. - PhD, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: madiyar.nurgaliyev@kaznu.edu.kz;

Болатбек А.Б. - PhD студент, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: bolatbek.askhat@kaznu.kz;

Көпбай Қ.Т. - PhD студент, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: kopbay_kymbat2@kaznu.edu.kz;

Қожабек Д.А. - магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: kozhabek_dariga1@kaznu.edu.kz.

МРНТИ 28.17.19 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-1027**

ПРИМЕНЕНИЕ ЧИРПЛЕТОВ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЧЕЛОВЕКА ПО АУДИОЗАПИСЯМ

[1,2]М.С. Әлиаскар, [2]Ш.А. Джомартова, [2]Ә.Т.Мазақова, [1,2]Т.Ж. Мазақов, [3]А.Д. Майлыбаева, [1]Н.Т. Исимов, [4]К.Б. Бегалиева, [5]А.Т. Досаналиева

[1]Международный инженерно-технологический университет, Алматы, Казахстан,
[2]Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан,
[3]Атырауский университет им. Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан,
[4]Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан,
[5]Алматинский Технологический Университет, Алматы, Казахстан
Корреспондент-автор: jomartova@mail.ru

Статья посвящена решению ряда задач, возникающих при изучении аудиосигналов. Предложенный алгоритм реализован на Python и применен для анализа аудиозаписей. Эффективность предлагаемого авторами алгоритма демонстрируется при обработке речевой информации для выделения характеристик голоса конкретного человека.

Разработанный алгоритм основан на применении чирплетов к обработке звуковых сигналов, отличается универсальностью и возможностями быстрой адаптации к различным приложениям. В статье представлены результаты численных расчетов и оценены дальнейшие перспективы развития подобных систем.

Представленные в работе алгоритмы могут быть применены при обработке сигналов различной природы физических, химических и экономических процессов.

Ключевые слова: интеллектуальная система, преобразования Фурье, очистка сигнала, распознавание голоса, чирплет.

АУДИО ЖАЗБАЛАРДАН АДАМДАРДЫ АНЫҚТАУ ҮШІН CHIRPLETS ПАЙДАЛАНУ

[1,2]М.С. Әлиаскар, [2]Ш.А. Джомартова, [2]Ә.Т.Мазақова, [1,2]Т.Ж. Мазақов, [3]А.Д. Майлыбаева, [1]Н.Т. Исимов, [4]К.Б. Бегалиева, [5]А.Т. Досаналиева

[1]Халықаралық инженерлік және технология университеті, Алматы, Қазақстан,
[2]Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан
[3]Х.Досмұхамедов атындағы Атырау университеті, Атырау, Қазақстан,
[4]Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан,
[5]Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,
e-mail: jomartova@mail.ru

Мақала дыбыстық сигналдарды зерттеу кезінде туындайтын бірқатар мәселелерді шешуге арналған. Ұсынылған алгоритм Python-да енгізілген және аудио жазбаларды талдау үшін қолданылады. Авторлар ұсынған алгоритмнің тиімділігі белгілі бір адамның дауысының сипаттамаларын анықтау үшін сөйлеу ақпаратын өңдеуде көрсетіледі.

Әзірленген алгоритм дыбыстық сигналдарды өңдеуге чирплеттерді қолдануға негізделген, оның әмбебаптығымен және әртүрлі қосымшаларға тез бейімделу мүмкіндігімен ерекшеленеді. Мақалада сандық есептеулердің нәтижелері берілген және мұндай жүйелердің одан әрі даму перспективалары бағаланады.

Жұмыста ұсынылған алгоритмдер физикалық, химиялық және экономикалық процестердің әртүрлі сипаттағы сигналдарды өңдеуде қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: интеллектуалды жүйе, Фурье түрлендірулері, сигналды тазалау, дауысты тану, шырылдау.

USING CHIRPLETS TO IDENTIFY PEOPLE FROM AUDIO RECORDINGS

[1,2]M.S. Aliaskar, [2]Sh.A.Jomartova✉, [2]A.T. Mazakova, [1,2]T.Zh. Mazakov, [3]A.D. Mailybayeva, [1]N.T. Isimov, [4]K.B. Begaliyeva, [5]A.T. Dossanalyieva

[1]International Engineering and Technology University, Almaty, Kazakhstan,
[2]Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan,
[3]Atyrau University named after Kh. Dosmukhambetov, Atyrau, Kazakhstan,
[4]Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan,
[5]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: jomartova@mail.ru

The article is devoted to solving a number of problems that arise when studying audio signals. The proposed algorithm is implemented in Python and applied to analyze audio recordings. The efficiency of the algorithm proposed by the authors is demonstrated when processing speech information to identify the characteristics of a specific person' s voice.

The developed algorithm is based on the use of chirplets to process audio signals, is universal and can be quickly adapted to various applications. The article presents the results of numerical calculations and assesses the further prospects for the development of such systems.

The algorithms presented in the work can be used to process signals of various natures of physical, chemical and economic processes.

Keywords: intelligent system, Fourier transforms, signal cleaning, voice recognition, chirplet.

Введение. Технологии анализа и обработки аудиосигналов в последние годы приобретают всё большую актуальность в связи с ростом количества задач, связанных с распознаванием речи и биометрической идентификацией человека по голосу. Одной из ключевых проблем в этой области является необходимость надёжного и точного выделения информативных признаков речи, позволяющих отличить одного говорящего от другого. Классические спектральные методы не всегда обеспечивают должную точность при работе с нестационарными сигналами и шумами, особенно когда частота в сигнале меняется во времени.

В связи с этим особый интерес представляют современные методы обработки, основанные на чирплет-преобразованиях (Chirplet Transform). Они сочетают преимущества вейвлет-анализа и возможностей по отслеживанию изменений частоты, позволяя более гибко анализировать сложные нестационарные структуры. Применение чирплет-преобразования эффективно при изучении речевых сигналов, где частота может варьироваться под влиянием особенностей речи, интонации и акцента. Кроме того, данный подход демонстрирует высокую универсальность и может использоваться в анализе различных типов данных – от радиолокационных до биомедицинских [1-3].

Целью данной работы является демонстрация алгоритма, реализованного на языке Python и предназначенного для выделения ключевых частотных и амплитудных характеристик речи. С помощью предлагаемых автором методов можно строить системы распознавания голоса, способные автоматически идентифицировать человека по кратким речевым фрагментам. Подход, основанный на чирплет-преобразованиях, даёт перспективы для масштабирования и адаптации: его можно применять при исследовании широкого спектра сигналов, включая экономические, химические и биомедицинские временные ряды.

В статье представлены результаты численных экспериментов, выполненных на речевых записях нескольких десятков дикторов. Проведённый анализ показывает, что чирплет-преобразования могут повысить точность идентификации по сравнению с традиционными методами спектрального анализа, особенно при наличии шума и непредсказуемых изменений в голосовых данных. Рассматриваются основные теоретические аспекты, описываются особенности реализации алго-

ритма в Python и обсуждаются возможности дальнейшего развития данной методики.

Чирплет-преобразование является мощным инструментом для анализа аудиосигналов, особенно в случаях, когда частота изменяется во времени. Оно находит применение в обработке речи, музыкальном анализе, эхолокации и биомедицинских приложениях.

Материалы и методы. В рамках данной работы в качестве исходных данных использовались аудиозаписи речи в формате WAV. Каждая запись представляла собой последовательность чисел от одного до десяти, произнесённых на русском языке. Всего было сформировано 50 таких файлов от студентов Международного инженерно-технологического университета (г. Алматы). Эксперименты также включали проверку аудио другого человека, не входившего в базу данных, для оценки возможности выявления «чужого» диктора.

Алгоритм обработки записей реализован на языке Python и состоит из нескольких основных шагов:

1. Очистка сигнала от шума.

Сначала на основе быстрого преобразования Фурье (FFT) оценивается спектр исходного сигнала и задаётся амплитудный порог, позволяющий удалить паразитные компоненты. Затем выполняется обратное преобразование Фурье, в результате чего получается очищенный аудиосигнал.

2. Формирование чирплет-базиса.

Для дальнейшего анализа строится набор (базис) чирплет-функций с разными параметрами масштабирования (a), временного сдвига (b) и коэффициента чирпа (k). Базисные функции представляют собой модифицированные вейвлеты, позволяющие учесть изменения частоты во времени.

3. Вычисление коэффициентов чирплет-преобразования.

Исходный сигнал проецируется (разлагается) на каждую из чирплет-функций. В результате получают набор комплексных коэффициентов, отражающих вклад соответствующих чирплет-компонент в структуру анализируемого сигнала.

4. Анализ амплитудно-частотных характеристик.

Расчётные коэффициенты разделяются на амплитудную и частотную составляющие. Частотные значения сортируются по убыванию амплитуды, после чего выбирается несколько наиболее значимых гармоник (в работе использовалось Ka=3). На этом этапе формируется набор характеристик голоса, специфичных для конкретного человека (основные тоны и соответствующие амплитуды).

4. Выделение и сохранение признаков.

Отобранные амплитудно-частотные пары сохраняются в виде вектора признаков (частотные коэффициенты и их амплитуды). Такой вектор далее можно использовать для сравнения разных образцов речи: при небольшом расстоянии между векторами аудиозаписи считаются принадлежащими одному диктору; если расстояние превышает некоторый порог, дикторы полагаются разными.

Описание результатов расчётов и графические иллюстрации (очищенного сигнала, чирплетных разложений, амплитудных и фазовых спектров) получены с помощью программы на Python, которая читает входные данные (WAV-файл), выполняет указанные этапы преобразования и сохраняет итоговые величины в текстовом файле. Систематическая проверка метода проведена на 50 записях, при этом точность автоматического распознавания дикторов составила порядка 73–75%. Для аудиозаписи, не содержащейся в базе данных, метод показал способность отличать её от имеющихся образцов, что подтверждает перспективность описанного подхода для дальнейшего развития систем биометрической идентификации [4-7].

Применение чирплет-анализа также представляется перспективным направлением.

Теоретическая часть. Чирплет-преобразование (Chirplet Transform) представляет собой обобщение вейвлет-преобразования, учитывающее возможность изменения частоты анализируемого

сигнала во времени.

Существуют различные типы чирплетов:

1. Гауссовый чирплет (Gaussian Chirplet) - основан на гауссовых вейвлетах;

2. Фурье-чирплет (Fourier Chirplet) - базируется на преобразованиях Фурье;

3. Вейвлет-чирплет (Wavelet Chirplet) – модифицирует классическое вейвлет-преобразование, добавляя компоненту изменяющейся частоты. Основные преимущества чирплет-преобразования:

- Адаптивность к изменяющимся частотам: даёт возможность анализировать сигналы со сложной временной и частотной структурой.

- Комбинированная локализация во времени и частоте: позволяет точно выделять особенности сигнала, распределённые по шкале времени и частоты.

- Универсальность: может применяться в задачах обработки акустических, радиолокационных и биомедицинских сигналов [8-10]. Чирп-сигнал можно описать следующим образом:

$$s(t) = Ae^{j(2\pi f_0 t + \pi k t^2)} \quad (1)$$

где: A – амплитуда, f_0 – начальная частота, k – коэффициент изменения частоты во времени (чирп), j – мнимая единица ($j = \sqrt{-1}$).

Базисные функции чирплет-преобразования записываются как:

$$\psi_{a,b,k}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} e^{j2\pi k t^2} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (2)$$

где:

- $\psi(t)$ – базовая вейвлет-функция,

- $e^{j2\pi k t^2}$ – фазовый множитель, который модулирует вейвлет, добавляя эффект чирпа.

Чирплет-преобразование позволяет разложить сигнал в базис, состоящий из чирповых сигналов разной частоты и частотного наклона.

Базисные функции в чирплет-преобразовании представляют собой растянутые, сдвинутые и искривленные версии исходного вейвлета.

Рассмотрим некоторую последовательность s_i измерений $i = \overline{0, N}$.

Чирплет-преобразование можно вычислять дискретно для сигнала $s[i]$ следующим образом:

$$Ch(s, a, b, k) = \sum_{i=0}^{N-1} s_i \cdot \psi^*_{a,b,k}(i) \quad (3)$$

где:

- N – длина сигнала,

- s_i – дискретные отсчёты сигнала,

- $\psi^*_{a,b,k}$ – дискретная чирплет-функция

- a – масштабный параметр,

- b – временной сдвиг,

- k – параметр чирпа,

- * – обозначает комплексное сопряжение. В дискретном случае чирплет-функция может быть представлена как:

$$\psi_{a,b,k}(i) = \frac{1}{\sqrt{a}} e^{j2\pi k i^2} \psi\left(\frac{i-b}{a}\right) \quad (4)$$

Алгоритм реализации чиплет-обработки исходного сигнала.

Шаг 1. Пусть дана последовательность s_i измерений $i = \overline{0, N}$.

Выполняется фильтрация шума на основе быстрого преобразования Фурье (FFT). Для этого определяется амплитудный порог для удаления шума. Далее применяется обратное преобразование Фурье. В результате имеем очищенный сигнал

Шаг 2. Для каждого набора параметров *a,b,k* создается массив базисных функций $\psi_{a,b,k}(i), i = \overline{1, N}$ по формуле (4).

Шаг 3. Вычисляются коэффициенты преобразования по формуле (3)

Шаг 4. Выделяем из полученного сигнала две составляющие: амплитудную и частотную

Шаг 5. Сортируем частотную составляющую по убыванию.

Шаг 6. Выбираем из отсортированного массива первые Ka элементы.

В результате выполнения этого шага получим следующие частотные и амплитудные коэффициенты $A_j, T_j, j = \overline{1, Ka}$.

Программная реализация

Описанный алгоритм был реализован с использованием языка программирования Python.

Исходные данные выбираются из текстового файла, имя которого в интерактивном режиме вводится пользователем.

Данные вводимого из файла должны располагаться по определенным правилам.

Программа сохраняет результаты численных расчетов в текстовом файле и отображает их в виде графика. Это позволяет наглядно представить полученные результаты [11-13].

Экспериментальная часть

Предполагается, что исследуемая речь человека представлена в виде файла в формате WAV. Структура WAV-файла включает в себя два компонента: заголовок и сами данные. Из заголовка можно выделить: 1) размер файла, 2) количество каналов, 3) частоту дискретизации и др.

Области данных предшествует цепочка символов data.

Программа написана на Python и выполняет следующие функции: 1) интерактивный ввод названия исследуемого файла (Isxod.wav), 2) выделение заголовка из файла Isxod.wav), 3) выделение информации об амплитудах аудиосигнала, 4) выделение и сохранение признаков, характеризующих конкретного человека.

Ниже в соответствии с приведенным алгоритмом показаны графики обработки исходного сигнала.

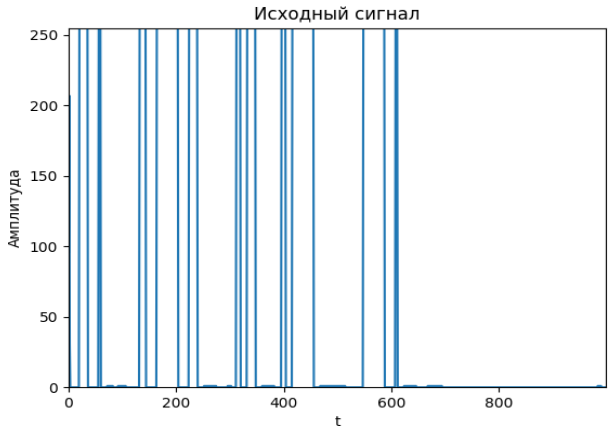


Рис.1 - Исходный аудиосигнал

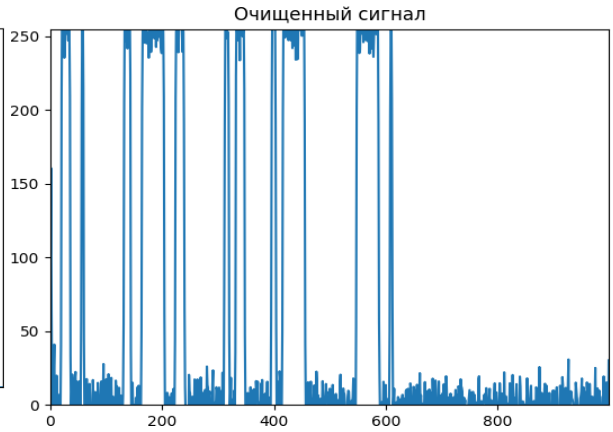


Рис.2 - Очищенный аудиосигнал

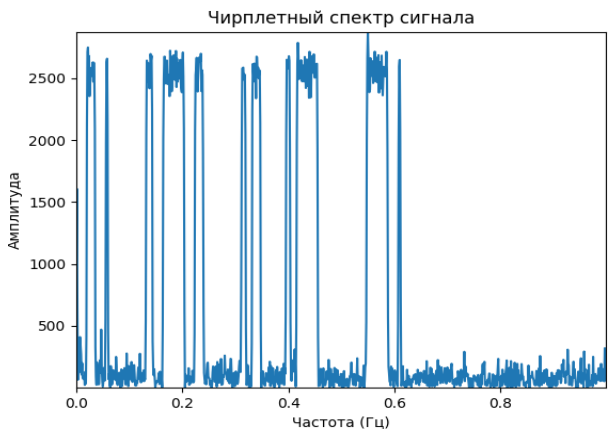


Рис.3 - Чирплетный аудиосигнал

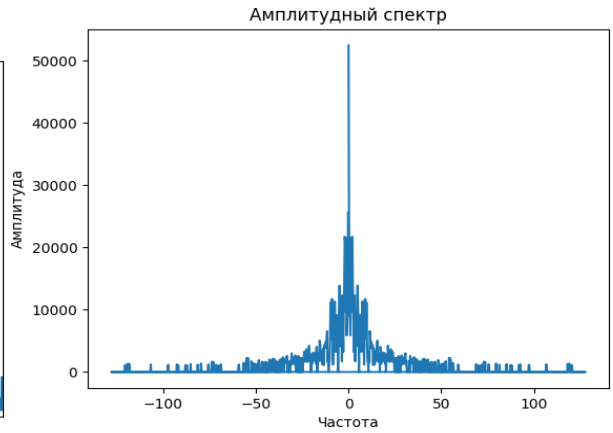


Рис.4 - Амплитудный спектр чирплетного аудиосигнала

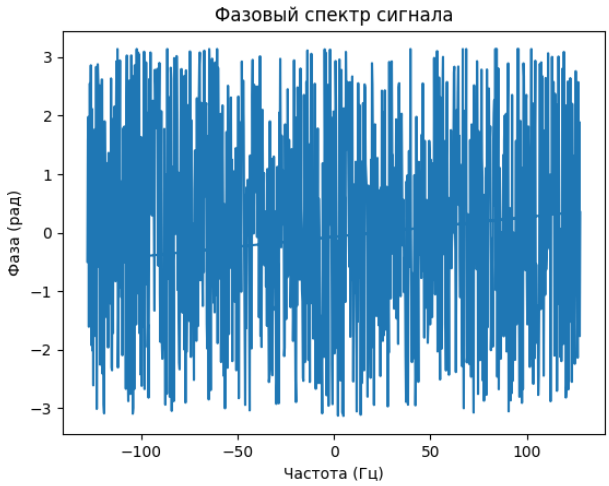


Рис.5 - Фазовый спектр чирплетного аудиосигнала

В результате обработки экспериментальных данных было вычислено, что достаточно вычисления трех гармоник (Ka=3). В результате обработки голосового файла вычисляются 6 характеристик:

1) частотные коэффициенты (основные тоны) – $T_m, m = \overline{1, kg}$;

2) амплитудные коэффициенты разложения $A_m, m = \overline{1, kg}$.

Для отработки предложенного алгоритма были подготовлены аудиозаписи 50 студентов Международного инженерно-технологического университета г. Алматы. Каждый студент говорил числа от единицы до десяти на русском языке. Затем в случайном порядке выбиралась аудиозапись и по нему определялся его диктор. Также исследовалась аудиозапись такого же содержания человека, не занесенного в базу данных. Точность распознавания находится в пределах 73-75%.

Выводы. Разработка алгоритмов голосовой идентификации становится важной задачей в цифровом мире. Внедрение новых методов, основанных на чирплет-преобразованиях, способствует повышению точности распознавания речи. Дальнейшие исследования направлены на создание автоматизированной системы идентификации человека для различных приложений, включая биометрические системы безопасности.

В данной статье был разработан метод распознавания голоса, основанный на чирплет-преобразованиях.

Чирплеты представляют собой мощный инструмент в анализе нестационарных сигналов, объединяя преимущества вейвлетов и чирп-сигналов. Они особенно полезны в областях, где частотный спектр изменяется во времени.

В дальнейшем, используя предложенный подход, планируется разработка устройства автоматического допуска человека в определенное помещение на основе микропроцессорной техники и автономного питания.

Финансирование. *Работа выполнена за счет средств грантового финансирования научных исследований на 2023–2025 годы по проекту AP19678157.*

Литература

1. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. - Санкт-Петербург: Питер, 2002. - 608 с. ISBN 5-318-00666-3

2. Афонский А.А., Дьяконов В.П. Цифровые анализаторы спектра, сигналов и логики. – Москва: Солон-Пресс, 2009. - 248 с. ISBN 978-5-91359-049-7

3. Гадзиковский В.И. Цифровая обработка сигналов. - Москва: Солон-Пресс, 2017. - 766 с. ISBN 978-5-91359-117-3

4. Сэломон Д. Сжатие данных, изображений и звука. - Москва: Техносфера, 2004. -368 с. ISBN 978-5-94836-027-X

5. Марков Ю.В., Боков А.С. Проектирование устройств приема и обработки сигналов. - Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2015. - 112 с. ISBN 978-5-7996-1497-3

6. Дворкович В.П., Дворкович А.В. Оконные функции для гармонического анализа сигналов. – Москва: Техносфера, 2016. - 208 с. ISBN 978-5-94836-432-2

7. Фрик П.Г. Обработка и анализ сигналов и изображений в физических экспериментах. - Пермь: Пермский ГНИУ, 2023. - 115с. ISBN 978-5-7944-4025-6

8. Тульский И.Н. Повышение эффективности передачи мультимедийной информации методом чирплет-преобразования //Диссер. канд.техн. наук по спец.05.13.17 - Теоретические основы информатики, Красноярск, 2012. - 119с

9. Рогозинский Г.Г. Перцепционное сжатие звука с использованием вейвлетных пакетов //Диссер. канд.техн. наук по спец.05.11.18 - Приборы и методы преобразования изображений и звука, Санкт-Петербург, 2010. - 118с

10. Брежнев А.В. Разработка методов и средств диагностики психической напряженности на основе вейвлет-анализа сигнала голоса и нечеткой логики принятия решений //Авт. диссер. канд.техн. наук по спец.05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации, Курск, 2005. - 24 с.

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

12. Шорманов Т.С., Мазакова А.Т., Алиаскар М.С., Бургегулов А.Д., Саметова А.А., Исимов Н.Т., Джомартова Ш.А., Мазаков Т.Ж. Программно-аппаратный комплекс дактилоскопической идентификации человека // Вестник КазУТБ. - Астана, 2024. - № 4(25). - С.1-7 DOI 10.58805/kazutb.v.4.25-721

13. Шорманов Т.С., Мазакова А.Т., Алиаскар М.С., Джомартова Ш.А., Мазаков Т.Ж. Применение нейронных сетей для идентификации голоса с учетом казахского акцента // Вестник КазУТБ. - Астана, 2024. - № 4(25). - С. 60-68/ DOI 10.58805/kazutb.v.4.25-720

References

1. Sergienko A.B. Cifrovaja obrabotka signalov. - Sankt-Peterburg: Piter, 2002. - 608 s. ISBN 5-318-00666-3. [in Russian]

2. Afonskij A.A., D’ jakonov V.P. Cifrovye analizatory spektra, signalov i logiki. – Moskva: Solon-Press, 2009. - 248 s. ISBN 978-5-91359-049-7. [in Russian]

3. Gadzikovskij V.I. Cifrovaja obrabotka signalov. - Moskva: Solon-Press, 2017. - 766 s. ISBN 978-5-91359-117-3. [in Russian]

4. Sjelomon D. Szhatie dannyh, izobrazhenij i zvuka. - Moskva: Tehnosfera, 2004. -368 c. ISBN 978-5-94836-027-H. [in Russian]

5. Markov Ju.V., Bokov A.S. Proektirovanie ustrojstv priema i obrabotki signalov. - Ekaterinburg: Izd-vo Ural’ skogo un-ta, 2015. - 112 s. ISBN 978-5-7996-1497-3. [in Russian]

6. Dvorkovich V.P., Dvorkovich A.V. Okonnye funkcii dlja garmonicheskogo analiza signalov. – Moskva: Tehnosfera, 2016. - 208 c. ISBN 978-5-94836-432-2. [in Russian]

7. Frik P.G. Obrabotka i analiz signalov i izobrazhenij v fizicheskih jeksperimentah. - Perm': Permskij GNIU, 2023. - 115s. ISBN 978-5-7944-4025-6. [in Russian]

8. Tul' skij I.N. Povyshenie jeffektivnosti peredachi mul' timedijnoj informacii metodom chirplet-preobrazovanija //Disser. kand.tehn. nauk po spec.05.13.17 - Teoreticheskie osnovy informatiki, Krasnojarsk, 2012. – 119 s. [in Russian]

9. Rogozinskij G.G. Percepcionnoe szhatie zvuka s ispol' zovaniem vejvletnyh paketov //Disser. kand.tehn. nauk po spec.05.11.18 - Pribory i metody preobrazovanija izobrazhenij i zvuka, Sankt-Peterburg, 2010. – 118 s. [in Russian]

10. Brezhnev A.V. Razrabotka metodov i sredstv diagnostiki psihicheskoj naprjazhennosti na osnove vejvlet-analiza signala golosa i nechetkoj logiki prinjatija reshenij //Avt. disser. kand.tehn. nauk po spec. 05.13.01 - Sistemnyj analiz, upravlenie i obrabotka. [in Russian]

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

12. Шорманов Т.С., Мазакова А.Т., Алиаскар М.С., Бургегулов А.Д., Саметова А.А., Исимов Н.Т., Джомартова Ш.А., Мазаков Т.Ж. Программно-аппаратный комплекс дактилоскопической идентификации человека // Вестник КазУТБ. - Астана, 2024. - № 4(25). - С.1-7 DOI 10.58805/kazutb.v.4.25-721. [in Russian]

13. Шорманов Т.С., Мазакова А.Т., Алиаскар М.С., Джомартова Ш.А., Мазаков Т.Ж. Применение нейронных сетей для идентификации голоса с учетом казахского акцента // Вестник КазУТБ. - Астана, 2024. - № 4(25). - С. 60-68. DOI 10.58805/kazutb.v.4.25-720 [in Russian]

Сведения об авторах

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

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

Мазақова Ә.Т. – преподаватель КазНУ им.аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: aigerym97@mail.ru;

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

Майлыбаева А.Д. – к.ф.-м.н., доцент кафедры «Информатика» Атырауского университета имени Х. Досмухамедова, Атырау, Казахстан, e-mail: a.maylibayeva@asu.edu.kz;

Н.Т. Исимов – заведующий кафедрой МИТУ, Алматы, Казахстан, e-mail: int_nurdaulet@mail.ru;

Бегалиева К.Б. - PhD, ст.преп. Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, e-mail: kalamkas_b@mail.ru;

Досаналиева А.Т. - старший преподаватель кафедры «Компьютерная инженерия» Алматинского Технологического Университета, Алматы, Казахстан, e-mail: Dosanalieva1985@gmail.com

Information about the authors

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

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

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

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

Mailybayeva A.D. – PhD, Associate Professor, Department of Computer Science, Atyrau University named after Kh. Dosmukhambetov, Atyrau, Kazakhstan, e-mail: a.maylibayeva@asu.edu.kz;

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

Begaliyeva K.B. – PhD, Senior Lecturer, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, e-mail: kalamkas_b@mail.ru;

Dosanalieva A.T. - Senor Lecturer, Computer Engineering Department, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: Dosanalieva1985@gmail.com.

IRSTI 50.01.85 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-857**

CONTROL EQUATIONS FOR THE PROPAGATION OF NONLINEAR WAVES IN VISCOUS FILM FLOWS WITH A MASS SOURCE

[1]U. Kayumova✉, [1]A. Mussabekov, [1]A. Brener, [2]Razali Bin Yaakob, [1]A. Yegenova

[1]M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,
[2]University Putra Malaysia, Kuala-Lumpur, Malaysia
✉Correspondent-author: dreams_dream@mail.ru

The paper devotes to theoretical description and mathematical modelling the nonlinear modes of liquid film flows in the presence of possible mass sources, in the case of film condensation as a sample. The main new scientific result of the study is a theoretical description of the influence of the mass source on the characteristics of nonlinear waves arising during the flow of a viscous condensate film over a non-isothermal surface. The study was carried out within the framework of the long-wave approximation. The conditions for the existence of solutions describing the propagation of single nonlinear waves in condensate films are determined, and equations are derived for calculating the evolution of their wave characteristics. Relationships are obtained for estimating the scale of the propagation length of nonlinear waves in liquid films with variable flow rate. The conclusions of the work can be useful in design work and in developing process and apparatus control systems in the chemical and pharmaceutical industries.

Keywords: liquid films flows, mass sources, non-linear wave propagation, control parameters, govern evolution equation.

МАССА ДЕРЕККӨЗІ БАР ТҰТҚЫР ПЛЕНКАЛЫ АҒЫНДАРДА СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ТАРАЛУЫН БАҚЫЛАУ ТЕҢДЕУЛЕРІ

[1]У. Каюмова✉, [1]А. Мұсабеков, [1]А. Бренер, [2]Разали Бин Якуб, [1]А.Егенова

[1] М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,
[2] Путра Малайзия университеті, Куала-Лумпур, Малайзия,
e-mail: dreams_dream@mail.ru

Бұл зерттеу жұмысы сұйық пленка ағындарының сызықтық емес режимдерін теориялық сипаттау және математикалық модельдеуге арналған, үлгі ретінде пленка конденсациясы жағдайында ықтимал масса көздері. Зерттеудің негізгі жаңа ғылыми нәтижесі-тұтқыр конденсат қабықшасының изотермиялық емес бетке ағуы кезінде пайда болатын сызықты емес толқындардың сипаттамаларына масса көзінің әсерінің теориялық сипаттамасы. Зерттеу ұзын толқынды жуықтау шеңберінде жүргізілді. Конденсат қабықшаларында бір сызықты емес толқындардың таралуын сипаттайтын ерітінділердің болу шарттары анықталып, олардың толқындық сипаттамаларының эволюциясын есептеу үшін теңдеулер алынады. Қатынастар ағынның өзгермелі жылдамдығы бар сұйық қабықшалардағы сызықты емес толқындардың таралу ұзындығының шкаласын бағалау үшін алынады. Жұмыстың нәтижелері химия және фармацевтика өнеркәсібіндегі аппараттуларды есептеуде және технологиялық процестерді басқаруда пайдаланылуы мүмкін.

Түйін сөздер: сұйық пленка ағындары, массалық көздер, сызықты емес толқындардың таралуы, бақылау параметрлері, эволюция теңдеуін басқару.

УПРАВЛЯЮЩИЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НЕЛИНЕЙНЫХ ВОЛН В ТЕЧЕНИЯХ ВЯЗКОЙ ПЛЕНКИ С ИСТОЧНИКОМ МАССЫ

[1]У. Каюмова✉, [1]А. Мұсабеков, [1]А. Бренер, [2]Разали Бин Якуб, [1]А.Егенова

[1] Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,
[2]Университет Путра Малайзия, Куала-Лумпур, Малайзия,

e-mail: dreams_dream@mail.ru

Статья посвящена теоретическому описанию и математическому моделированию нелинейных режимов пленочных течений жидкости при наличии возможных источников массы, в случае пленочной конденсации в качестве образца. Основным новым научным результатом исследования является теоретическое описание влияния источника массы на характеристики нелинейных волн, возникающих при обтекании пленки вязкого конденсата неизотермической поверхностью. Исследование проводилось в рамках длинноволнового приближения. Определены условия существования решений, описывающих распространение одиночных нелинейных волн в пленках конденсата, и выведены уравнения для расчета эволюции их волновых характеристик. Получены соотношения для оценки масштаба длины распространения нелинейных волн в пленках жидкости с переменным расходом. Выводы этой работы могут быть полезны при проектировании и разработке систем управления процессами и аппаратурой в химической промышленности.

Ключевые слова: течения пленок жидкости, источники массы, нелинейное распространение волн, управляющие параметры, уравнение эволюции управляющих волн.

Introduction. The problem of theoretical description of wave processes in condensate films, despite the well-known works [1-4], is far from exhausted, which is explained by a wide variety of manifestations of nonlinearity and dispersion effects during wave motions of films, especially in processes, the course of which is complicated by heat and mass transfer, or various phase transitions (solid phase - liquid or liquid - vapor) [2, 5, 6]. When modeling such processes, it is fundamentally important to take into account the presence of heat and mass sources, changes in the physical characteristics of the interacting media due to non-isothermality or variable concentration of individual components.

In a number of works it was established, for example, that the stationary Nusselt problem may not have a solution for non-isothermal film flows even for small Reynolds numbers. This circumstance leads to the emergence and propagation of non-linear waves of complex configuration in the dissipative system [7]. Another problem complicating the process of mathematical modeling is the complexity of the linkage of the equations that form the system [8, 9]. The main difficulty is that since in the presence of mass sources the flow rate of film flows changes in time and space, it is difficult to isolate a component constant of the solution that could then be subjected to an asymptotic analysis taking into account disturbances [10, 11].

Known works in this area [11] do not allow us to answer questions about how the intensity of the mass source affects the conditions for the occurrence of wave flows and the characteristics of the resulting nonlinear waves. At the same time, this question is of fundamental importance, since the stability of the wave-free flow regime depends significantly on the changing fluid flow rate, which leads to a changing film thickness [12, 13, 14].

The purpose of this theoretical work and its main scientific contribution is the derivation of general control equations for the flow of a viscous liquid film in the presence of a mass source. The derivation is specified using the example of the process of film condensation on a flat surface [15, 16]. The novelty of the work also lies in the fact that the developed mathematical model is subjected to asymptotic analysis [17, 18, 19], which allows us to identify the main control parameters and study the features and dependencies of the wave characteristics of the resulting nonlinear waves on the identified control parameters. The results obtained as a result of the theoretical studies carried out can find wide application in the calculation of technological processes, design of corresponding schemes and installations, as well as in methods and schemes for controlling technological film processes operating in modes of variable flow rate and the presence of mass sources.

Materials and methods. The main research method in this work was theoretical research,

construction of mathematical models and their asymptotic analysis.

Previously, the method of integral relations was used to obtain a basic system of equations for film thickness and flow rate in flows with mass sources, in particular during film condensation [12].

The general form of the evolutionary equation in this case can be represented in the following form [12, 20]

$$\frac{\partial j}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{f_2}{f_1^2}\cdot\frac{j^2}{h}\right)+\frac{j}{f_1 h^2}\left(f_3\nu_w-Ih\right)=g_{ef}h+\frac{\sigma h}{\rho}\cdot\frac{dK_S}{dx} \tag{1}$$

It is important to note that in the studied problem there is a parameter I, which is a control parameter characterizing the intensity of the mass source in the system.

The intensity of the condensation process decreases with increasing thickness of the condensate film. Therefore, at a sufficiently large distance from the initial point, the intensity of the mass source can be considered small [21]. At the same time, since we are talking about films of small thickness compared to the characteristic length of surface waves, we can introduce a small parameter $\varepsilon = Ij/\hat{j}_0$, into the model, where is the average velocity of the condensate flow in the unperturbed film in the area under consideration. With the help of such a small parameter, it becomes possible to scale the model by introducing slow variables $t = et$ and $z = ex$, as well as a fast phase variable $h = q(z,t)/e$.

The following system of evolutionary equations reads

$$\begin{aligned}\varepsilon\left(\frac{\partial j}{\partial\eta}+\frac{1}{\varepsilon}\frac{\partial j}{\partial\eta}\cdot\frac{\partial\theta}{\partial\tau}\right)+\varepsilon A\left[\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{j^2}{h}\right)+\frac{1}{\varepsilon}\frac{\partial}{\partial\eta}\left(\frac{j^2}{h}\right)\cdot\frac{\partial\theta}{\partial z}\right]+(B+\varepsilon B_1)\cdot\frac{j}{h^2}-g_{ef}h=\\ =\varepsilon^3K_1h\left[\frac{\partial^3h}{\partial z^3}+\frac{3}{\varepsilon}\frac{\partial^3h}{\partial z^2\partial\eta}\cdot\frac{\partial\theta}{\partial z}+\frac{3}{\varepsilon^2}\frac{\partial^3h}{\partial z\partial\eta^2}\cdot\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)^2+\frac{3}{\varepsilon}\frac{\partial^2h}{\partial z\,\partial\eta}\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2}+\frac{3}{\varepsilon^2}\frac{\partial^2h}{\partial\eta^2}\frac{\partial\theta}{\partial z}\frac{\partial^2\theta}{\partial z^2}\right.\\ \left.+\frac{1}{\varepsilon^3}\frac{\partial^3h}{\partial\eta^3}\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)^3+\frac{1}{\varepsilon}\frac{\partial h}{\partial\eta}\frac{\partial^3\theta}{\partial z^3}\right]\end{aligned}$$

$$\varepsilon\left[\frac{\partial h}{\partial\tau}+\frac{1}{\varepsilon}\frac{\partial h}{\partial\eta}\cdot\frac{\partial\theta}{\partial\tau}\right]+\varepsilon\left[\frac{\partial j}{\partial z}+\frac{1}{\varepsilon}\frac{\partial j}{\partial\eta}\cdot\frac{\partial\theta}{\partial z}\right]=\varepsilon\cdot\frac{\hat{j}_0}{h} \tag{2}$$

A solution to the basic system can be presented in the form of expansions in powers of a small parameter

$$j=\sum_{i=0}^{N}\varepsilon^iJ_i(\tau,z,\eta)\Big|_{\eta=\frac{\theta}{\varepsilon}}+\varepsilon^{N+1}R_{1N}(\tau,z,\eta,\varepsilon) \tag{3}$$

$$h=\sum_{i=0}^{N}\varepsilon^iH_i(\tau,z,\eta)\Big|_{\eta=\frac{\theta}{\varepsilon}}+\varepsilon^{N+1}R_{2N}(\tau,z,\eta,\varepsilon) \tag{4}$$

The zeroth order of the system reads

$$\varepsilon^0 \Rightarrow \begin{cases} \dfrac{\partial\theta}{\partial\tau}\cdot\dfrac{\partial J_0}{\partial\eta}+A\dfrac{\partial\theta}{\partial z}\cdot\dfrac{\partial}{\partial\eta}\left(\dfrac{J_0^2}{H_0}\right)+B\cdot\dfrac{J_0}{H_0^2}=g_{ef}H_0+K_1\left(\dfrac{\partial\theta}{\partial z}\right)^3 H_0\cdot\dfrac{\partial^3 H_0}{\partial\eta^3}, \\ \dfrac{\partial\theta}{\partial\tau}\cdot\dfrac{\partial H_0}{\partial\eta}+\dfrac{\partial\theta}{\partial z}\cdot\dfrac{\partial J_0}{\partial\eta}=0 \end{cases} \tag{5}$$

The firth order reads:

$$\varepsilon^1 \Rightarrow \begin{cases} \dfrac{\partial\theta}{\partial\tau}\cdot\dfrac{\partial J_1}{\partial\eta}+A\dfrac{\partial\theta}{\partial z}\cdot\dfrac{\partial}{\partial\eta}\left(\dfrac{2J_0}{H_0}-J_1\right)-A\dfrac{\partial\theta}{\partial z}\cdot\dfrac{\partial}{\partial\eta}\left(\dfrac{J_0^2}{H_0^2}-H_1\right) \\ \quad +B\cdot\dfrac{J_1}{H_0^2}-2B\cdot\dfrac{J_0}{H_0^3}H_1-g_{ef}H_1-K_1H_0\cdot\dfrac{\partial^3 H_1}{\partial\eta^3}\left(\dfrac{\partial\theta}{\partial z}\right)^3+K_1H_1\left(\dfrac{\partial\theta}{\partial z}\right)^3\cdot\dfrac{\partial^3 H_0}{\partial\eta^3} \\ \quad =-A\cdot\dfrac{\partial}{\partial z}\left(\dfrac{J_0^2}{H_0}\right)-B_1\cdot\dfrac{J_0}{H_0^2}+3K_1H_0\cdot\dfrac{\partial^3 H_0}{\partial z\,\partial\eta^2}\left(\dfrac{\partial\theta}{\partial z}\right)^2 \\ \quad +3K_1H_0\cdot\dfrac{\partial^2 H_0}{\partial\eta^2}\cdot\dfrac{\partial\theta}{\partial z}\cdot\dfrac{\partial^2\theta}{\partial z^2}, \\ \dfrac{\partial\theta}{\partial\tau}\cdot\dfrac{\partial H_1}{\partial\eta}+\dfrac{\partial\theta}{\partial z}\cdot\dfrac{\partial J_1}{\partial\eta}=\dfrac{\langle j_0\rangle}{H_0}-\dfrac{\partial H_0}{\partial\tau}-\dfrac{\partial J_0}{\partial z} \end{cases} \tag{6}$$

Next, we sequentially obtain recurrence relations for the following orders of expansion. Note that all systems, except the first, are linear with respect to the sought functions and are decoupled.

Results and discussion. Proceeding to a more detailed analysis, it is important to note that, unlike [22, 23], the systems can be decoupled without the additional assumption of a constant phase velocity. It follows from relations (5)

$$J_0=-\frac{\dfrac{\partial\theta}{\partial\tau}}{\dfrac{\partial\theta}{\partial z}}H_0+\Psi(\tau,z) \tag{7}$$

From the physical meaning of the problem under consideration, $Y(t,z)=0$, which leads to the following equation for H_0

$$\frac{\left(\dfrac{\partial\theta}{\partial\tau}\right)^2}{\dfrac{\partial\theta}{\partial z}}(A-1)\cdot\frac{\partial H_0}{\partial\eta}-K_1\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)^3 H_0\cdot\frac{\partial^3 H_0}{\partial\eta^3}=g_{ef}H_0+\frac{\dfrac{\partial\theta}{\partial\tau}}{\dfrac{\partial\theta}{\partial z}}\cdot\frac{B}{H_0} \tag{8}$$

The systems for subsequent approximations can be similarly decoupled. Moreover, there is a quasi-linear relationship between the flow rates and thicknesses as functions of fast and slow variables.

$$J_i=-\frac{\dfrac{\partial\theta}{\partial\tau}}{\dfrac{\partial\theta}{\partial z}}H_i+F\left(H_{i-1},J_{i-1}\,;\,\tau,z\right) \tag{9}$$

The analysis of the model allows us to conclude that the surface pressure gradient along the film flow, caused by the variable curvature of the surface, contributes to the dispersion of waves only in the zero order, since waves of higher orders evolve under the influence of the effects of variability of physical characteristics. Literature analysis shows that the value of the coefficient K_1 is different, namely: ε of or ε^2, for different liquids depending on the type of liquid [24]. Therefore, in this paper,

it is proposed to introduce a correction H_{02} into the solution of equation (8) to evaluate the effect of surface tension, taking into account the effect of surface tension: $H = H_{01} + H_{02}$. In this case, the inequality $H_{02} << H_{01}$ is valid.

As a result, we obtain the following equation for H_{01}

$$\frac{\left(\frac{\partial\theta}{\partial\tau}\right)^2}{\frac{\partial\theta}{\partial z}}(A-1)\cdot\frac{\partial H_{01}}{\partial\eta} = \frac{gH_{01}^2 + B\cdot\frac{\partial\theta/\partial\tau}{\partial\theta/\partial z}}{H_{01}} \tag{10}$$

The resulting equation has an obvious traveling wave solution

$$H_{01} = \sqrt{\left(H_{02}^2(\eta_0) + S_1\right)\exp\left(2gS_2(\eta-\eta_0)\right) - S_1} \tag{11}$$

Here

$$S_1 = \frac{B\left(\frac{\partial\theta}{\partial\tau}\right)}{g\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)}, \quad S_2 = \frac{\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)}{\left(\frac{\partial\theta}{\partial\tau}\right)^2(A-1)} \tag{12}$$

Discarding terms of the second and higher orders of smallness with respect to the correction, H_{02} we obtain the equation

$$\frac{\left(\frac{\partial\theta}{\partial\tau}\right)^2}{\frac{\partial\theta}{\partial z}}(A-1)\cdot\frac{\partial H_{01}}{\partial\eta} = H_{02}\left[g - \frac{B\left(\frac{\partial\theta}{\partial\tau}\right)/\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)}{H_{01}^2}\right] + K\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)^3 H_{01}\cdot\frac{\partial^3 H_{01}}{\partial\eta^3} + K\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)^3 H_{01}\cdot\frac{\partial^3 H_{02}}{\partial\eta^3} \tag{13}$$

Let' s supposed the first term is of higher order of smallness in the right-hand side, that leads to homogeneous equation. As it is shown in [12] the Wronskian of a homogeneous equation of such type is zero, because of the absence of second derivative $\frac{\partial H_{02}}{\partial\eta^2}$ [12]. From this it follows that resulting equation does not contain monotonically increasing solutions. So, for the possibility of the appearance of oscillating solutions in the form of a distortion of the wave profile of the ripple type, the following condition must be satisfied

$$(A-1)\cdot\frac{\partial\theta}{\partial z} < 0 \tag{14}$$

The last inequality relates the integral characteristics of the velocity profile in the film, depending on the varying temperature across the film thickness, and the wave number of the carrier wave. If inequality (14) is not satisfied, then we can expect that a small disturbance of the carrier wave profile will be smoothed out by capillary forces [12].

From inequality (14) it follows the condition $A < 1$.

Since the wave number and frequency in a film of variable flow rate change with time, at least two terms in their expansion in a Taylor series should be saved.

$$\theta(z,\tau,\varepsilon) = \beta(\tau,\varepsilon)\left(z+\varphi(\tau,\varepsilon)\right) + \beta_1(\tau,\varepsilon)\left(z+\varphi(\tau,\varepsilon)\right)^2 \tag{15}$$

Thus, the following evolution equation reads

$$\beta\left(\frac{\partial\varphi}{\partial\tau}\right)^2(A-1)\cdot\frac{\partial H_0}{\partial\eta}-K_1\beta^3H_0\cdot\frac{\partial^3H_0}{\partial\eta^3}=g_{ef}H_0+\frac{\partial\varphi}{\partial\tau}\cdot\frac{B}{H_0} \tag{16}$$

In order for building mathematical models for the evolution of wave disturbances of the condensate film profile, the methods of the century-old perturbation theory should be used [12].

With the help of supposition of the stationary flow regime nearby the stability boundary, the process can be considered as quasi-stationary.

Under the condition of the slowness of the functions j_0 and h_0, describing stationary solutions, it should be valid a certain relation to $j_1 = L(h_1)$ be valid, where $j_1 << j_0$ and $h_1 << h_0$ are disturbances of the stationary solution of the film condensation problem, and is also a slow function. Unlike [24], to describe the evolution of the wave packet in the weakly nonlinear approximation, we leave the second-order terms.

As a result, the following relation is correct

$$\frac{\partial j_1}{\partial t}+\alpha_1\frac{\partial j_1}{\partial x}+\alpha_2\frac{\partial h_1}{\partial x}+\alpha_3\frac{\partial^3h_1}{\partial x^3}+\alpha_4j_1+\alpha_5h_1=\beta_1j_1\frac{\partial j_1}{\partial x}+\beta_2h_1\frac{\partial h_1}{\partial x}+\beta_3j_1^2+\beta_4h_1^2 \tag{17}$$

$$\frac{\partial h_1}{\partial t}+\frac{\partial j_1}{\partial x}=zh_1+z_2h_1^2 \tag{18}$$

The coefficients of resulting system (17), (18) of equations play the role of control parameters:

$$\alpha_1=\frac{2f_2}{f_1^2}\cdot\frac{j_0}{h_0};\quad \alpha_2=-\frac{f_2}{f_1^2}\cdot\frac{j_0^2}{h_0^2};\quad \alpha_3=-\frac{\sigma}{\rho}h_0;\quad \alpha_4=\frac{2f_2}{f_1^2}\cdot\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{j_0}{h_0}\right)+\frac{1}{h_0}\left(\frac{\nu_w f_3}{f_1}-\frac{\lambda\Delta T}{r\rho f_1}\right)$$

$$\alpha_5=-\frac{f_2}{f_1^2}\cdot\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{j_0^2}{h_0^2}\right)-\left(\frac{\nu_w f_3}{f_1}-\frac{\lambda\Delta T}{r\rho f_1}\right)\cdot\frac{2j_0}{h_0^3}-g-\frac{\sigma}{\rho}\cdot\frac{\partial^3h_0}{\partial x^3} \tag{19}$$

$$\beta_1=\frac{2f_2}{f_1^2}\cdot\frac{1}{h_0};\quad \beta_2=\frac{2f_2}{f_1^2}\cdot\frac{j_0^2}{h_0^3};\quad \beta_3=-\frac{f_2}{f_1^2h_0^2}\cdot\frac{\partial h_0}{\partial x};\quad \beta_4=\frac{f_2}{f_1^2}\cdot\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{j_0^2}{h_0^3}\right)+\left(\frac{\nu_w f_3}{f_1}-\frac{\lambda\Delta T}{r\rho f_1}\right)\cdot\frac{3j_0}{h_0^4}; \tag{20}$$

$$z_1=-\frac{\lambda\Delta T}{r\rho h_0^2};\quad z_2=\frac{\lambda\Delta T}{r\rho h_0^3} \tag{21}$$

Let us introduce new stretched variables $X=\varepsilon x,\quad T=\varepsilon t$ and $\eta=\frac{\theta(X,T)}{\varepsilon}$ a fast variable .

Then we can look for a solution to the system (17), (18) in the form

$$h_1=H\exp(\eta),\quad j_1=J\exp(\eta) \tag{22}$$

Then, dividing the terms of the equations by powers of the small parameter and discarding rapidly oscillating components of small amplitude of the type $H^2\exp(2\eta)$ and $J^2\exp(2\eta)$, we arrive at an approximate linear system for the amplitudes

$$J\left[\frac{\partial\theta}{\partial T}+\alpha_1(X)\frac{\partial\theta}{\partial X}+\alpha_4(X)\right]+H\left[\alpha_2(X)\frac{\partial\theta}{\partial X}+\alpha_3(X)\left(\frac{\partial\theta}{\partial X}\right)^3+\alpha_5(X)\right]=0 \quad (23)$$

$$J\frac{\partial\theta}{\partial X}+H\left(\frac{\partial\theta}{\partial T}-z_1(X)\right)=0. \quad (24)$$

For the solvability of system (23), (24), the dispersion relation must be satisfied

$$\begin{bmatrix} \frac{\partial\theta}{\partial T}+\alpha_1\frac{\partial\theta}{\partial X}+\alpha_4 \\ \alpha_2\frac{\partial\theta}{\partial X}+\alpha_3\left(\frac{\partial\theta}{\partial X}\right)^3+\alpha_5 \\ \frac{\partial\theta}{\partial X} \\ \frac{\partial\theta}{\partial T}-z_1 \end{bmatrix}=0 \quad (25)$$

From this it follows the desired representation for $J=L(X,T)H$, where

$$L(X,T)=\frac{\frac{\partial\theta}{\partial T-z_1}}{\frac{\partial\theta}{\partial X}} \quad (26)$$

Considering $L(X,T)$ that is a function of slow variables, and substituting the last relation into the original system, we arrive at a zero-order equation for the function that is the film thickness simulation:

$$\frac{\partial h_1}{\partial t}+\left(\alpha_1+\frac{\alpha_2}{L}\right)\frac{\partial h_1}{\partial X}+\alpha_3\frac{\partial^3 h_1}{\partial X^3}+\left(\alpha_4+\frac{\alpha_5}{L}\right)h_1=\left(\beta_1 L+\frac{\beta_2}{L}\right)h_1\frac{\partial h_1}{\partial X}+\left(\beta_3 L+\frac{\beta_4}{L}\right)h_1^2 \quad (27)$$

In the resulting equation, it is convenient to switch to a moving coordinate system:

$$t;\quad \xi=t-\int\frac{dX}{\alpha_1+\frac{\alpha_2}{L}} \quad (28)$$

As a result, the following govern equation has been derived

$$\frac{\partial h_1}{\partial t}+\frac{\beta_1 L+\frac{\beta_2}{L}}{\alpha_1+\frac{\alpha_2}{L}}h_1\frac{\partial h_1}{\partial\xi}-\frac{\alpha_3}{\alpha_1+\frac{\alpha_2}{L}}\frac{\partial^3 h_1}{\partial\xi^3}=-\left(\alpha_4+\frac{\alpha_5}{L}\right)h_1+\left(\beta_3 L+\frac{\beta_4}{L}\right)h_1^2 \quad (29)$$

The resulting equation is close in structure to the Korteweg-de-Vries equation [12, 25] with a nonlinear perturbation of the right-hand side and slowly changing coefficients. The presence of such a perturbation leads to the fact that the dispersion relation of the last equation (29) contains a nonzero imaginary part, and an undamped wave solution can exist only on the neutral line and in the region of increasing amplitudes.

Conclusion. A mathematical model of propagation of long-wave nonlinear surface waves with small amplitude in flowing condensate films has been developed. When deriving the flow equations, the dependence of the liquid viscosity on the temperature of the supporting surface has been taken into account. Asymptotic analysis of the model has made it possible to estimate the degree of influence of variable viscosity and disturbances of the mass source intensity on the wave characteristics. The paper presents the general structure of the perturbed wave equation, which can be used for solving problems of propagation of nonlinear waves in condensate films under various boundary conditions.

References

1. Katsiavria A., Papageorgiou D. T. Nonlinear waves in viscous multilayer shear flows in the presence of interfacial slip//Wave Motion.-2022.-Vol.114.103018. DOI 10.1016/j.wavemoti.2022.103018

2. Mukhopadhyay S., Mukhopadhyay A. Waves and instabilities of viscoelastic fluid film flowing down an inclined wavy bottom//Physical Review E.- 2020-Vol.102(2): 023117. DOI 10.1103/ Physl RevE.102.023117

3. Ogrosky H. R. Linear stability and nonlinear dynamics in a long-wave model of film flows inside a tube in the presence of surfactant//Journal of Fluid Mechanics.-2021.- Vol.908.- P.1-16. DOI 10.1017/jfm.2020.878

4. Zakaria K., Sirwah M. A. Nonlinear dynamics of a liquid film flow over a solid substrate in the presence of external shear stress and electric field//The European Physical Journal Plus-2022.-Vol.137(9):1087. DOI 10.1140/epjp/s13360-022-03249-7

5. Beloglazkin A. N., Shkadov V. Y. Nonlinear Waves in Film Viscous Liquid Flows at Arbitrary Kapitsa Numbers //Fluid Dynamics.-2021.-Vol 56(4).- P.539-551. DOI10.1134/S0015462821040029

6. Mukhopadhyay S., Mukhopadhyay A. Hydrodynamic instability and wave formation of a viscous film flowing down a slippery inclined substrate: Effect of odd-viscosity // European Journal of Mechanics-B / Fluids.-2021.-Vol.89.- P.161-170. DOI 10.1016/j.euromechflu.2021.05.013

7. Duruk S. Nonlinear dynamics of thin liquid films subjected to mixed-frequency electrical field//Physics of Fluids.-2020.Vol.32(5). P. DOI 10.1063/5.0008220

8. Lerisson G., Ledda P. G., Balestra G., Gallaire F. Instability of a thin viscous film flowing under an inclined substrate: steady patterns//Journal of Fluid Mechanics.-2020.Vol.898. DOI 10.1017/jfm.2020.396

9. Mukhopadhyay S., Cellier N., Mukhopadhyay A. Long-wave instabilities of evaporating/condensing viscous film flowing down a wavy inclined wall: Interfacial phase change effect of uniform layers//Physics of Fluids.-2022.-Vol.34(4). DOI 10.1063/5.0089068

10. Witelski T. P. Nonlinear dynamics of dewetting thin films//AIMS Mathematics.-2020.-Vol. V.5(5). -P.4229-4259. DOI 10.3934/math.2020270

11. Camassa R., Marzuola J. L., Ogrosky H. R., Swygert S. On the stability of traveling wave solutions to thin-film and long-wave models for film flows inside a tube//Physica D: Nonlinear Phenomena.–2021.-Vol.415(3): 132750. DOI:10.1016/j.physd.2020.132750

12. Brener A., Yegenova A., Botayeva S. Equations of Nonlinear Waves in Thin Film Flows with Mass Sources and Surface Activity at the Moving Boundary//WSEAS Transactions on Fluid Mechanics.-2020.-Vol.15.-P.149-163. DOI 10.37394/232013.2020.15.15

13. Kim D. J., Kim D. Low-order modelling of three-dimensional surface waves in liquid film flow on a rotating disk//Journal of Fluid Mechanics. - 2024.-Vol.985. DOI 10.1017/jfm.2024.274

14. Hu T., Fu Q., Yang L. Falling film with insoluble surfactants: effects of surface elasticity and surface viscosities//Journal of Fluid Mechanics.-2020.-Vol.889. DOI 10.1017/jfm.2020.89

15. Maksymov I. S., Pototsky A. Solitary-like wave dynamics in thin liquid films over a vibrated inclined plane//Applied Sciences.-2020.-Vol.13(3):1888.2023. DOI 10.3390/app13031888

16. Ranganathan U., Chattopadhyay G., Tiwari N. Evolution of a thin film down an incline: A new perspective // Physics of Fluids .-2020.-Vol.32(1). DOI 10.1063/1.5127815

17. Zhou G., Prosperetti A. Capillary waves on a falling film // Physical Review Fluids .-2020.-Vol.5(11): 114005. DOI 10.1103/PhysRevFluids.5.114005

18. Akylas T. R. David J. Benney: Nonlinear wave and instability processes in fluid flows//Annual Review of Fluid Mechanics.-2020.-Vol.52(1).-P.21-36.DOI 10.1146/annurev-fluid-010518-040240

19. Khusnutdinova K., Gavrilyuk S., Ostrovsky L. Nonlinear dispersive waves in fluids and solids // Wave Motion.- 2023.- Vol.118:103123. DOI 10.1016/j.wavemoti.2023.103123

20. Singh G., Tiwari N. Stability of traveling waves of a thermoviscous liquid film down the outer surface of a cylinder//Physical Review Fluids.-2024.-Vol.9(2): 024002. DOI 10.1103/PhysRevFluids.9.024002

21. Sojahrood A. J., Haghi H., Karshafian R., Kolios M. C. Classification of the major nonlinear regimes of oscillations, oscillation properties, and mechanisms of wave energy dissipation in the nonlinear oscillations of coated and uncoated bubbles//Physics of Fluids.-2021.-V.33(1):16105 DOI 10.1063/5.0032766

22. Helal M. A., Badawi S. E., Mahmoud W. Wave propagation over a beach within a nonlinear theory//Inf. Sci. Lett.-2022.-V.11(05).-P.1741-1755. DOI 10.18576/isl/110531

23. Dong X., Chen W. Numerical analysis of wave effect on steam–air condensation on a vertical surface // Annals of Nuclear Energy.-2022.-Vol.168.108872. DOI 10.1016/j.anucene.2021.108872

24. Choi Y., Son G., Lee G. Numerical simulation of wavy film condensation in a vertical channel with non-condensable gas//International Journal of Heat and Mass Transfer.-2022.- Vol.149:119173. DOI 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2019.119173

25. Iqbal M., Faridi W. A., Algethamie R., Alomari F. A., Murad M. A. S., Alsubaie N. E., Seadawy A. R. Extraction of newly soliton wave structure to the nonlinear damped Korteweg–de Vries dynamical equation through a computational technique//Optical and Quantum Electronics.-2024.-Vol.56(7):1189. DOI 10.1007/s11082-024-06880-z

Information about the authors

Kayumova U.- doctoral student, South Kazakhstan University. M. Auezova, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: dreams_dream@mail.ru;

Musabekov A.- PhD., Associate Professor, South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: musabekov_a@rambler.ru;

Brener A.- Doctor of Technical Sciences, Professor, South Kazakhstan University. M. Auezova, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: amb_52@mail.ru;

Razaliy Bin Yaakob- PhD, Associate Professor, Universiti Putra Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia, e-mail: razaliy@upm.edu.my;

Egenova A.-PhD, South Kazakhstan University. M. Auezova, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: aegenova@mail.ru.

Сведения об авторах

Каюмова У.- докторант, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан, e-mail: dreams_dream@mail.ru;

Мусабеков А. - к.т.н., ассоциированный профессор, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан, e-mail: musabekov_a@rambler.ru;

Бренер А.- д.т.н., профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан, e-mail: amb_52@mail.ru;

Разали Бин Якуб- PhD, ассоциированный профессор, Университет Путра Малайзия, Куала-Лумпур, Малайзия, e-mail: razaliy@upm.edu.my;

Егенова А.- доктор PhD Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, г. Шымкент, Казахстан, e-mail: aegenova@mail.ru.

МРНТИ 28.23.29 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-902**

ИЗВЛЕЧЕНИЕ СЕМАНТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ИЗ ТЕКСТОВ НА ОСНОВЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

[1]А. Даулеткалиева✉, [1]А. Муканова, [2]А. Назырова, [2]Б. Ергеш, [2]Л. Жеткенбай, [1]А. Бурибаева

[1]Международный университет Астана, Астана, Казахстан,
[2]«Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева», Астана, Казахстан
✉Корреспондент-автор: assem.dauletkaliyeva1@gmail.com

В процессе применения технологии есть несколько взаимосвязанных этапов. Сначала из текста выбирается информация, имеющая смысловое значение. Затем они приводятся в определенную структуру и включаются в онтологическую модель. На последнем этапе между этими данными устанавливаются семантические связи в результате формирования внутренней структуры онтологической системы.

Кроме того, метод был протестирован на онтологической модели, описывающей административно-географические особенности Казахстана. Опыт показал, что этот подход может быть эффективно применен не только в конкретной области, но и в других областях, таких как здравоохранение, многомерный анализ текстовых данных.

Результаты исследования показали, что предложенный подход позволяет систематизировать сложные текстовые структуры и вносить их в базу знаний. В этой области этот метод может играть особенно важную роль в разработке интеллектуальных систем, особенно в проектах, предназначенных для автоматической обработки и интерпретации сложных знаний.

Ключевые слова: онтологическая модель, извлечение данных, LLM, ChatGPT, семантическая сеть, OpenAI API.

EXTRACTING SEMANTIC DATA FROM TEXTS BASED ON LARGE LANGUAGE MODELS

[1]A. Dauletkaliyeva✉, [1]A. Mukanova, [1]A. Nazyrova, [2]B. Yergesh, [2]L. Zhetkenbai, [1]A. Buribayeva

[1]Astana International University, Astana, Kazakhstan,
[2]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
e-mail: assem.dauletkaliyeva1@gmail.com

There are several interrelated stages in the process of applying the technology. First, information with semantic meaning is selected from the text. Then they are brought into a certain structure and included in the ontological model. At the last stage, semantic connections are established between these data as a result of the formation of the internal structure of the ontological system.

In addition, the method was tested on an ontological model describing the administrative and geographical features of Kazakhstan. Experience has shown that this approach can be effectively applied not only in a specific field, but also in other areas such as healthcare, multidimensional text data analysis.

The results of the study showed that the proposed approach makes it possible to systematize complex text structures and add them to the knowledge base. In this field, this method can play a particularly important role in the development of intelligent systems, especially in projects designed for the automatic processing and interpretation of complex knowledge.

Keywords: ontological model, data extraction, LLM, ChatGPT, semantic network, OpenAI API.

ҮЛКЕН ТІЛДІК МОДЕЛЬДЕР НЕГІЗІНДЕ МӘТІНДЕРДЕН СЕМАНТИКАЛЫҚ ДЕРЕКТЕРДІ АЛУ

[1]А. Даулеткалиева✉, [1]А. Муканова, [2]А. Назырова, [2]Б. Ергеш, [2]Л. Жеткенбай, [1]А. Бурибаева

[1]Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан,
[2]Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
e-mail: assem.dauletkaliyeva1@gmail.com

Технологияны қолдану процесінде бірнеше өзара байланысты кезеңдер бар. Алдымен мәтіннен семантикалық мағынасы бар ақпарат таңдалады. Содан кейін олар белгілі бір құрылымға келтіріліп, онтологиялық модельге енгізіледі. Соңғы кезеңде онтологиялық жүйенің ішкі құрылымын қалыптастыру нәтижесінде осы мәліметтер арасында семантикалық байланыстар орнатылады.

Сонымен қатар, әдіс Қазақстанның әкімшілік-географиялық ерекшеліктерін сипаттайтын онтологиялық модельде сыналды. Тәжірибе көрсеткендей, бұл тәсілді тек белгілі бір салада ғана емес, денсаулық сақтау, мәтіндік деректерді көп өлшемді талдау сияқты басқа салаларда да тиімді қолдануға болады.

Зерттеу нәтижелері ұсынылған тәсіл күрделі мәтіндік құрылымдарды жүйелеуге және оларды білім базасына енгізуге мүмкіндік беретіндігін көрсетті. Бұл салада бұл әдіс интеллектуалды жүйелерді дамытуда, әсіресе күрделі білімді автоматты түрде өңдеуге және түсіндіруге арналған жобаларда ерекше маңызды рөл атқаруы мүмкін.

Түйін сөздер: онтологиялық модель, деректерді алу, LLM, ChatGPT, семантикалық желі, OpenAI API.

Введение. Поток информации, который ежедневно окружает нас, давно вышел за рамки простого «много данных». Изображения, видео, тексты и звук - всё это не просто хранится в цифровом пространстве, а обновляется каждую секунду. Но удивительно другое: несмотря на то, что данные есть, их понять - особенно машине - всё ещё сложно. Почему? Да потому что большинство из них неструктурированы. Они не объясняют себя, не говорят, что в них важно и главное - не несут ясного смысла, доступного для алгоритмов.

Да, у нас есть распознавание лиц, машинный перевод, поиск по картинкам. Но всё это похоже на то, как если бы вы узнали слово, но не поняли, что оно значит в разговоре. Контекст ускользает. А значит -ускользает и понимание.

Вот почему всё чаще говорят об онтологиях. Это не просто модное слово - это способ навести порядок. Представьте карту, где каждое понятие связано нитями с другими, где всё не хаотично, а продумано [1, 2]. Именно так компьютер начинает не просто читать данные, а, если угодно, понимать, о чём речь.

Онтологические модели ценятся за их гибкость-их можно уточнять, перестраивать, комбинировать с другими. Это не только сохраняет информацию, но и создает целые системы знаний, которые развиваются и обогащаются с течением времени [3].

Над онтологией часто работают несколько команд: десятки специалистов из разных организаций объединяют усилия. Специальные пространства имен используются для того, чтобы их фрагменты не мешали друг другу и в то же время взаимодействовали. Такой подход помогает сохранить независимость каждой части и в то же время связать их друг с другом [4].

Семантическая сеть предлагает переосмысление сущности Интернета. Он не только связывает документы, но и превращает различную информацию в единую сеть значений. В такой системе поиск становится интеллектуальным, а данные взаимосвязаны. Это уже не просто чтение, а понимание.

На практике онтологии доказали свою ценность на гораздо более высоком уровне, чем наука. Они используются при создании экспертных платформ, публикации связанных данных, образовательных систем и образовательных проектов [5].

Но в этой разработке есть одно ”но” - большая часть информации еще не заказана. Пока мы не знаем, как автоматически преобразовывать хаотические данные в структурированные данные,

еще слишком рано говорить о полном ”понимании” со стороны машин.

Здесь запускаются системы получения информации. Их задача-найти главное в тексте, отбросить лишнее и построить логическую структуру. Только тогда данные будут действительно полезны для интеллектуальной обработки.

Интернет пестрит данными, но вот найти среди них действительно ценную информацию - задача, которую не всегда под силу даже человеку, не говоря уже о машине. HTML-страницы могут быть переполнены деталями, но далеко не всё, что там есть, представляет интерес. Алгоритмам приходится отделять шум от сути, и именно здесь начинаются сложности.

Контекст ускользает. Слова теряют смысл без окружения. Машинам не хватает «чутья», чтобы понять, к чему относится то или иное утверждение. А если в тексте встречаются намёки, ирония или двусмысленность - считай, алгоритм попал в тупик.

В условиях, когда информация собирается в невероятных объёмах, но остаётся хаотичной, становится ясно: без надёжных методов обработки ни о каком осмысленном использовании речи быть не может. В этой статье речь пойдёт о том, как современные подходы помогают сделать знания доступными для машин - и какие идеи могут изменить ландшафт цифровой обработки в ближайшие годы.

Обзор литературы. Большие языковые модели в последние годы стали настоящим прорывом в области онтологического обогащения. Если раньше извлечение знаний из текстов требовало кропотливой работы экспертов, то теперь эту задачу можно частично передать алгоритмам. Они всё лучше справляются с тем, чтобы находить в неструктурированных текстах действительно полезную информацию и превращать её в элементы формализованных моделей.

Одним из направлений, вызвавших большой интерес, стало межъязыковое сопоставление. Например, в методике, предложенной Ибрагимом и его коллегами, используется семантическое выравнивание для автоматического расширения онтологий. Алгоритм сам подбирает наиболее уместные переводы терминов - подход, который особенно важен в условиях многоязычной среды [6].

Методы глубинного обучения тоже не остались в стороне. В частности, работа Санагаварапу и его команды показывает, как алгоритмы анализируют текстовые данные из открытых баз по уязвимостям и профильных форумов. Это особенно актуально для сфер вроде кибербезопасности, где важно быстро находить и обновлять знания в онтологиях [7].

Вероятностные подходы дают интересный результат, особенно при работе с разнородными источниками. Так, в системе, описанной Тиссауи с соавторами, используется тематическое моделирование - оно позволяет выявлять скрытые связи и строить терминологические онтологии без жёсткой ручной настройки [8].

Как отмечают Кокла и его коллеги, онтологии дают возможность существенно повысить точность семантического поиска. Благодаря аннотированию и структурированному представлению информации пользователи быстрее находят релевантные данные [9].

Особую роль сейчас начинают играть решения, которые позволяют не просто обновлять знания, а связывать их между собой. Например, система, созданная Себуби, строится на принципах связных данных и помогает автоматически интегрировать новые фрагменты знаний, при этом сохраняя целостность онтологической структуры [10].

Область автоматического сопоставления онтологий продолжает развиваться. Особенно интересной стала возможность подключить большие языковые модели. Без предварительной разметки, всего по паре примеров, такие модели уже показывают неплохие результаты. Хертлинг, к примеру, продемонстрировал, что zero-shot и few-shot методы вполне способны заменить традиционные алгоритмы, требующие большого количества обучающих данных [11].

Это не просто удобство - это смена подхода. Мы переходим к новым принципам управления знаниями. Здесь вместе работают вероятностные

методы, машинное обучение и межъязыковая семантика. Всё это помогает строить онтологии, которые могут меняться и расти по мере поступления новых данных.

Тем не менее, далеко не всё исследовано. Например, тема использования LLM и отечественных ИИ-систем в таких узких областях, как геоинформационные технологии, почти не затронута. Здесь пока пробел, и он явно требует внимания - как со стороны исследователей, так и разработчиков.

Материалы и методы. Одного инструмента может быть недостаточно. Чтобы выжать максимум из текста, пришлось сочетать несколько технологий. Главное - связать онтологии с обработкой естественного языка. Это дало нужный эффект: получилось не просто анализировать фразы, а понимать, о чём они - в машинных терминах.

Основой служила большая языковая модель (LLM). Она брала неструктурированные тексты, переводила их в понятную системе форму, а дальше - дело за Protégé и OWLready2: они помогали встроить извлечённую информацию в онтологическую структуру.

Список методов оказался достаточно разнообразным: от NER и семантического анализа до машинного обучения и логического вывода. Всё это в комплексе помогло выстроить между понятиями такие связи, которые руками выискивать долго и сложно. Качество проверяли не на глаз: использовали точность, полноту и F1-оценку. Так получилась объективная картина, а не просто впечатление. Интересно, что методика сработала не только в одной узкой теме - её получилось адаптировать под разные области. Это ещё раз показало: автоматический семантический анализ способен вытянуть порядок даже из самого разрозненного текста.

Архитектура информационной системы для проведения эксперимента. Во время эксперимента без своей системы обойтись не получилось. Одних только данных было мало - нужно было понять, как связаны между собой понятия и как лучше с ними работать (см. рисунок 1). Для начала построили онтологию. Использовали Protégé: задавали классы, указывали свойства, соединяли элементы между собой. Постепенно возникла картина, где всё логично связано. Чтобы не запутаться в связях, добавили небольшие пояснения и ограничения. Это помогло избежать недопонимания и позволило системе работать с моделью без ошибок.

Здесь приведён кусочек итоговой схемы. Он даёт общее представление о том, как выстроены понятия и какие отношения между ними заложены.

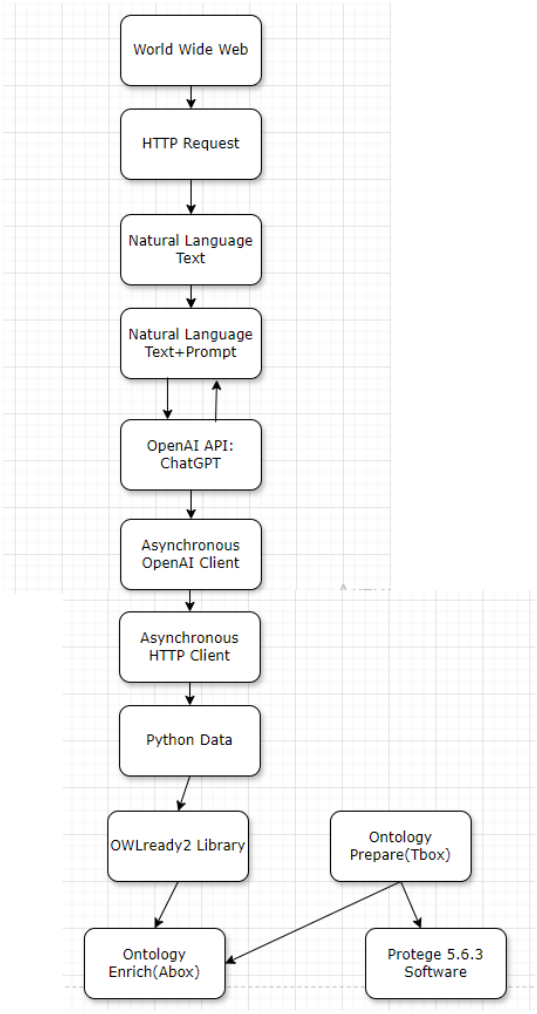


Рис.1 - Архитектура информационной системы извлечения данных

Система включает приложение Python, написанное в версии 3.9. Он не только загружает текст, его задача-извлекать смысл из материалов и превращать его в онтологические объекты без вме-

шательства человека.

На начальном этапе программа получает доступ к определенному набору ссылок. Эти адреса выбираются по теме разработанной онтологии. Запрошенные веб-страницы содержат тексты, которые могут включать важные термины и концепции. Таким образом, система может получить доступ к исходному, еще не структурированному контенту.

Дается дополнительное объяснение: на каждую страницу отправляется отдельный запрос. Он предназначен для учета специфики текстовой презентации и формата промежуточных данных. Благодаря этому система способна ”понять”, где находится главное и где находится второй уровень, и не потерять основную информацию.

После этого собранный текст отправляется в OpenAI GPT-3.5. Из него извлекаются структурированные фрагменты, которые возвращаются в формате Python, часто в списках или словарях. Они служат основой для создания онтологических объектов.

Эти объекты формируются прямо внутри системы. Через библиотеку OWLready2 им присваиваются свойства, отношения и дополнительные характеристики. Таким образом расширяется структура онтологии: появляются новые понятия и связи — и все это происходит без ручной обработки.

В следующем разделе показано, как эти функции интегрированы в общую архитектуру всей системы и как связаны отдельные модули.

Описание эксперимента. Попробуйте использовать несколько HTTP-протоколов в Интернете. Первоначальный список ссылок веб-страниц был выявлен при участии специалиста с салат-баром.

Исходя из задач, такой подход позволял проводить семантическое кодирование: поисковики по контенту искали любую информацию, а инженерия онтологий на их основе формировала модель знаний.

Для извлечения данных использовалась библиотека aiohttp, которая обеспечивает асинхронную передачу HTTP-запросов. Не забудьте установить систему параллельно и обработать автоматом. Наряду с Sony есть и некоторые элементы, не связанные с рекурсивной структурой веб-браузера: баннеры, сервисные знаки, технические записи. Все эти данные были распределены до начала работы с онтологией.

Для структурирования контента использовалась библиотека BeautifulSoup. Он был закодирован, а основные текстовые фрагменты были объединены в HTML-документы для создания других полезных изображений. Например, был рассмотрен сайт Википедии «География Казахстана» (https://kk.wikipedia.org, дата обращения 20 апреля 2024 г.). Из этой статьи были отобраны основные части текста и создана система геоинформационной онтологии.

HTML Свяжитесь с нами (см. Гарантия 2). Алгоритм классифицирует основные блоки и темы. Они основаны на структуре сайта, которая может быть адаптирована к сайту. Этот метод позволил сократить количество столбцов в онтологии, собрав в одном месте контент различных форматов.

Как читать статью в Википедии (рис.2) модель генерации chatgpt 3.5 генерирует вызов ввода, который также может включать структурированные данные на основе инструкций на естественном языке. Основная цель модели-автоматически извлекать и конвертировать полезный машиночитаемый контент с соответствующих веб-сайтов в формат, соответствующий целевой теме. Даже при использовании одного и того же входного запроса вероятностный характер chatgpt может привести к тому, что выходные результаты будут отличаться от запуска к запуску. Это отклонение требует быстрой и точной структурной корректировки для обеспечения стабильности и целостности выходных данных. Три основных компонента запроса-это код веб-страницы, который изначально содержит неструктурированные данные, общее описание полученных данных с указанием критериев соответствия и описание выходного формата, которое гарантирует совместимость с используемыми методами обработки данных.

```
async def get_html(url):
async with aiohttp.ClientSession() as session: # Create an asynchronous session
async with session.get(url=url) as response:
page = await response.read()
soup = BeautifulSoup(page, "html.parser")
# Extract the title of the page
title = soup.find( 'span' , class_= 'mw-page-title-main').contents[0]
# Extract the main content of the page
body = soup.find( 'div' , class_= 'mw-content-ltr mw-parser-output')
# Return the title and body as a string
return str(title) + "\n"+ str(body)
import asyncio
url = 'https://en.wikipedia.org/wiki/Geography_of_Kazakhstan'
prompt = asyncio.run(get_html(url))
```

Рис.2 - Анализ страницы wikipedia.org

Структуры данных Python-это предсказуемый формат представления данных. Это значительно упрощает интеграцию информации в информационную систему. С помощью этого метода неструктурированные тексты могут быть автоматически преобразованы в семантически значимые структуры, которые можно редактировать дальше. С помощью ряда тестов был разработан идеальный формат вызова. Благодаря ему результаты хорошо повторяются. На рисунке 3 приведен пример такой структуры вызова; код веб-страницы не включен из-за его размера. Благодаря улучшенной структуре приглашений результаты мало меняются. Это улучшает структуру и качество полученных данных, что имеет решающее значение для автоматического обогащения онтологий на основе веб-материалов.

```
countries = [
[ "name_in_english", [ ("name_in_kz", "kz"), ("name_in_en", "en"), ("name_in_ru", "ru") ]
]
regions = [
[ "name_in_english", [ ("name_in_kz", "kz"), ("name_in_en", "en"), ("name_in_ru", "ru") ]
]
settlements = [
[ "name_in_english", [ ("name_in_kz", "kz"), ("name_in_en", "en"), ("name_in_ru", "ru") ]
]
objects = [
[ "name_in_english", [ ("name_in_kz", "kz"), ("name_in_en", "en"), ("name_in_ru", "ru") ]
]
```

Рис.3 - Запрос ChatGPT для извлечения данных с веб-страницы в списки на Python

Текстовое описание предполагаемого результата и структурный формат представления данных, удовлетворяющий требованиям онтологической модели, приведены в приглашении chatgpt 3.5 для обеспечения точного получения и структурирования информации.

Целевой формат, Python, упрощает ввод полученных результатов в созданную информационную систему.

Приглашение включает восемь списков, каж-

дый из которых играет определенную семантическую роль:

Люди, принадлежащие к важным классам онтологии Country, area, settlement и object, находятся в первых пяти списках. Географическая онтологическая модель строится с использованием этих элементов данных в качестве основы.

Иерархические отношения между объектами определяются тремя другими списками:

- Связь между регионами и конкретными странами устанавливается функцией регион - страна.

- Регион-населенный пункт (определяет территориальную принадлежность населенного пункта);

- Объект-регион: связывает объекты с соответствующими регионами, включая памятники архитектуры или природы.

Эту систематическую методологию можно использовать для автоматизации процесса построения онтологических моделей. Это обеспечивает машинное чтение и последовательность полученной онтологии.

Кодифицированное описание извлеченных данных снижает вариативность ответов генерируемой модели. Точность интерпретации информации также улучшилась.

Пока данные извлекаются и организуются автоматически, доступ к OpenAI API осуществляется через асинхронную библиотеку AsyncOpenAI.

Этот метод позволяет эффективно обрабатывать запросы асинхронно. Это снижает задержку при обмене данными, особенно при обработке многих последовательных запросов. На рисунке 4 показан компьютерный код, показывающий, как отправить запрос с использованием экземпляра класса OpenAIClient.

```python
async def analyze_wiki(openAIclient, prompt, query):
    completion = await openAIclient.chat.completions.create(
        model="gpt-3.5-turbo",
        messages=[{"role": "user", "content": f"{prompt}{query}"}]
    )
    return completion.choices[0].message.content

async def main():
    # Fetch content from a Wikipedia page
    prompt = await get_html('https://en.wikipedia.org/wiki/Geography_of_Kazakhstan')

    # Read the query from a file
    with open('query.txt', 'r') as query_file:
        query = query_file.read()

    # Initialize OpenAI client
    openAIclient = AsyncOpenAI(api_key=os.environ['OPENAI_API_KEY'])

    # Analyze the Wikipedia page content with the query
    completion = await analyze_wiki(openAIclient, prompt, query)

    # Save the output to a file
    with open('geo.py', 'w') as data_file:
        data_file.write(completion)

    # Print the completion result to the console
    print(completion)

# Run the main function
if __name__ == "__main__":
    import asyncio
    asyncio.run(main())
```

Рис.4 - Отправка запроса к открытому API

Готовое приглашение ввода можно найти в текстовом файле. запрос.текст. Запрос загружается из файла перед отправкой. Этот метод сохранения упрощает адаптацию содержимого приглашения к конкретным требованиям области заголовка.

Асинхронный метод взаимодействия API позволяет обрабатывать несколько запросов одновременно. Это особенно полезно при использовании модели в системах с высокой нагрузкой.

ChatGPT 3.5 завершает запрос и возвращает машиночитаемый ответ (например, структуры данных JSON или Python). Это упрощает дальнейшую обработку результатов и интеграцию в онтологическую модель.

На рисунке 5 показан код Python, созданный в результате запроса ChatGPT-3.5. Это обеспечивает непрерывную интеграцию в рабочий процесс обработки программного обеспечения без необходимости дальнейшего анализа или преобразования.

Использование этой стратегии упрощает управление данными. Это позволяет автоматически получать структурированные данные и немедленно использовать их для дальнейшего анализа или онтологического моделирования.

```
countries = [
    ["Kazakhstan", [("Қазақстан", "kz"), ("Kazakhstan", "en"), ("Казахстан", "ru")]],
]

regions = [
    ["Almaty Region", [("Алматы облысы", "kz"), ("Almaty Region", "en"), ("Алматинская обл
    ["Akmola Region", [("Ақмола облысы", "kz"), ("Akmola Region", "en"), ("Акмолинская обл
    ["Aktobe Region", [("Ақтөбе облысы", "kz"), ("Aktobe Region", "en"), ("Актюбинская обл
]

settlements = [
    ["Almaty", [("Алматы", "kz"), ("Almaty", "en"), ("Алма-Ата", "ru")]],
    ["Astana", [("Астана", "kz"), ("Astana", "en"), ("Астана", "ru")]],
    ["Kostanay", [("Қостанай", "kz"), ("Kostanay", "en"), ("Костанай", "ru")]],
    ["Pavlodar", [("Павлодар", "kz"), ("Pavlodar", "en"), ("Павлодар", "ru")]],
]

objects = [
    ["Altai Mountains", [("Алтай таулары", "kz"), ("Altai Mountains", "en"), ("Алтайские г
    ["Caspian Sea", [("Каспий теңізі", "kz"), ("Caspian Sea", "en"), ("Каспийское море", "
    ["Zhetysu District", [("Жетісу ауданы", "kz"), ("Zhetysu District", "en"), ("Жетысуски
]

countries_regions = [
    ("Almaty Region", "Kazakhstan"),
    ("Akmola Region", "Kazakhstan"),
    ("Aktobe Region", "Kazakhstan"),
]

regions_settlements = [
    ("Almaty", "Almaty Region"),
    ("Astana", "Akmola Region"),
    ("Kostanay", "Kostanay Region"),
    ("Pavlodar", "Pavlodar Region"),
]
```

Рис.5 - фрагмент промежуточных данных из текста страницы

В ответе модели словари и списки соответствуют заданной структуре. Это имеет несколько важных преимуществ:

- ввод данных непосредственно в обработчик без дополнительных процедур преобразования;

- OWLready2 очень совместим с другими инструментами для создания онтологий;

- Масштабируемость и универсальность позволяют использовать полученные данные в различных областях.

Благодаря этому формату данные из ChatGPT-3.5 могут быть автоматически импортированы в онтологическую модель.

Иерархические связи и семантическая корректность сохраняются.

Это делает процесс создания онтологии более независимым и эффективным.

Для автоматизации процессов структурирования знаний и демонстрации практического применения предложенной технологии разработана онтологическая модель. Эта идея описывает географию страны и ее административное деление.

Создается иерархическая структура классов и свойств. Модель обеспечивает формальное машиночитаемое представление важных географических объектов и их взаимосвязей.

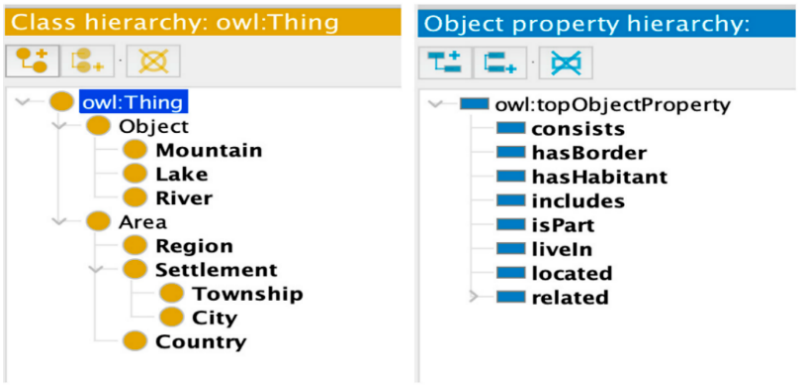


Рис.6 - Иерархия классов и свойств разработанной модели [12]

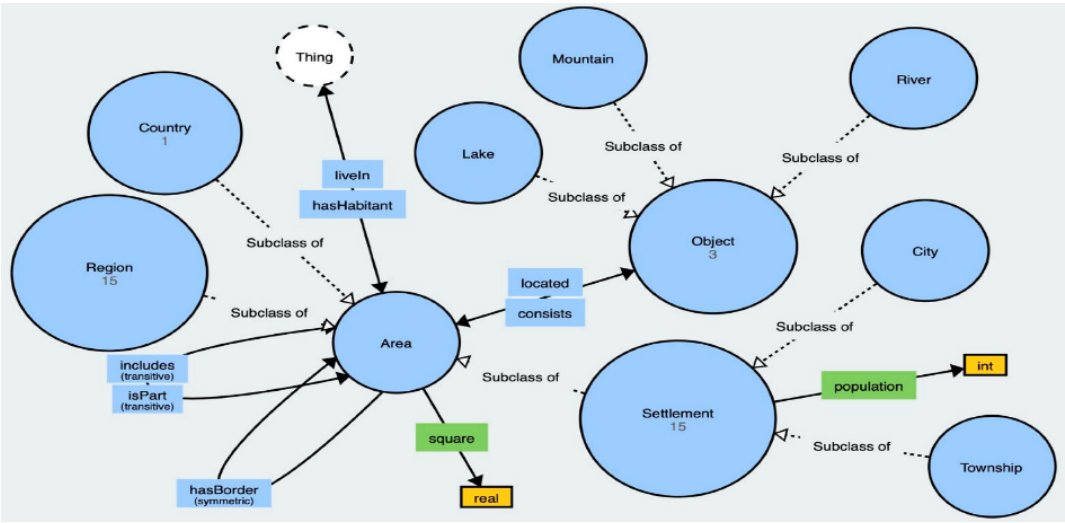


Рис.7 - Граф семантической сети геоинформационной системы [12]

Структура онтологической модели показана на рисунке 6. Семантические характеристики административных единиц представлены их основными классами, объектными свойствами, свойствами данных. Плагин protégévowl использовался для создания онтологического графика для визуализации семантических отношений между объектами. Эта визуализация показана на рисунке 7. Онтологическая модель была автоматически обновлена соответствующей информацией путем

объединения данных ChatGPT - 3.5. Кроме того, он расширил сферу своей темы. Таким образом, применение предложенного метода подтверждает целесообразность динамического обновления и автоматического синтеза онтологий с использованием данных из онлайн-источников. В результате система становится семантически богатой, масштабируемой и адаптивной.

На рисунке 8 представлен код, иллюстрирующий, каким образом в онтологическую базу вносятся новые элементы. В основе алгоритма — создание экземпляров классов с заданием необходимых характеристик. Для поддержки использования в разных языковых средах каждому элементу назначаются метки сразу на трёх языках, что позволяет применять модель в интернациональных условиях.

Такой подход позволяет системе пополнять онтологию автоматически, по мере появления новых сведений. Это делает систему гибкой и удобной для адаптации под различные сценарии. Использование данных из онлайн-источников, имеющих чёткую структуру, помогает более точно выполнять логические операции и семантический поиск. После запуска соответствующего скрипта все сущности и их параметры добавляются в онтологическую модель без участия пользователя.

```
for country in countries:
    print(country)
    country_individual = onto.Country(country[0])
    country_individual.label = []
    for label in country[1]:
        country_individual.label.append(locstr(label[0], lang=label[1]))

# Adding regions with multilingual labels to ontology
for region in regions:
    print(region)
    region_individual = onto.Region(region[0])
    region_individual.label = []
    for label in region[1]:
        region_individual.label.append(locstr(label[0], lang=label[1]))

# Adding properties that link regions to countries in the ontology
for country_region in countries_regions:
    country_individual = onto.Country(country_region[1])
    region_individual = onto.Region(country_region[0])
    region_individual.isPart = [country_individual]
```

Рис.8 - Фрагмент программного кода для создания объектов в онтологии

Таким образом, обеспечивается систематическое представление знаний в соответствии с ранее определенной иерархией классов и характеристик объектов. Результат, который показывает свойства объектов, структуру классов и их взаимосвязь, показан на рисунке 9 при обращении к онтологии, созданной в редакторе protégé.

Как показывает успешный и безошибочный запуск логического механизма (reasoner), полная логическая совместимость созданной онтологии является одной из ее основных характеристик. Благодаря такой реализации онтологическая модель может автоматически обновляться, что значительно повышает семантическую полноту и точность. Онтология становится динамичной и может адаптироваться к изменяющимся условиям в предметной области путем объединения полученных данных. Как таковая, она является полезным инструментом для приложений семантического поиска и систем управления знаниями.

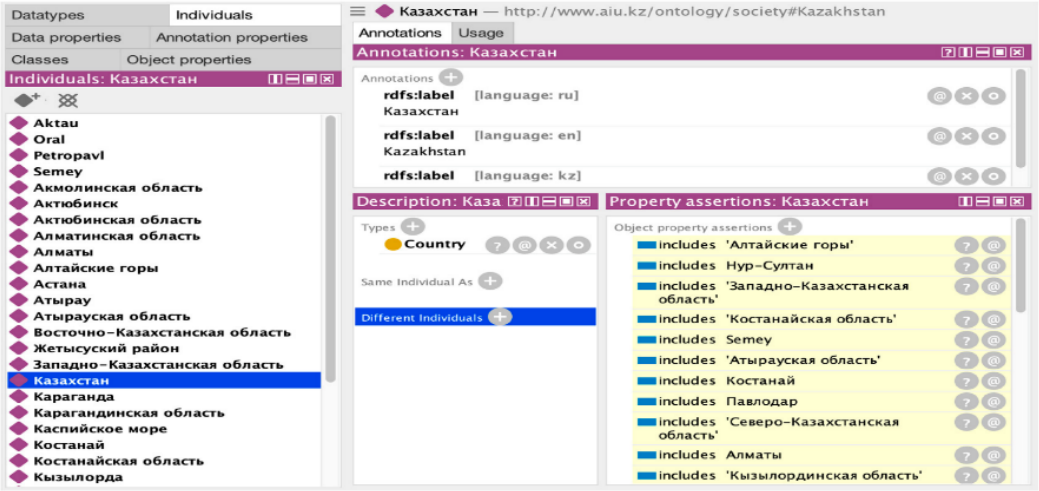


Рис.9 - Созданная онтология в редакторе Protégé с инициализированной логикой [12]

Результаты и обсуждение. Эксперименты проводились для оценки качества, полноты и продолжительности задачи извлечения данных из содержимого веб-страницы с использованием ChatGPT 3.5. Целью этих тестов было проанализировать, насколько хорошо модель автоматически структурировала информацию и представляла ее в машиночитаемой форме. В ходе опроса были собраны ключевые параметры извлеченных данных, включая количество извлеченных объектов, точность, отзыв, F1 и время выполнения запроса. Результаты представлены в таблице 1. Таблица 1: Результаты поиска на основе чата 3.5-это данные веб-страниц. Модель поддерживает приемлемый коэффициент отзыва 0,87 с неизменно высокой степенью точности в среднем 0,91, согласно результатам анализа.

Таблица 1 - Результаты экспериментов по извлечению данных с веб-страницы с использованием ChatGPT 3.5

Эксперименты	Количество извлечённых сущностей	Точность (Precision)	Полнота (Recall)	F1-score	Время выполнения (сек)
1	120	0.89	0.85	0.87	12.4
2	132	0.91	0.87	0.89	11.8
3	127	0.90	0.86	0.88	12.1
4	135	0.92	0.88	0.90	11.5
5	130	0.91	0.87	0.89	11.9

Во время тестирования было замечено, что показатели F1 колебались между 87% и 90%. Это связано с тем, что система довольно точно извлекает данные, при этом средняя полнота остаётся приемлемой. В среднем запрос обрабатывался за 12 секунд — благодаря налаженной передаче данных и стабильной работе API. Автоматизация позволила не только повысить качество извлекаемой информации, но и ускорила обработку больших текстов. Модель хорошо себя проявила при работе с различными темами, что делает её полезной при уточнении и расширении структур знаний.

Таким образом, можно сказать, что ChatGPT

3.5 подходит для задач, связанных с выделением ключевой информации, а также с созданием онтологий и упрощением анализа текстовых данных.

Выводы. Мы проверили, как наш метод справляется с задачей извлечения информации из обычных текстов. В результате стало ясно, что он помогает находить важные части текста и включать их в онтологическую схему. Применение языковых моделей улучшило точность обработки. Пример с казахским текстом по теме старения показал, что метод работает в разных тематиках. Мы также заметили, что система подходит для разных форматов текстов. В будущем мы хотим сделать её более гибкой и точной. Всё это подтверждает, что предложенный подход полезен для создания систем, которые умеют переводить обычные тексты в структурированную форму.

***Финансирование**. Данное исследование было проведено Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грантNo AP19577922) – «Технология создания интеллектуальной вопросно-ответной системы на казахском языке».*

Литература

1. Ranjan R.,Vathsala H., Koolagudi S.G. Profile generation from web sources: An information extraction system // Social Network Analysis and Mining.-2022.-Vol.12(2). DOI 10.1007/s13278-021-00827-y.

2. Jayasankar U., Thirumal V., Ponnurangam D. A survey on data compression techniques: From the perspective of data quality, coding schemes, data type and application // Journal of King Saud University-Computer and Information Science.-2021.-Vol.33(2).- P.119–140. DOI 10.1016/j.jksuci.2018.05.006.

3. Dey R., Balabantaray R. C., Mohanty S. Sliding window based off-line handwritten text recognition using edit distance //Multimedia Tools and Applications. – 2022. – Vol.81. – P.22761-22788. DOI 10.1007/s11042-021-10988-9.

4. Rupapara V. et al. Relevant data node extraction: A web data extraction method for non contagious data //2020 5th international conference on communication and electronics systems (ICCES). - IEEE. - 2020. - P.500-505. DOI 10.1109/ICCES48766.2020.9137897.

5. Xu T. et al. Chinese News Data Extraction System Based on Readability Algorithm // Communications in Computer and Information Science. - 2020. - P.153-164. DOI 10.1007/978-981-15-8083-3_14

6. Ibrahim S., Fathalla S., Yazdi H., Lehmann J., & Jabeen H. From monolingual to multilingual ontologies: The role of cross-lingual ontology enrichment. // Semantic Systems. The Power of AI and Knowledge Graphs: 15th International Conference, SEMANTiCS 2019. Lecture Notes in Computer Science. - 2019. -Vol.11702. Springer. - P.215-230. DOI 10.1007/978-3-030-33220-4_16.

7. Sanagavarapu L. M., Iyer V., Reddy R. A deep learning approach for ontology enrichment from unstructured text //arXiv preprint arXiv:2112.08554. - 2021. DOI 10.48550/arXiv.2112.08554

8. Tissaoui A., Sassi S., Chbeir R. Probabilistic topic models for enriching ontology from texts //SN Computer Science. -2020. - Vol.1 (336). DOI 10.1007/s42979-020-00349-y.

9. Kokla M., Papadias V., Tomai E. Enrichment and population of a geospatial ontology for semantic information extraction //The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.-2018.-Vol.42. -P.309-314. DOI 10.5194/isprs-archives-XLII-4-309-2018

10. Sebubi O., Zlotnikova I., Hlomani H. Ontology-driven semantic enrichment framework for open data value creation //Data Science Journal. -2023. -Vol.22. - P.40. DOI 10.5334/dsj-2023-040.

11. Hertling S., Paulheim H. Olala: Ontology matching with large language models //Proceedings of the 12th Knowledge Capture Conference, 2023. -2023.- P.131-139. DOI 10.1145/3587259.3627571.

12. Mukanova, A., Milosz, M., Dauletkaliyeva, A., Nazyrova, A., Yelibayeva, G., Kuzin, D., & Kussepova,

L. LLM-powered natural language text processing for ontology enrichment. – 2024. -14(13): 5860. DOI 10.3390/app14135860.

Сведения об авторах

Даулеткалиева А.-докторант Международного университета Астаны, Астана, Казахстан, e-mail: assem.dauletkaliyeva1@gmail.com;

Муканова А. - PhD, доцент Международного университета Астаны,Астана, Казахстан, e-mail: asiserikovna@gmail.com;

Назырова А. – PhD, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, старший преподаватель кафедры «технологии искусственного интеллекта», Астана, Казахстан, e-mail: ayzhan.nazyrova@gmail.com;

Ергеш Б. - PhD, заместитель директора департамента цифрового развития Евразийского национального университета им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: b.yergesh@gmail.com;

Жеткенбай Л. - PhD, Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, старший преподаватель кафедры «технологии искусственного интеллекта», Астана, Казахстан, e-mail: jetlen7@gmail.com;

Бурибаева А. - PhD, доцент Международного университета Астаны, Астана, Казахстан, e-mail: buribayeva@mail.ru.

Information about the authors

Dauletkaliyeva A.- doctoral student at Astana International University,Astana, Kazakhstan e-mail: assem.dauletkaliyeva1@gmail.com;

Mukanova A. - PhD, assoc. professor of the Astana International University, Astana, Kazakhstan, e-mail: asiserikovna@gmail.com;

Nazyrova A. – PhD, L. N. Gumilyov Eurasian National University, senior lecturer of the Department of artificial intelligence technologies, Astana, Kazakhstan, e-mail: ayzhan.nazyrova@gmail.com;

Yergesh B. - PhD, L. N. Gumilyov Eurasian National University, deputy director of the Department of digital development, Astana, Kazakhstan, e-mail: b.yergesh@gmail.com;

Zhetkenbai L. - PhD, L.N. Gumilyov Eurasian National University, senior lecturer of the Department of artificial intelligence technologies, Astana, Kazakhstan, e-mail: jetlen7@gmail.com;

Buribayeva A. - PhD, Associate Professor at Astana International University,Astana, Kazakhstan, e-mail: buribayeva@mail.ru.

ҒТАМР 50.41.25 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-920**

RASPBERRY PI КОМПЬЮТЕРЛІК КӨРУДІ ПАЙДАЛАНАТЫН ҚЫЗМЕТКЕРЛЕРДІҢ ЭМОЦИОНАЛДЫҚ КҮЙІН ТАНУ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Ж.С. Есенгалиева, Р.С. Каиржан, Н.С. Глазырина

Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан
Корреспондент-автор: jannayess@gmail.com

Бұл мақалада Raspberry Pi платформасында компьютерлік көру және жасанды интеллект әдістері мен модельдерін пайдалана отырып, қызметкерлердің эмоционалдық күйін тану жүйесін әзірлеу талқыланады. Авторлар терең оқыту, конволюционды нейрондық желілер негізінде үлгіні тану тақырыбына кең библиографиялық шолу жүргізді. FaceNet терең нейрондық желісінің архитектурасы зерттеледі, ол бет кескіндерін ықшам кірістірулерге (функция векторлары) түрлендіреді, және тұлғаны тану, жеке басын тексеру, кластерлеу тапсырмаларын тиімді орындауға мүмкіндік береді. Ұсынылып отырған әзірленген программалық жүйе нақты уақыт режимінде қызметкерлердің эмоционалдық жағдайын бақылау үшін бет-әлпетті тану және эмоцияны талдау алгоритмдерін біріктіреді. Кескінді өңдеудің негізгі құралы ретінде OpenCV кітапханасы, ал эмоцияны талдау үшін DeepFace моделі қолданылады. Программалық шешім Raspberry Pi бірплаттық компьютерінде жүзеге асырылды, ол жүйенің компактылығы мен автономиясын қамтамасыз етеді және әртүрлі жұмыс орталарында қолдануға ыңғайлын көрсетеді. Алынған нәтижелер қызметкерлердің комфорт жағдайы мен жұмыс жасау өнімділігін арттыру үшін персоналды басқаруда қолдануға болады. Сонымен қатар, қазіргі заманғы біртақталы құрылғыдағы деректерді талдау арқылы нақты уақыт режимінде эмоцияны тиімді тану мүмкіндігін көрсетеді.

Түйін сөздер: эмоционалды күйді тану, компьютерлік көру, Raspberry Pi, терең оқыту, конволюционды нейрондық желілер.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СОТРУДНИКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ НА RASPBERRY PI

Ж.С. Есенгалиева, Р.С. Каиржан, Н.С. Глазырина

Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан,
e-mail: jannayess@gmail.com

В данной статье рассматривается разработка системы распознавания эмоционального состояния сотрудников с использованием методов компьютерного зрения и искусственного интеллекта на платформе Raspberry Pi. Авторами проведен широкий библиографический обзор по теме распознавания образов на основе конволюционных нейронных сетей. Исследована глубокая нейронная сеть FaceNet, которая преобразует изображения лиц в компактные вложения (векторы признаков), что позволяет эффективно выполнять задачи распознавания лиц, проверки личности и кластеризации. Предлагаемая система интегрирует алгоритмы распознавания лиц и анализа эмоций для мониторинга эмоционального состояния сотрудников в реальном времени. В качестве основного инструмента для обработки изображений используется библиотека OpenCV, а для анализа эмоций – модель DeepFace. По данному исследованию изучены глубокие нейронные сети, архитектура модели Facenet. Реализовано программное решение на одноплатном компьютере Raspberry Pi, которое обеспечивает компактность и автономность работы системы, что делает её удобной для применения в различных рабочих средах. Полученные результаты демонстрируют возможность эффективного распознавания эмоций в реальном времени с аналитикой данных в условиях одноплатного устройства, что обуславливает использование в управлении персоналом с целью повышения комфорта и продуктивности сотрудников.

Ключевые слова: распознавание эмоционального состояния, компьютерное зрение, Raspberry Pi, глубокое обучение, сверточные нейронные сети.

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR RECOGNITION OF THE EMOTIONAL STATE OF EMPLOYEES USING COMPUTER VISION ON RASPBERRY PI

Zh.S. Yessengaliyeva✉, R.S. Kairzhan, N.S. Glazyrina

L.N. Gumilyov Eurasian national university, Astana, Kazakhstan,
e-mail: jannayess@gmail.com

This article discusses the development of a system for recognizing the emotional state of employees using computer vision and artificial intelligence methods on the Raspberry Pi platform. The authors conducted an extensive bibliographic review on the topic of pattern recognition based on convolutional neural networks. The deep neural network FaceNet is studied, which transforms facial images into compact embeddings (feature vectors), which allows for efficient tasks of face recognition, identity verification and clustering. The proposed system integrates face recognition and emotion analysis algorithms to monitor the emotional state of employees in real time. The OpenCV library is used as the main tool for image processing, and the DeepFace model is used for emotion analysis. In this study, deep neural networks and the Facenet model architecture are studied. A software solution is implemented on a Raspberry Pi single-board computer, which ensures the compactness and autonomy of the system, which makes it convenient for use in various work environments. The obtained results demonstrate the possibility of effective emotion recognition in real time with data analytics in a single-board device, which determines the use in personnel management in order to improve the comfort and productivity of employees.

Keywords: emotional state recognition, computer vision, Raspberry Pi, deep learning, convolutional neural networks.

Кіріспе. Адамдардың эмоционалдық жағдайын бақылау медицина, білім беру, HR және интерактивті жүйелерді қоса алғанда, әртүрлі салаларда маңызды болып табылады. Эмоцияларды тиімді тану және талдау қабілеті адамдар мен машиналар арасындағы өзара әрекеттесу сапасын жақсартуға, психологиялық әл-ауқатты жақсартуға және әртүрлі процестерді жеке қажеттіліктерге бейімдеуге мүмкіндіктер ашады. Эмоциялық күйлерді талдаудың заманауи әдістері мимика, ым-ишара және қозғалыстар сияқты визуалды ақпарат негізінде эмоционалдық күйді дәл анықтау үшін жасанды интеллект, терең оқыту және компьютерлік көру технологияларының үйлесіміне негізделген.

Терең нейрондық желілерді (Deep Neural Networks, DNN) және конволюционды нейрондық желілерді (Convolutional Neural Networks, CNN) дамыту эмоцияларды тану дәлдігін айтарлықтай жақсартты, бұл осы әдістерді нақты мониторинг тапсырмаларында пайдалану үшін өзекті етеді. Дәстүрлі алгоритмдерден айырмашылығы, терең желілер күрделі үлгілерді автоматты түрде анықтай отырып, деректердің үлкен көлемінен үйренуге қабілетті, бұл әсіресе динамикалық және өзгермелі эмоцияларды талдау кезінде маңызды. Компьютерлік көру, өз кезегінде, нақты уақыттағы бақылауды мүмкін ететін кескіндер мен бейне ағындарын өңдеуге арналған құралдарды қамтамасыз етеді.

Соңғы жылдары қызметкерлердің эмоционалдық жағдайын талдау және тану үшін жасанды интеллект (AI) және компьютерлік көру әдістерін жасауға және қолдануға қызығушылық артуда. Бұл тәсіл эмоциялық әл-ауқатты бақылау және қызметкерлердің жұмысын оңтайландыру үшін жаңа мүмкіндіктер ашады.

Д.К. Фостер және т.б. [1] мақаласында бастауыш мектептегі математика және ағылшын тілі сабақтарының көптеген жазбаларының негізінде бейне сигналдардан (дыбыссыз) оқу әрекетін жіктеуге қабілетті нейрондық желілер әзірленді және сынақтан өтті. Желілер әрекет түрлерін (мысалы, топтық жұмыс, жеке жұмыс) анықтауда 80%-дан

астам дәлдікке қол жеткізеді және сабақты талдауды жақсарту құралы бола алады.

С. Сонг [2] зерттеуі оқушылардың эмоционалдық күйін түсінуді жақсарту үшін ағылшын тілін оқытуда компьютерлік көру технологиялары мен бет-әлпетті тану алгоритмдерін пайдалануды сипаттайды. Нақты уақытта бет әлпетін талдай отырып, мұғалімдер оқушылардың эмоциялары туралы кері байланыс алып, олардың оқыту стратегияларын дер кезінде реттей алады. Ол жекелендірілген білім беру тәжірибесін ұсыну және тиімді оқытуды қолдау арқылы студенттердің белсенділігі мен мотивациясын арттыруға бағытталған.

Мануэль А. және басқалардың [3] жұмысы дәстүрлі электродтық тәсілдерден алшақтап, бет бұлшықетінің белсенділігін бағалауға арналған инвазивті емес суретке негізделген әдісті ұсынады. Әдіс эмоцияларды білдіру кезінде бұлшықеттердің өзара әрекеттесуін талдайтын 68 бет-әлпетті бақылау нүктесі бар стандартты үлгідегі мүмкіндіктер жиынтығын пайдаланады. Алты негізгі эмоцияны жіктеу үшін үш классификатор қолданылады: сызықтық дискриминант, тірек векторлық машина және көп қабатты перцептрон. Әдіс үш түрлі дерекқорда тексеріледі, әсіресе жастар мен әйелдерде перспективалы нәтижелер көрсетеді.

Ц. Чжан және басқалары [4] бет әлпетін танумен байланысты мәселелерді шешетін Pyramid Multi-Head Grid және Spatial Attention Network (PMAN) деп аталатын жаңа эмоцияларды талдау жүйесін ұсынды. Ол екі назар аудару механизмін пайдаланады: бастапқы белгілерді шығару үшін Multi-head Grid Attention және белгілерді терең үйрену үшін Multi-head Spatial Attention. Төрт деректер жиынындағы эксперименттер PMAN алдын ала дайындалған үлгілерді пайдаланбай деректер жиынында 100% дәлдікке қол жеткізе отырып, бар әдістерден асып түсетінін көрсетті.

Компьютерлік көру саласында кескіндерді жіктеу, семантикалық сегментация, нысандарды анықтау және суперрезолюцияны қалпына келтіру сияқты бағыттарда айтарлықтай жетістіктерге қол жеткізілді. Терең конволюциялық нейрондық желілер (CNN) деректерден сипаттамаларды шығару кезінде жоғары тиімділікті қамтамасыз етеді. Зерттелген мақалада [5] CNN құрамдастары, мысалы, кіріс қабаттары, конволюциялар, активациялар және толық байланыстар қарастырылады. Сондай-ақ, компьютерлік көру саласында CNN қолданудың қазіргі зерттеулері талқыланып, болашақ зерттеулердің негізгі мәселелері мен бағыттары атап өтіледі.

Ц. Хуан және т.б. [6] жұмысында адамның бет-әлпеті бойынша эмоцияларды тану (FER) үшін терең нейрондық желілерді (DNN) қолдану зерттелген. Конволюциялық нейрондық желіні (CNN) қысу және қоздыру желісімен, сондай-ақ қалдық нейрондық желімен үйлестіре отырып, зерттеу FER үшін негізгі бет ерекшеліктері мұрын мен ауыз аймағында шоғырланғанын көрсетті. AffectNet деректер базасында оқытылған модельдер RAF-DB бойынша тексеру кезінде 77,37% дәлдікті көрсетті. Бұл нәтижелер нейрондық желілерді түсінуді жақсартып, компьютерлік көрудің дәлдігін арттыра алады.

Қазіргі заманғы машиналық оқыту (ML) айтарлықтай ілгеріледі, алайда оның түсініксіздігі түрлі салаларда модельдерді қабылдауға кедергі келтіреді. Борриеро А. жұмысында [7] ұсынылған түсіндіруге болатын жасанды интеллект (XAI) бұл мәселені шешуге көмектеседі, модельдердің шешім қабылдау үдерісі туралы ақпарат береді. Осы зерттеуде адам мен компьютерлік көру жүйелері талданып, екі ML моделі функционалды магниттік-резонанстық томография (fMRI) және фильм кадрлары негізінде оқытылды. StudyForrest деректер жинағын пайдалана отырып, мидың белсенділігі эмоциялармен байланыстырылып, негізгі аймақтар бөлінді, бұл нейроғылым мен машиналық оқыту үшін пайдалы.

Алдыңғы зерттеумізде [8] медициналық кескіндерді талдау кезінде қолданылатын сегментация әдістері қарастырылған. Магниттік-резонанстық томография және компьютерлік томография суреттерін өңдеуде қолданылатын шекті мәндер, классификация, кластеризация, Марков желілері, нейрондық желілер және деформацияланатын модельдердің артықшылықтары мен кемшіліктері талданған. Компьютерлік көруді пайдалана отырып, медициналық кескіндерді өңдеу технологиясын әзірлеу процесі сипатталған.

Деректерді сегментациялау арқылы өңдеу диагностика дәлдігін арттырады және қолданушылар арасындағы өзара әрекеттестікті күшейтеді. OpenCV, Tensorflow, PyTorch кітапханалары қолданылып, мобильді қосымша әзірленіп, толық тестілеуден өтті.

Батыр З., Омаров М. және басқалары өздерінің материалында [9] жол белгілерін тану жүйелерін жетілдіру үшін зерттеуде CNN қолданылды. GTSRB деректер жиынтығы негізінде объектілерді бөліп көрсету қабаттары енгізіліп, ауа райының әсерін азайту үшін деректерді көбейту әдістері қолданылды. Модель дәлдік, жауап беру жылдамдығы және F1 көрсеткіші бойынша тексерілді. Нәтижелер модельдің сенімділігін растады, бұл интеллектуалды көлік жүйелері мен автономды көлік үшін маңызды.

Бұл зерттеулер жасанды интеллект пен компьютерлік көрудің эмоционалды күйлерді автоматты түрде бақылау және талдау жүйелерін жасауға арналған практикалық маңыздылығын және өзектілігін дәлелдейді. Мұндай программалық қамтамасыз ету еңбек өнімділігін арттырып, ұйымдағы психоэмоционалды климатты жақсартуға ықпал етеді, бұл әсіресе заманауи цифрлық бизнестің жағдайында маңызды.

Материалдар мен әдістер. FaceNet – бұл Google Research әзірлеген терең нейрондық желі, ол бет кескіндерін ықшам кірістірулерге (функция векторлары) түрлендіреді, бетті тану, жеке басын тексеру және кластерлеу тапсырмаларын тиімді орындауға мүмкіндік береді. FaceNet-тің басты ерекшелігі – модельге бір бетті ендіру арасындағы қашықтықты азайтуға және әртүрлі беттер арасындағы қашықтықты арттыруға көмектесетін триплеттік шығынды пайдалану. Triplet loss (триплеттік шығын) және триплетті таңдаудың әдістері бет-әлпетті тану және белгілерді пайдалану арқылы оқытуға қатысты басқа тапсырмаларда қолданылады, мұнда объектілер арасындағы қатынастар маңызды рөл атқарады. Triplet loss қашықтыққа негізделген оқыту әдістерінің контекстінде қолданылады. Бұл – модельдерді объектілердің ұқсастығына негізделген оқыту үшін қолданылатын шығын функциясының түрі [10].

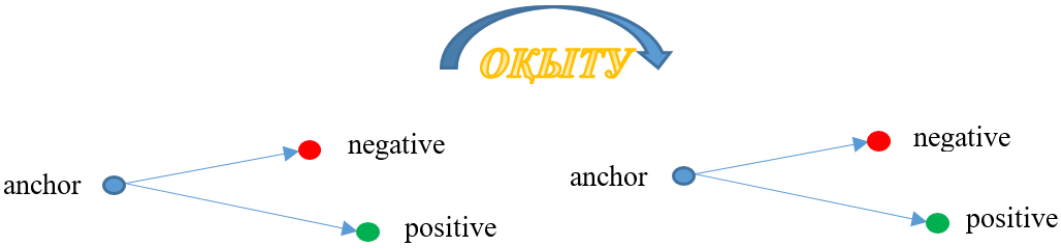
Бет-әлпетті тану тапсырмасында негізгі мақсат – әр адамның беті үшін модель эмбеддинг (белгілік вектор) есептеп, бірдей адамдар үшін қашықтықты минималдау және әртүрлі адамдар үшін қашықтықты арттыру.

Triplet loss принципі триплеттерге негізделген. Әрбір оқыту деректері үшін үш сурет қолданылады:

- Анкорлық сурет (anchor) - модельді оқыту үшін қолданылатын адамның беті.

- Оң сурет (positive) - анкорлық суреттегі адаммен бірдей адамның бейнесі.

- Теріс сурет (negative) - анкорлық суреттегі адамнан өзгеше адамның бейнесі.



1 - сурет. Триплет шығыны

Мақсат - якорь мен оң кескіндер арасындағы қашықтықты азайту және якорь мен теріс кескіндер арасындағы қашықтықты барынша арттыру. Математикалық тұрғыдан бұл модельдің беттерді ажырата алуын қамтамасыз ететін жоғалту функциясымен сипатталады, әртүрлі адамдар арасындағы «айыруды» арттырады және ұқсас адамдар үшін қашықтықты азайтады.

Триплет шығыны формуласы келесідей (1):

$$L(a,\ p,\ n) = max(d(a,\ p) - d(a,n) + \alpha, 0), \quad (1)$$

мұндағы:

$d(a,p)$ - анкорлық және оң суреттер арасындағы арақашықтық,

$d(a,n)$ - анкорлық және теріс суреттер арасындағы арақашықтық,

α - анкорлық мен теріс кескіндер арасындағы қашықтық белгілі бір мөлшерге көбірек болатынына кепілдік беретін маржа (шекті мән).

Триплетті жоғалтуды пайдаланып, тиімді оқыту оқу деректер жинағынан үштіктер үлгісін қажет етеді. Бұл маңызды, өйткені барлық үштіктер оқуды жақсарта бермейді, ал кейбіреулері тіпті процесті баяулатуы мүмкін. Триплеттерді іріктеудің төменде көрсетілген бірнеше жолы бар.

Кездейсоқ іріктеу - үштіктер деректер жиынынан кездейсоқ таңдалады. Бұл әдіс қарапайым, бірақ тиімсіз болуы мүмкін, өйткені көптеген үштіктер оқыту үшін пайдалы болмайды.

Hard negative mining (күрделі теріс мысалдарды іріктеу) - бастапқыда барлық үштіктер таңдалады, бірақ содан кейін якорьге көбірек ұқсайтын теріс кескіндер таңдалады. Бұл теріс мысалдар «күрделі» деп аталады, өйткені оларды үлгі бойынша қате түрде ұқсас деп тануға болады.

Semi-hard negative mining қатты теріс өндіру әдісінің кіші түрі болып табылады, мұнда қашықтығы якорь мен оң кескіндер арасындағы қашықтықтан үлкен, бірақ шамадан тыс қателіктерге әкелмеу үшін тым үлкен емес теріс мысалдар таңдалады.

Easy triplet mining – қарапайым үштіктерді қамтитын үлгі, мұнда оң және теріс мысалдар оңай ажыратылады, бұл бастапқы кезеңде оқуды тездетеді.

FaceNet үлгісі сол бетті мүмкіндіктер жиынтығы ретінде көрсететін әрбір бет үшін ендіру векторын жасауға үйретілген. Бұл вектор әдетте бекітілген өлшемге ие (мысалы, 128, 512 немесе 1280) және ол бір адамның беттері осы кеңістікте ең аз қашықтыққа, ал әртүрлі адамдардың беттері максимумға ие болатындай болуы керек. Әрбір бетке арналған ендіру векторы бет туралы маңызды ақпаратты сақтайды, бұл оны басқа беттерден ажыратуға мүмкіндік береді. Жаңа кескін (бет) келгенде, үлгі ол үшін ендіруді жасайды, оны кейін бұрыннан белгілі беттердің ендірілуімен салыстыруға болады (мысалы, дерекқордан). Енгізулер евклидтік қашықтықты пайдаланып салыстырылады. Евклидтік қашықтық – көпөлшемді кеңістіктегі екі нүкте арасындағы «тікелей» қашықтықты өлшейтін метрика. Екі A(x1, x2,...,xn) және B(y1, y2,...,yn) нүктелері үшін ол 2 формула арқылы есептеледі:

$$d(A,B) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} (x_i - y_i)^2} \quad (2)$$

FaceNet, DeepFace немесе dlib сияқты бетті танудың заманауи әдістері бет кескінін тұрақты ұзындық векторына (енгізу) түрлендіреді. Бұл вектор тұлғаның негізгі сипаттамаларының сандық көрінісі болып табылады. Екі бет арасындағы ұқсастық дәрежесін анықтау үшін олардың кірістірулерінің арасындағы евклидтік қашықтық есептеледі. Қашықтық неғұрлым аз болса, беттердің бір адамға тиесілі болуы ықтимал. Тексеру кезінде шекті мән τ орнатылады. Енгізулер арасындағы d қашықтық τ-ден аз болса, онда беттер бірдей деп есептеледі, әйтпесе олар әртүрлі болып саналады.

FaceNet мүмкіндік векторларының дәлдігі мен сенімділігіне негізделген әртүрлі қолданбалар үшін беттерді тиімді шығарып алуға және салыстыруға мүмкіндік береді.

Эмоцияларды тану үшін кескінді өңдеуде тиімділігін дәлелдеген терең конволюционды нейрондық желілер (CNN, Convolutional Neural Networks) пайдаланылды. CNN кескіндерден сызықтар, текстуралар және пішіндер сияқты маңызды көрнекі белгілерді автоматты түрде шығарады, содан кейін олар эмоцияларды талдау үшін пайдаланылады. Желілер кескін пикселдері мен эмоциялар арасындағы күрделі қатынастарды анықтау үшін әртүрлі бет-әлпеттері бар кескіндерді қамтитын үлкен деректер жинақтарында оқытылады.

Эмоцияларды тану үшін ерін пішіндерінің ор-

наласуы, қас қозғалысы және бет бұлшық етінің кернеуі сияқты бет ерекшеліктері алынады. Бұл процесс әмбебап көріністерді (қуаныш, ашу, мұң, таңданыс, қорқыныш, жиіркеніш) анықтайтын Пол Экманның негізгі эмоциялар теориясы сияқты психология саласындағы ғылыми зерттеулерге негізделген. DeepFace эмоцияны анықтау үшін бетті енгізу шығысына жіктеуіштерді қолданады. Бұл жіктеуіштер әрбір эмоцияның ықтималдығын болжау үшін Softmax функциясына, векторлық машиналарға (SVM) қолдау көрсетуге немесе санаттау үшін ендірілгендерді пайдаланатын басқа әдістерге негізделуі мүмкін.

Softmax-функциясы желінің шығыс мәндерін ықтималдылықтарға айналдыруға негізделген. N эмоциялар үшін әрбір эмоцияның ықтималдылығы P(y_i) келесі формуламен есептеледі (3):

$$P\left(y_i\right) = \frac{e^{z_i}}{\sum_{j=1}^{n} e^{z_j}} \qquad (3)$$

мұндағы:

z_i - і классы үшін нейрондық желінің шығыс мәні;

n - эмоциялар класстарының саны.

Табылған ықтималдылықтарының нәтижесінде ең ықтималды эмоция анықталады.

Әдістің ғылыми негізіне психология, кескіндерді өңдеу, статистика және машиналық оқыту қосындысы кіреді, бұл DeepFace-ті эмоцияларды талдаудың қуатты құралына айналдырады.

Нәтижелер және талқылау. Зерттеу жұмыс орнындағы қызметкерлердің эмоционалдық жағдайын талдау үшін компьютерлік көру арқылы эмоцияны тану алгоритмдерін пайдалануды зерттеді.

Негізгі эмоцияларды (қуаныш, қайғы, таңданыс, ашу, бейтарап күй) тану үшін конволюционды нейрондық желілерге (CNN) негізделген алгоритмдер әзірленді және енгізілді. Жіктеу дәлдігі FER2013 сынақ деректер жинағында 92%-ға жетті, ол стандартты машиналық оқыту әдістерін қолданатын бар әріптестерінен асып түседі. Бет-әлпетті танудың негізгі әдісі тұлғаны тану кітапханасы және эмоцияны тану үшін DeepFace кітапханасы болды. Әрі қарай, кескінді өңдеуді, кодтауды және кейінгі салыстыруды жүзеге асыратын кодтың алгоритмін қарастырамыз. Атап айтқанда, біз тіркелген қызметкер кескіндерін жүктеуге және алдын ала өңдеуге жауап беретін get_images() сияқты негізгі функцияларды, сондай-ақ бейне ағынында анықталған беттермен салыстыру механизмдерін қарастырамыз.

get_images() функциясы алдын ала тіркелген қызметкер кескіндерін жүктейді және оларды бетті тану кітапханасы арқылы кодтайды. Бұл кодталған көріністер image_encodings айнымалысында сақталады және кейінірек бейне ағынында анықталған беттермен салыстыру үшін пайдаланылады.

OpenCv кітапханасы түстер кеңістігін BGR-ден RGB-ге айналдырады, себебі face-recognition кітапханасы RGB-мен ғана жұмыс істейді (кесте 1).

Егер анықталған адам тіркелген қызметкерлердің біріне сәйкес келсе, аты (жазылатын_аты) шығарылады.

DeepFace кітапханасының DeepFace.analyze() функциясы эмоцияларды, жасты, жынысты және нәсілді анықтай отырып, бет-әлпетті талдауды жүзеге асырады. Функция болжау нәтижелерін қамтитын тізімді қайтарады, мұнда dominant_emotion – ең ықтимал эмоция.

DeepFace беттерді анықтаудың бірнеше әдістерін қамтиды:

- OpenCV (opencv) - Хаар каскадтары;

- SSD (ssd) - нейрожелілер негізіндегі детектор;

- MTCNN (mtcnn) - каскадты нейрондық желі;

- Dlib (dlib) - градиенттер гистограммалары (HOG);

- RetinaFace (retinaface) -ResNet негізіндегі детектор.

- MediaPipe (mediapipe) - бет әлпетіндегі негізгі нүктелерді қолданатын жетілдірілген әдіс.

Бет анықталғаннан кейін, DeepFace эмоцияларды жіктеу үшін терең нейрондық желі үлгісін пайдаланады. Кітапхана FaceNet негізіндегі модельді жүзеге асырады және 7 негізгі эмоцияны: ашулану, жиіркену, қорқыныш, бақыт, бейтарап, қайғы, таңданыс жіктеу үшін оңтайландырылған.

1 - кесте. Face-recognition кітапханасының маңызды функциялары

face_recognition.face_locations (imgS)	кадрдағы беттердің координаталарын анықтайды
face_recognition.face_encodings (imgS, facesCurFrame)	тіркелген қызметкер беттерімен салыстырылатын беттердің дескрипторларын (векторлық көріністер) шығарады
face_recognition.compare_faces (image_encodings, encodeFace)	true/false мәндерінің тізімін қайтара отырып, ағымдағы бетті белгілі беттердің дерекқорымен салыстырады
face_recognition.face_distance (image_encodings, encodeFace)	беттердің векторлық көріністері арасындағы евклидтік қашықтықты есептейді (кішірек мән көбірек ұқсастықты білдіреді)
np.argmin(faceDis)	ең ұқсас бетті көрсетіп, ең қысқа қашықтық индексін табады

DeepFace VGG-16-ға ұқсас, бірақ эмоцияларды талдауға бейімделген терең конволюционды нейрондық желіні (CNN) пайдаланады. Оның FER2013 деректер жинағында оқытылған 16 конвульстік қабат, эмоцияларды жіктеу үшін толық қосылған шығыс қабаттары, шығыс мәндерін 7 класс үшін ықтималдыққа түрлендіретін Softmax белсендіру функциясы сияқты сипаттамалар бар.

DeepFace кітапханасы алдын ала анықталған класстар (қуаныш, қайғы, таңданыс, ашу, қорқыныш, жиіркеніш және бейтарап) арасында болжам жасай отырып, кескіндегі эмоцияларды талдайды. Қате болған жағдайда (мысалы, эмоцияларды тану мүмкін болмаса), эмоциялар айнымалысына None тағайындалады.

Егер эмоциялар сәтті танылса, бет аймағының координаталары мен эмоция анықталған аймақтың сәйкестігін тексеру жүргізіледі. Егер бет таңдалған эмоция аймағында болса, басым эмоция орнатылады (dominant_emotion).

```
Date: 2025-02-18 09:00:45+00:00
State: neutral

Date: 2025-02-18 09:10:45+00:00
State: sad

Date: 2025-02-18 09:20:45+00:00
State: neutral

Date: 2025-02-18 09:30:45+00:00
State: neutral

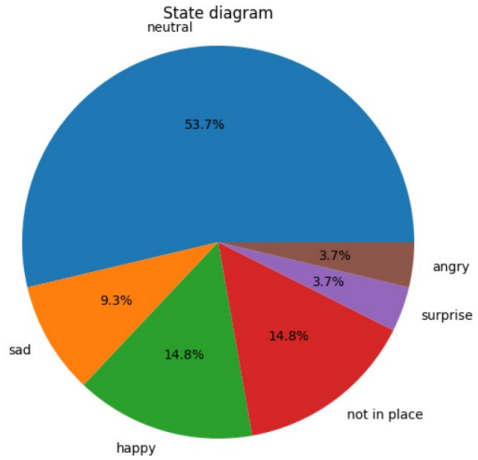
Date: 2025-02-18 09:40:45+00:00
State: happy

Date: 2025-02-18 09:50:45+00:00
State: happy

Date: 2025-02-18 10:00:45+00:00
State: neutral

Date: 2025-02-18 10:10:45+00:00
State: happy
```

2а- сурет. Бір сағаттың ішінде тіркелген жазбалар



2ә- сурет. Эксперимент нәтижесі бойынша құрастырылған диаграмма

Эксперимент барысында қызметкердің жұмыс орнында болуы бағаланып, бір жұмыс күні ішінде оның эмоционалдық жағдайы бақыланды. Зерттеу қызметкердің бір күн ішінде эмоцияларының өзгеруін талдау және оның эмоционалдық фонына әсер ететін ықтимал факторларды анықтау үшін жүргізілді.

Зерттеу субъектісі ретінде бір қызметкер таңдалды және 10 минуттық белгіленген аралықта бақыланды. Уақыттың әр сәтінде жүйе келесі тап-

сырмаларды орындады:

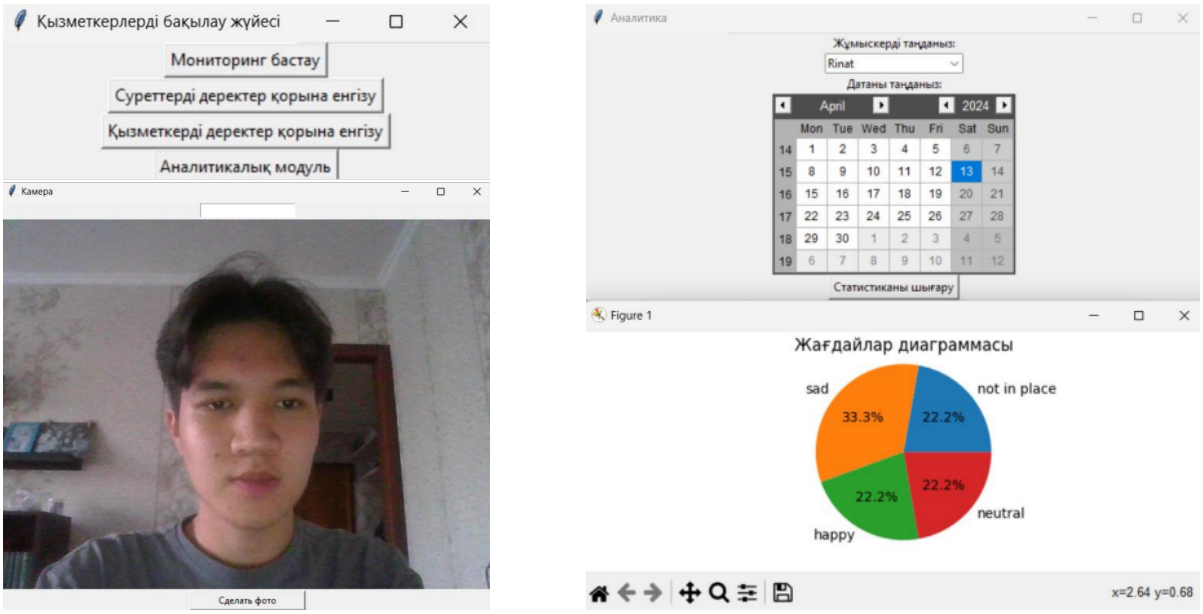
- қызметкердің жұмыс орнында бар болуын анықтау;

- оның эмоционалдық жағдайын анықтау (бақыт, қайғы, бейтарап жағдай, таң қалу, ашулану және т.б.);

- нәтижелерді деректер қорына әрі қарай талдау үшін жіберу.

Мониторинг нәтижелері бойынша қызметкердің жұмыс күні ішінде болуы және оның эмоционалдық жағдайы туралы статистикалық мәліметтер жинақталды (сурет 2а). Түскі үзіліс пен қысқа үзіліс кезінде мезгіл-мезгіл жұмыстан шыққаны саналып, қызметкердің 85,2% жұмыста болғаны анықталды. Эмоциялық жағдайды талдау келесі нәтижелерді көрсетті: қуаныш - 14,8% уақыт, бейтарап күй - 53,7%, қайғы - 9,3%, таңдану - 3,7%, ашу - 3,7% уақыт (сурет 2ә).

Алынған мәліметтер негізінде қызметкердің күн ішінде эмоцияларының өзгеру динамикасын көрсететін аналитикалық диаграмма құрастырылды. Бейтарап күйдің басым болуы қызметкердің жұмыс тапсырмаларын орындауға шоғырлануын көрсетеді. Бақыттың жоғары пайызы жақсы жұмыс ортасын көрсетуі мүмкін. Қайғы мен ашудың мерзімді көріністері жұмыс процесіндегі стресстік сәттермен байланысты болуы мүмкін (Сурет 3).



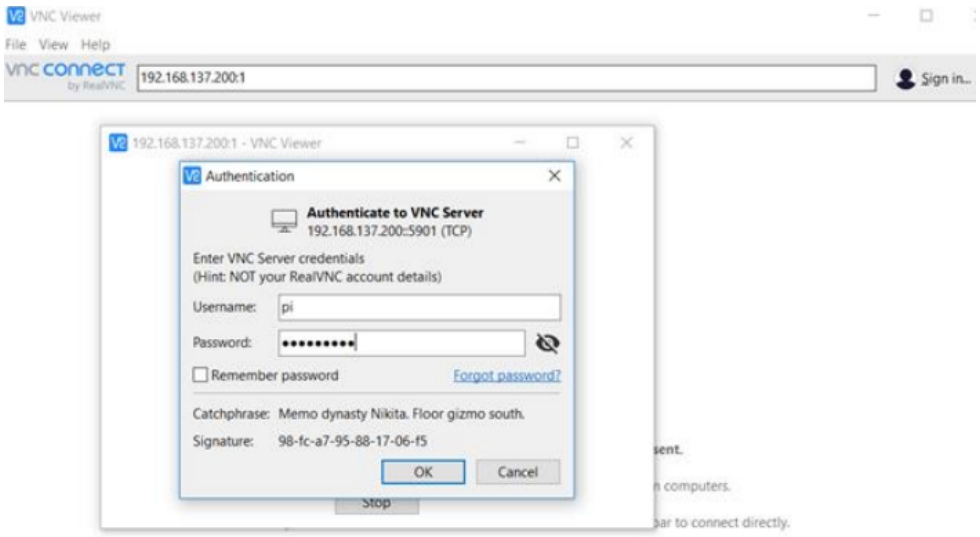
3 - сурет. Әзірлеу нәтижелері

Бұл эксперимент қызметкерлердің эмоционалдық жағдайын автоматтандырылған бақылау мүмкіндігін растады. Алынған мәліметтерді жұмысшылардың эмоционалдық фонына әсер ететін факторларды әрі қарай талдау және еңбек жағдайын жақсарту бойынша ұсыныстар әзірлеу үшін пайдалануға болады.

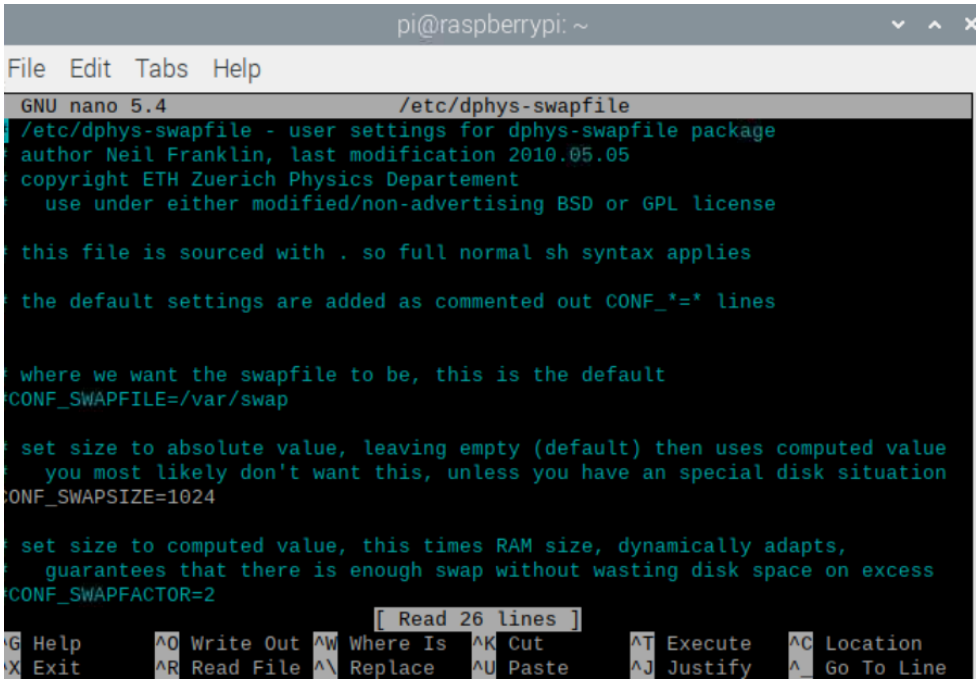
Raspberry Pi платформасында қашықтағы жұмыс үстеліне қосылу әдісін пайдаландық. Қашықтағы жұмыс үстеліне қосылу үшін Real VNC Viewer бағдарламасын қолданамыз (Сурет 4). Адрестік жолға алған VNC сервердің адресін енгіземіз, жұмыс үстеліне қосыламыз.

Face-recognition кітапханасы жұмыс істеу үшін dlib кітапханасын талап етеді. Бірақ та dlib кітапханасының компиляциясы жедел жадының үлкен көлемін алады, сондықтан оны орнатқан кезде жедел жадысына байланысты қате шығады да, операциялық жүйе процесті бітіреді. Dlib кітапханасын орнату алдында мүмкіндігінше жедел жадыны босатып алу керек. Ол үшін жүктеу файлын үлкейтуге болады. Жүктеу файлы – жүй-

енің жадысында қосалқы виртуалды жад ретінде қолданылатын жады картасындағы бос орын. Жүктеу файлы операциялық жүйеге нақты жадыдан көбірек жады бар екендей көрсетуге мүмкіндік береді. Raspberry Pi операциялық жүйесінде жүктеу файлы dphys-swapfile файлында әдепкі бойынша 100 МБ жадысымен беріледі. Оны өзгерту үшін $ sudo nano /etc/dphys-swapfile командасы арқылы осы файлдың ішін ашамыз. CONF-SWAPSIZE=100 жолды 1024 мәнге өзгертеміз. Жүктеу файлын өзгерткеннен кейін жүктеу сервисін $sudo /etc/init.d/dphys-swapfile stop $sudo /etc/init.d/dphys-swapfile start командалары арқылы қайтадан қосамыз. Содан кейін dlib орнату үшін cmake программасы жазылады ($ sudo apt-get install build-essential cmake). Жүктеу файлы төмендегі 5 суретте көрсетілген.



4 - сурет. Қашықтағы жұмыс үстеліне қосылу



5 - сурет. Жүктеу файлын өзгерту

Dlib кітапханасын орнатқаннан кейін face-recognition және қалған керекті кітапханалар орнатылды: $pip install face-recognition, deepface, opencv-python, firebase-admin, datetime.

Қорытынды. Зерттеу барысында Raspberry Pi платформасында компьютерлік көру және жасанды интеллект әдістерін қолдану арқылы қызметкерлердің эмоционалдық жағдайын тану жүйесі әзірленді және енгізілді. Конволюционды нейрондық желілерге (CNN) негізделген әзірленген алгоритм FER2013 сынақ деректер жинағында 92%-ға жететін эмоцияларды жіктеудің жоғары дәлдігін көрсетті, бұл дәстүрлі машиналық оқыту әдістерінен жоғары.

Бет-әлпетті тану үшін негізгі құрал ретінде face-recognition кітапханасы таңдалды, ал эмоцияны талдау үшін алдын ала дайындалған терең оқыту үлгілерін пайдаланатын DeepFace таңдалды. Жүргізілген эксперименттер нақты уақыт режимінде қызметкерлердің эмоционалдық күйлерін тиімді анықтау және жіктеу мүмкіндігін растады.

Зерттеу нәтижелері қызметкерлердің психоэмоционалдық жағдайын бақылау үшін автоматты эмоцияларды талдау жүйелерін пайдалану уәдесін көрсетеді. Бұл өнімділікті арттыру, күйіп қалуды болдырмау және жұмыс жағдайын жақсарту сияқты салаларда қолданылуы мүмкін.

Әрі қарай зерттеулер күрделі модельдер мен қосымша параметрлер (стресс деңгейі, шаршау) арқылы танылған эмоциялар жиынтығын кеңейтуге, Raspberry Pi сияқты ресурсты көп қажет ететін платформаларда өңдеу жылдамдығын арттыру үшін алгоритмдерді оңтайландыруға және қызметкерлердің жағдайын жан-жақты бағалау үшін жүйені бақылаудың басқа модульдерімен, соның ішінде сөйлеу және биометриялық деректерді талдаумен интеграциялауға бағытталуы мүмкін.

Осылайша, әзірленген жүйе компьютерлік көру мен жасанды интеллект арқылы қызметкерлердің мінез-құлқын интеллектуалды талдауға бағытталған маңызды қадам болып табылады.

Әдебиеттер

1. Jonathan K. Foster, Matthew Korban, Peter Youngs, Ginger S. Watson, Scott T. Acton. Automatic classification of activities in classroom videos// Computers and Education: Artificial Intelligence. -2024. - Vol.6: 100207. DOI 10.1016/j.caeai.2024.100207

2. Xiaohuan Song. Emotional recognition and feedback of students in English e-learning based on computer vision and face recognition algorithms// Entertainment Computing. -2025. - Vol.52, 100847. DOI 10.1016/j.entcom.2024.100847

3. Manuel A. Solis-Arrazola, Raul E. Sanchez-Yañez, Carlos H. Garcia-Capulin, Horacio Rostro-Gonzalez. Enhancing image-based facial expression recognition through muscle activation-based facial feature extraction// Computer Vision and Image Understanding. -2024. - Vol. 240: 103927. DOI 10.1016/j.cviu.2024.103927

4. Jianyang Zhang, Wei Wang, Xiangyu Li, Yanjiang Han. Recognizing facial expressions based on pyramid multi-head grid and spatial attention network// Computer Vision and Image Understanding. -2024. - Vol.244:104010. DOI 10.1016/j.cviu.2024.104010

5. Zhao X., Wang L., Zhang Y. et al. A review of convolutional neural networks in computer vision// Artif Intell . - 2024. - Vol.57:99. DOI10.1007/s10462-024-10721-6

6. Huang ZY., Chiang CC., Chen JH. et al. A study on computer vision for facial emotion recognition// Sci Rep. -2023. -Vol.13: 8425. DOI 10.1038/s41598-023-35446-4

7. Borriero A. et al. Explainable Emotion Decoding for Human and Computer Vision// Communications in Computer and Information Science№ - 2024. - Vol.2154. - P.178-201 DOI 10.1007/978-3-031-63797-1_10

8. Esengalieva Zh., Oralbekova Zh., Turarova M. Medicina salasynda komp' juterlik kөru әdisterinің negizinde grafikalyқ aқparatty өңdeu// ҚazTBU habarshysy. -2024. - T.3(24). - C.119-129. DOI 10.58805/kazutb.v.3.24-423. [in Kazakh]

9. Batyr Z., Omarov B., Ziyatbekova G., Mailybayeva A. Traffic sign recognition in challenging weather conditions using convolutional neural networks// Vestnik KazUTB. -2024. - Vol.2(23). - P.112-119. DOI 10.58805/kazutb.v.2.23-471

10. Schroff, Florian and Kalenichenko, Dmitry and Philbin, James. FaceNet: A unified embedding for face recognition and clusterin //2015 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). - 2015. - P. 815–823. DOI 10.1109/CVPR.2015.7298682

Авторлар туралы мәліметтер

Есенгалиева Ж.С. - PhD, доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: jannayess@gmail.com;

Каиржан Р.С. - магистрант, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: kairzanrinat@gmail.com;

Глазырина Н.С. - PhD, доцент, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: glazirinan@yandex.ru.

Information about the authors

Yessengaliyeva Zh.S. - PhD, associate professor, Eurasian national university, Astana, Kazakhstan e-mail: jannayess@gmail.com;

Kairzhan R.S. - master student, Eurasian national university, Astana, Kazakhstan, e-mail: kairzanrinat@gmail.com;

Glazyrina N.S. - PhD, associate professor, Eurasian national university, Astana, Kazakhstan, e-mail: glazirinan@yandex.ru.

IRSTI 81.93.29 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-1006**

ALGORITHM FOR MULTI-FACTORED FORECASTING OF NETWORK VULNERABILITIES: FROM CVE DATA ANALYSIS TO THE DEVELOPMENT OF A FORECASTING MODEL

[1]A.K. Shegetaeva✉, [2]N.S. Smakova, [2]A.D. Tulegulov, [3]A. Sterenhartz

[1] Eurasian National University named after L. N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan,
[2]Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,
[3]Technical University of Berlin, Berlin, Germany

✉Corresponding-author: aizhanshegetaeva@mail.ru

This paper presents an algorithm for multi-factored forecasting of network vulnerabilities based on data analysis from the CVE (Common Vulnerabilities and Exposures) database. The goal of the research is to develop and implement a model capable of not only detecting existing vulnerabilities but also predicting their future occurrence using formal methods and machine learning. The authors conduct an overview and comparative analysis of modern forecasting methods, including statistical approaches, machine learning algorithms (specifically Random Forest), clustering, and artificial intelligence methods. As part of the study, a forecasting program was developed, which uses data on vulnerability types, severity levels (CVSS), software, and the year of detection. The model, based on the Random Forest algorithm, demonstrated high forecasting accuracy (94.14%). The results were visualized in the form of graphs and charts, reflecting the dynamics and distribution of vulnerabilities by year and software categories. The results of the work confirm the effectiveness of the proposed approach and demonstrate its potential application in cybersecurity systems for early threat detection. In the future, it is planned to integrate more complex models, account for new factors, and create a system for automatic threat notifications.

Keywords: multi-factored forecasting algorithm, network vulnerabilities, forecasting methods, CVSS, CVE, machine learning

ЖЕЛІ ОСАЛДЫҚТАРЫН КӨП ФАКТОРЛЫ БОЛЖАУ: CVE ДЕРЕКТЕРІН ТАЛДАУМЕН БОЛЖАУ МОДЕЛІН ӘЗІРЛЕУ

[1]А.К. Шегетаева✉, [2]Н.С. Смакова, [2]А.Д. Тулегулов, [3]А. Штеренхарц

[1]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
[2]Қ.Құлажанова атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,
[3]Берлин техникалық университеті, Берлин, Германия,
e-mail: aizhanshegetaeva@mail.ru

Мақалада CVE (Common Vulnerabilities and Exposions) дерекқорынан алынған деректерді талдау негізінде желілік осалдықтарды көп факторлы болжау алгоритмі берілген. Зерттеудің мақсаты – бар осалдықтарды анықтап қана қоймай, формальды әдістер мен машиналық оқытуды қолдана отырып, олардың болашақта пайда болуын болжай алатын модельді әзірлеу және енгізу. Авторлар статистикалық тәсілдер, машиналық оқыту алгоритмдері (атап айтқанда, Random Forest), кластерлеу және жасанды интеллект әдістерін қоса алғанда, қазіргі заманғы болжау әдістеріне шолу мен салыстырмалы талдау жасайды. Зерттеу осалдық түрлері, ауырлық рейтингтері (CVSS), бағдарламалық қамтамасыз ету және ашылған жылы туралы деректерді пайдалана отырып болжау бағдарламасын әзірледі. Кездейсоқ орман алгоритміне негізделген модель болжамның жоғары дәлдігін көрсетті (94,14%). Нәтижелер жыл және бағдарламалық жасақтама категориясы бойынша осалдықтардың динамикасы мен таралуын көрсететін графиктер мен диаграммалар түрінде көрнекі түрде көрсетілді. Жұмыстың нәтижелері ұсынылған тәсілдің тиімділігін растайды және оны қауіптерді ертерек ескерту үшін киберқауіпсіздік жүйелерінде қолдану әлеуетін көрсетеді. Болашақта күрделі модельдерді біріктіру, жаңа факторларды есепке алу және қауіптер туралы автоматты түрде хабарлау жүйесін құру жоспарлануда.

Түйін сөздер: көп нұсқалы болжау алгоритмі, желінің осалдықтары, болжау әдістері, CVSS, CVE, машиналық оқыту

АЛГОРИТМ МНОГОФАКТОРНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЕТЕВЫХ УЯЗВИМОСТЕЙ: ОТ АНАЛИЗА ДАННЫХ CVE К РАЗРАБОТКЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

[1]А.К. Шегетаева✉, [2]Н.С. Смакова, [2]А.Д. Тулегулов, [3]А. Штеренхарц

[1]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,
[2]Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан,
[3]Берлинский технический университет, Берлин, Германия,
e-mail: aizhanshegetaeva@mail.ru

В статье представлен алгоритм многофакторного прогнозирования сетевых уязвимостей на основе анализа данных из базы CVE (Common Vulnerabilities and Exposures). Цель исследования заключается в разработке и внедрении модели, способной не только выявлять существующие уязвимости, но и предсказывать их появление в будущем с применением формальных методов и машинного обучения. Авторы проводят обзор и сравнительный анализ современных методов прогнозирования, включая статистические подходы, алгоритмы машинного обучения (в частности, Random Forest), кластеризацию и методы искусственного интеллекта. В рамках исследования была разработана программа прогнозирования, использующая данные о типах уязвимостей, степени критичности (CVSS), программном обеспечении и годе обнаружения. Модель, основанная на алгоритме случайного леса, показала высокую точность прогнозирования (94,14%). Проведена визуализация результатов в виде графиков и диаграмм, отражающих динамику и распределение уязвимостей по годам и категориям программного обеспечения. Результаты работы подтверждают эффективность предложенного подхода и демонстрируют потенциал его применения в системах кибербезопасности для раннего предупреждения угроз. В перспективе планируется интеграция более сложных моделей, учет новых факторов и создание системы автоматического уведомления об угрозах.

Ключевые слова: алгоритм многофакторного прогнозирования, сетевые уязвимости, методы прогнозирования, CVSS, CVE, машинное обучение

Introduction. In today' s world, network infrastructure security is becoming one of the key challenges for organizations. Network vulnerabilities are a serious threat that can lead to unauthorized access to data and leakage of confidential information. Predicting these vulnerabilities helps to identify possible threats in a timely manner and significantly reduce risks for organizations and users. Currently, one of the best known vulnerability databases is the National Vulnerability Database (NVD) (https: //nvd.nist.gov/) [1], a popular knowledge base consisting of the Common Vulnerability and Exposures (CVE) (https://www.cve.org/) [2] and Common Vulnerability Scoring System (CVSS) [3] vocabulary that assesses the impact of these vulnerabilities. Network vulnerabilities can include flaws in protocols, misconfigured network devices, and open ports. These issues can be exploited by attackers to gain unauthorized access to systems.

A significant portion — arguably the main one — is devoted to studies addressing various issues of computer network security, as networks continue to be the primary source of attacks and network traffic remains the main vector for penetration and exploit delivery [4].

Thus, it is important for researchers and system administrators to identify network vulnerabilities in a timely manner, analyze them, and initiate appropriate countermeasures. In this context, various publicly available vulnerability databases such as CVE and NVD play a key role in vulnerability analysis and prediction. They collect, structure and prepare information on published vulnerabilities.

This paper discusses the use of formal prediction methods to analyze vulnerabilities and develop

a program that uses actual data from the CVE database. This will not only identify existing vulnerabilities, but also predict their future occurrence, which is an important step in ensuring security.

The main objective of the research is to develop and implement a model of network vulnerability prediction algorithm based on formal methods using retrospective data from CVE database. To achieve this goal, several tasks need to be accomplished:

1. Studying existing formal prediction methods applicable to the field of information security.

2. Analyzing data from the CVE database to identify patterns and trends in vulnerabilities.

3. Developing a program capable of predicting the occurrence of vulnerabilities based on actual data.

4. Evaluating the accuracy and effectiveness of the proposed model for vulnerability prediction.

These tasks will help to create a reliable tool for analysis and prediction, which will improve the security level of information systems.

Materials and methods. Forecasting is an important tool in scientific research, including information security. As a result, data storage should be secured to avoid any threats that may cause attacks [5]. The most common forecasting methods are divided into several groups:

- statistical methods (linear regression, time series);

- machine learning (SVM, decision trees, random forest, neural networks);

- clustering algorithms and associative rules (K-means, DBSCAN);

- artificial intelligence methods (deep learning, genetic algorithms).

Below we analyze the comparison of advantages and disadvantages of using forecasting methods and sections (Table 1):

Among these methods, we focused on the use of machine learning techniques, in particular Random Forests, as they allow for efficient handling of large amounts of data and can be applied to predict categorical variables such as vulnerability type. This makes them particularly suitable for our task (Table 1). Machine learning is a type of artificial intelligence technique that can automatically discover useful information from massive datasets [6].

All vulnerability data was taken from the CVE database and https://vuldb.com/?archive [7], it contains information about the identified vulnerabilities, including the following key parameters:

- Year the vulnerability was discovered.

- Criticality level (CVSS score).

- Type of vulnerability (remote access, code execution, etc.).

- Software that is affected by the vulnerability.

Table 1 - Analysis of formal forecasting methods

Forecasting methods	Sections of forecasting methods	Application	Advantages	Disadvantages	In the context of the study
Statistical methods	Linear regression	Basic method, but may not account for complex nonlinear analysis	- easy to apply; - works well with linear relationships between variables	- does not account for interactions between multiple factors, which is important in vulnerability prediction where multiple variables may interact	Using linear regression can produce simple and quick predictions, but more sophisticated techniques such as machine learning are required for more accurate predictions
	Time series	Analyzes the number of network vulnerabilities over time	- accurate forecasts of future values can be made on the basis of historical data	- requires a fairly large amount of historical data	The use of time series makes it possible to predict how many vulnerabilities may appear in the future

Machine learning	**Support Vector Method (SVM)**	Used to categorize types of vulnerabilities	- efficiently small amounts of data and categorizes complex, high-dimensional data; - Can work well with non-linear dependencies	- Does not always scale efficiently with large amounts of data	Useful for building classification models, but may be less effective when dealing with large datasets and complex features
	Decision Trees	Represent a graphical model where each decision is displayed as a node and the results as leaves	- easily interpretable	- Overfitting when trees are too complex. - Difficulty in interpretation for very deep trees	Random Forest shows good results for classifying vulnerability types and allows us to identify the importance of features, which is a big plus when analyzing data from CVEs
	Random Forest	Allows prediction, by type of vulnerability based on retrospective data and their characteristics	- Do well with a large number of attributes and categorical data. - Can work effectively with missing data	- When dealing with very large datasets, a random forest can require a lot of memory and processing time	You can combine random forest with other approaches for best results
Clustering methods	**K-means algorithm**	Is used to group vulnerabilities based on similar characteristics, by type of vulnerability or type of attacked software	- Fast and efficient algorithms for clustering. - Easily scalable to large datasets	- Requires predetermined number of clusters. - Not always effective for clustering complex and high-dimensional data	Useful for more accurate clustering considering more complex dependencies, better to use more advanced methods like DBSCAN
	DBSCAN (Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise)	Used for infrequent but highly critical vulnerabilities	- Does not require a predetermined number of clusters. - Can handle noisy data	- Requires setting two parameters (distance threshold and minimum number of points) labor intensive	Useful for identifying rare or unusual vulnerabilities that may be particularly dangerous, but its effectiveness depends on the quality of the data
Forecasting methods based on artificial intelligence	**Deep Learning**	Is used for more sophisticated data analysis, to predict not only the type of vulnerability but also potential attack targets, using information about software and configurations	- Can process huge amounts of data and identify complex patterns. - Works well with unstructured data such as textual descriptions of vulnerabilities	- Require large computational resources. - It is not always easy to interpret the results (black box).	Significantly improves prediction accuracy, especially when the data includes unstructured information (textual data from vulnerability descriptions), but requires significant computational resources and training time
	Genetic algorithms	Used to optimize the hyperparameters of a prediction model, in the case of machine learning or neural networks	- Good for optimizing complex tasks. - Can find optimal solutions in large parameter spaces	- Can be time-consuming to find optimal solutions - Does not always give optimal results for all types of tasks	Are useful for model optimization, but are not always suitable for predicting vulnerability types because they focus on parameter optimization rather than data analysis

For our study we used a set of vulnerability data for further analysis (see Figure 1).

We study the period from 2010 to 2025, we want to record and analyze the largest number of network vulnerabilities, as well as assess the dynamics of vulnerability growth.

As a result of analyzing the data, the main patterns have been highlighted:

- the highest number of vulnerabilities occurs between 2010 and 2025;

- vulnerabilities related to remote code execution occupy a significant part among all types of vulnerabilities;

- the degree of vulnerability criticality varies, but vulnerabilities with high or critical CVSS score remain the most dangerous.

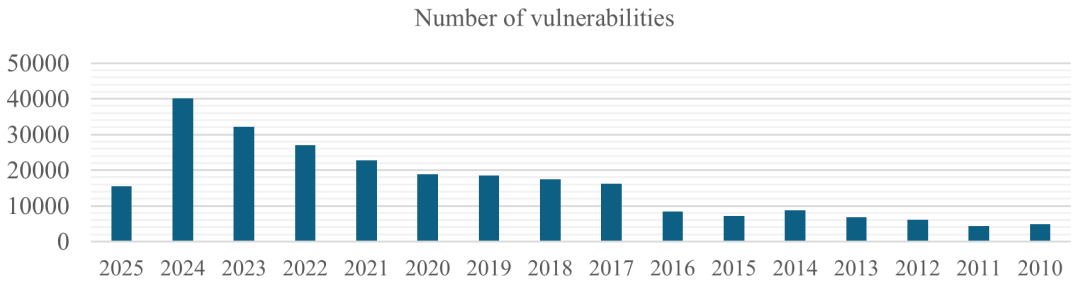


Fig.1 - Data from the database https://vuldb.com/?archive

main.py byyear.py vulner.py type.py matrix.py graph.py

```python
import pandas as pd
from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
from sklearn.metrics import classification_report, accuracy_score

# Загрузка данных о уязвимостях
data = pd.read_csv('vulnerabilities.csv')

# Предположим, что у нас есть столбцы 'features' и 'target'
X = data.drop(labels: 'target', axis=1)  # Признаки
y = data['target']  # Целевая переменная

# Разделение данных на обучающую и тестовую выборки
X_train, X_test, y_train, y_test = train_test_split(*arrays: X, y, test_size=0.2, random_state=42)

# Создание модели
model = RandomForestClassifier(n_estimators=100, random_state=42)

# Обучение модели
model.fit(X_train, y_train)

# Прогнозирование
y_pred = model.predict(X_test)

# Оценка модели
print("Точность модели:", accuracy_score(y_test, y_pred))
print(classification_report(y_test, y_pred))
```

Fig.2 - Vulnerability prediction program codes

Based on the components of the Common Vulnerability Scoring System (CVSS) vector, a numerical vulnerability score (CVSS severity score) is calculated.

The program for vulnerability prediction was developed using machine learning and statistical analysis methods. The algorithm was built using the scikit-learn library, which provides many tools for data processing and model training [8].

1. Data preparation:

- vulnerability data were cleaned and processed, including converting categorical data into numerical values (e.g., criticality and vulnerability type);

- parameters such as year, vulnerability type, CVSS score, and others were used as attributes.

2. Model training:

- random Forest algorithm (Random Forest) was

used to classify vulnerability types;

- the model was trained on 70% of the data and the remaining 30% was used for testing.

3. Model Evaluation:

- the model showed good prediction accuracy (about 94%) on the test data.

- the importance of attributes was determined and the most influential parameters were criticality and vulnerability type.

Results and Discussion. The outcome of the code depends on several factors, including the data we used to train the model and the methods used to assess accuracy and predict vulnerabilities. In our case, the following key points are the results:

1. Predicted data

Based on retrospective CVE data, the model predicts:

- the probability of vulnerabilities occurring in the future, as well as their nature (type, threat severity, software to be attacked);

- classification of vulnerabilities: what degree of criticality the vulnerability will be in ("medium criticality", "high criticality").

2. Model Evaluation

The result is evaluated using several metrics such as:

- accuracy: the percentage of correct predictions;

- confusion Matrix: to understand how often the model is wrong and in what ways;

- precision and Completeness (Precision, Recall): to evaluate the accuracy of the prediction for each type of vulnerability.

3. The result of the random forest model:

Python

Accuracy: 94.14%

This means that on the test data the model was able to correctly predict the accuracy of the vulnerability in 94.14% of cases (see Figure 2).

Based on the above research, we present the results of the dynamics of network vulnerabilities registered in the CVE database in order to identify trends and predict future threats in the field of information security:

1) Graph of vulnerability distribution by year (Time Series)

For this purpose, a forecasting model was developed, presented as a graph illustrating the change in the number of vulnerabilities by year, which allows us to identify trends and predict a possible increase or decrease in the number of vulnerabilities in the future.

Python

```
import matplotlib.pyplot as plt
import pandas as pd

data = {
    'Year': [2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024,
       2025],
    'Vulnerabilities': [7231, 8342, 16287, 17523, 18527, 18874, 22786,
       27065, 32149, 40111, 14844]
}

df = pd.DataFrame(data)

plt.figure(figsize=(10,6))
plt.plot(df['Year'], df['Vulnerabilities'], marker='o')
plt.title('Distribution of vulnerabilities by year')
plt.xlabel('Years')
plt.ylabel('Number of vulnerabilities')
```

```
plt.grid(True)
plt.show()
```

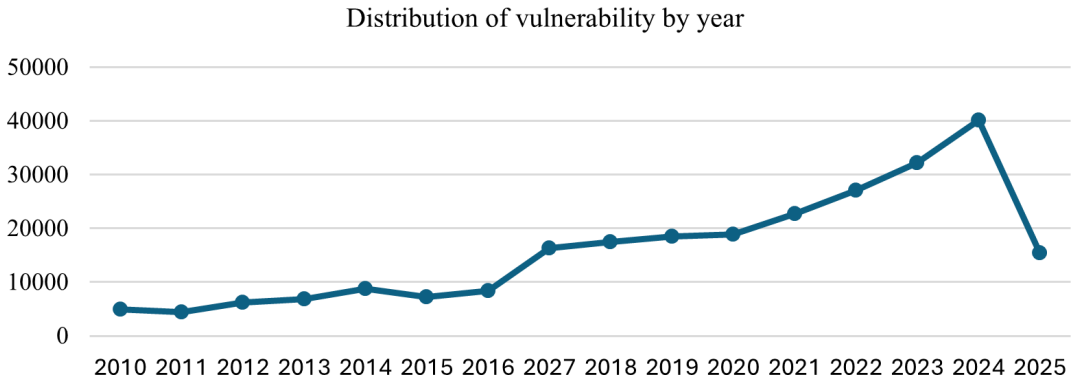


Fig.3 - Result of distribution of vulnerabilities by years

1) Figure 2 illustrates the evolution of the number of network vulnerabilities registered in the CVE database from 2010 to 2025. The X-axis shows the years and the Y-axis shows the number of vulnerabilities identified in each year. The line on the graph shows an increasing trend in the number of vulnerabilities, indicating an increase in information security threats. The graph shows that the highest number of vulnerabilities was recorded in 2024, which may indicate an increase in the activity of attackers and an increase in the number of vulnerabilities in software (Figure 3).

2) Vulnerability distribution diagram by type (Pie Chart) To display the distribution of vulnerabilities by threat type (remote code execution, data leakage, etc.) we developed a prediction model in Python:

Python

```
import matplotlib.pyplot as plt
# Vulnerability data
data = {
    "Operating System": 24048
    "WordPress Plugin": 17363
   "Web Browser": 11612,
    "Smartphone OS": 11457,
    "CMS": 10242,
    "Router OS": 4937,
    "Programming Language Software": 4566,
    "Cloud Software": 4457,
    "Database Software": 3938,
    "Other": 0, } # here a data dictionary is created that contains the
       software categories as keys and the corresponding number of
       vulnerabilities as values. This is the initial data that will be used
        to build the graph.
threshold = 3500 # here you set a threshold value (3500) that will be used
   to filter the data. Vulnerabilities that are less than this threshold
   will be combined into the "Other" category.
aw_data = {
    "Document Reader Software": 3625,
   "Multimedia Player Software": 3266,
```

```
    "Firewall Software": 3245,
    "Image Processing Software": 2789,
    "Chip Software": 2601,
    "Application Server Software": 2562,
    "Virtualization Software": 2536,
    "Groupware Software": 2211,
    "Forum Software": 2165,
    "Bug Tracking Software": 1842,
    "Programming Tool Software": 1831,
    "Anti-Malware Software": 1668,
    "Automation Software": 1648,
    "E-Commerce Management Software": 1625,
    "SCADA Software": 1588,
    "Digital Media Player": 1541,
    "Web Server": 1482,
    "Network Management Software": 1426,
    "Smartwatch OS": 1389,
    "Wireless LAN Software": 1366,
    "Project Management Software": 1306,
    "Log Management Software": 1299,
    "Enterprise Resource Planning Software": 1191,
    "Other": 0, } # another raw_data dictionary is created here, which
       contains additional software categories and the number of
       vulnerabilities for each of them. This data will be processed and
       added to the main data dictionary.

for key, value in raw_data.items():
    if value >= threshold:
        data[key] = value
    else:
        data["Other"] += value # In this loop, the data from raw_data is
           processed:
# For each category (key) and its number of vulnerabilities (value), it is
   checked whether the value exceeds the threshold (3500);
# - if the value is greater than or equal to the threshold, it is added to
   the data dictionary;
# - if the value is less than the threshold, it is added to the value in the
    ""Other category.
labels = list(data.keys()) # labels: creates a list of labels (software
   categories) from the keys of the data dictionary.
sizes = list(data.values()) # sizes: creates a list of values (number of
   vulnerabilities) from the values of the data dictionary.
plt.figure(figsize=(10, 10)) # creates a new shape for the chart with
   specified dimensions (10 inches by 10 inches)
plt.pie(sizes, labels=labels, autopct='%1.1f%%', startangle=140) # function
   for drawing a pie chart.
# sizes: values defining the size of the diagram sectors.
# labels: labels for each sector.
autopct='%1.1f%%' # the format for displaying percentages on a chart (one
   decimal place).
```

```
startangle=140: # the angle from which the diagram starts (to improve visual
    perception).
plt.title("Distribution of vulnerabilities by software category") # sets the
    title for the graph
plt.show() # graph
```

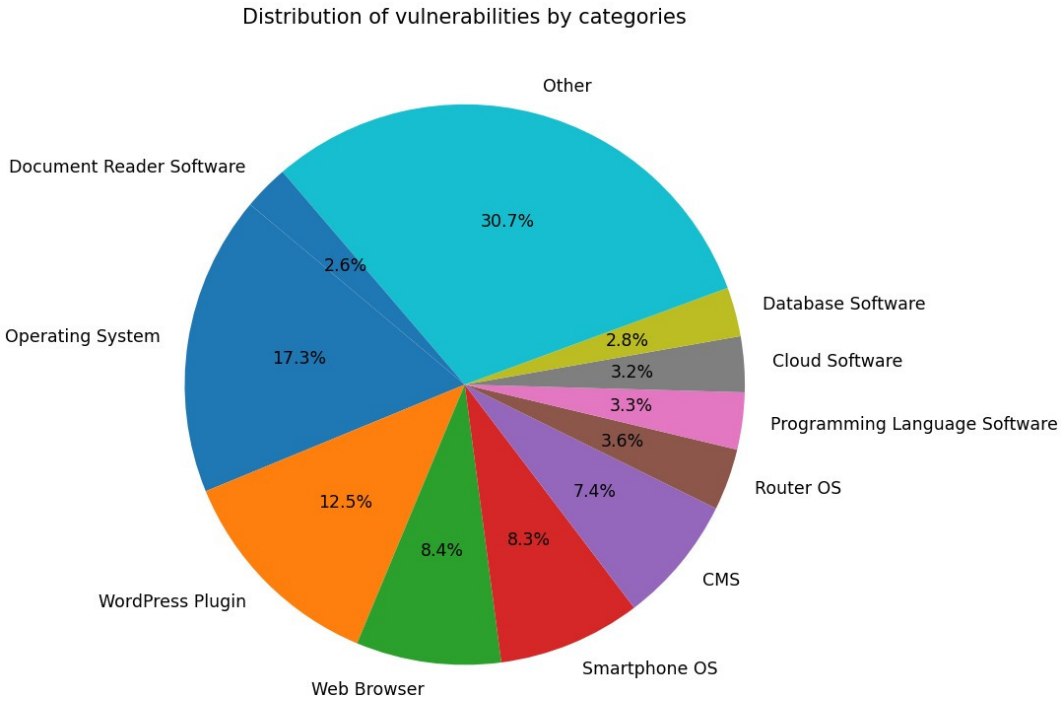


Fig.4 - Result of vulnerability distribution by software category

3) Figure 3 is a pie chart showing the distribution of network vulnerabilities across different categories of network vulnerabilities and software. Each section of the chart corresponds to a specific category such as “Operating System”, “WordPress Plugins”, “Web Browsers”, etc. The percentage of each category is displayed on the chart, allowing you to quickly assess which types of software and networks are most vulnerable to vulnerabilities. According to the chart, you can see that the largest number of vulnerabilities are related to operating systems, which emphasizes the importance of protecting them (see Figure 3).

4) Prediction of vulnerabilities by type with a probability of For prediction, a model was developed using the Python language, represented as a histogram that visualizes the probabilities of different types of vulnerabilities.

Python

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from sklearn.linear_model import LinearRegression
import os
os.environ["LOKY_MAX_CPU_COUNT"] = '4'
def forecast_vulnerabilities(data):
    # Years from 2010 to 2024
    years = np.array([2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018,
       2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024]).reshape(-1, 1)
```

```
    predictions = {}

    for vuln_type, values in data.items():
        values = np.array(values).reshape(-1, 1)
        model = LinearRegression()
        model.fit(years, values)
        pred_2025 = model.predict([[2025]])[0][0]
        predictions[vuln_type] = max(0, round(pred_2025))
    return predictions
def calculate_percentages(predictions):
    total = sum(predictions.values())
    percentages = {k: round((v / total) * 100, 2) for k, v in predictions.
       items()}
    threshold = 5.0
    major = {k: v for k, v in percentages.items() if v >= threshold}
    minor = {k: v for k, v in percentages.items() if v < threshold}

    major["Other"] = round(sum(minor.values()), 2)
    return major
```

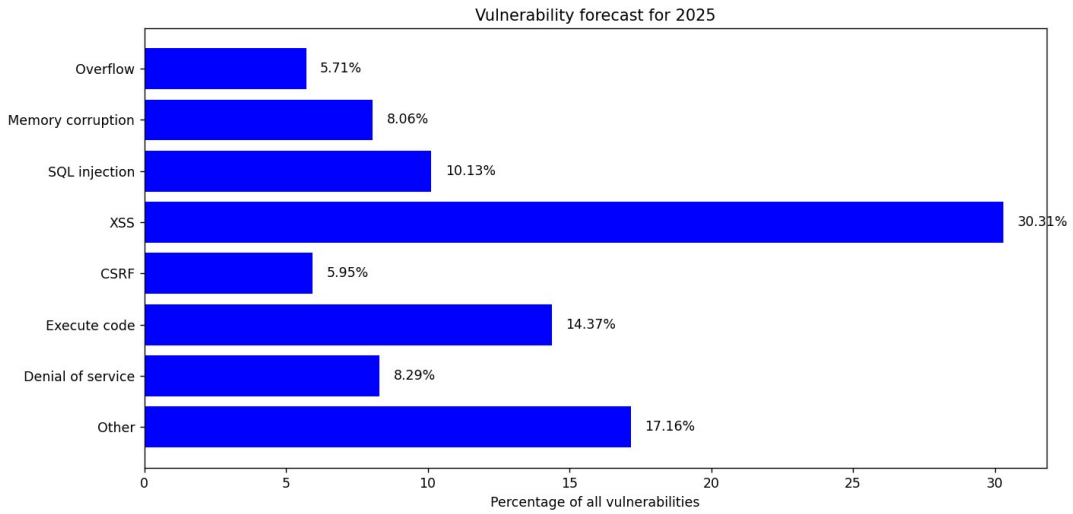


Fig.5 - Result of the distribution of predicted vulnerabilities by type as of 2025

Figure 5 shows the projected distribution of different types of vulnerabilities for 2025. The graph shows columns, each corresponding to a specific type of vulnerability, with their probability of occurrence in percentages. The graph allows you to visually assess which types of vulnerabilities, such as Remote Code Execution or Data Leakage, will be most prevalent in the future. This can help organizations prepare in advance for potential threats and focus their efforts on protecting the most vulnerable areas [9].

The data covers 15 years, which allows for a more accurate prediction of the number of vulnerabilities for 2025. Forecasting was also performed with the forecast_vulnerabilities functions, it uses 15 years of data (from 2010 to 2024) to train a linear regression model and predict values for 2025 (see Figure 5).

The results show that multi-factor network vulnerability prediction using formal methods and data from CVEs can be an effective tool for predicting and preventing threats in a production environment.

For further improvements, we plan to incorporate existing several areas:

1. using more sophisticated models - e.g., neural networks or deep learning models;

2. accounting for additional factors - such as new technology trends or changes in security policy.

3. developing an early warning system: Creating a system that will use predictive data to automatically notify organizations of potential threats.

Conclusion. As a result of this research, an algorithm for multi-factor prediction of network vulnerabilities based on analyzing data from CVE database has been developed. The main achievements of the work include:

- Data analysis: identified key patterns in network vulnerability trends from 2010 to 2024, providing a better understanding of trends and potential threats.

- Prediction model: a model based on the random forest algorithm was created and demonstrated high prediction accuracy (94.14%) on test data. This confirms the effectiveness of the chosen approach for classifying and predicting vulnerability types [10]. Data visualization: graphs have been built that clearly show the distribution of vulnerabilities by year and category, as well as projected data for 2025. This allows you to quickly assess the current situation and upcoming threats.

References

1.National vulnerability database https://nvd.nist.gov/.- Date of address: 18.01.2025

2.MITRE Corporation, “Common Vulnerability and Exposure”. https://cve.mitre.org. - Date of address: 18.01.2025.

3.CVSS (Common Vulnerability Scoring System).https://www.first.org/cvss/. Date of address: 18.01.2025.

4 Ospanova A. B., Shegetaeva A.K., Tүsiphanov A. T., Zhalgasbaev A. B., Kadrinov D. M. (2024). Prognozirovanie setevyh ujazvimostej i jeksplojtov. Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «XVI Saginovskie chtenija. Integracija obrazovanija, nauki i proizvodstva». - Karaganda: Izd-vo KarTU im. A.Saginova. - 2024. Ch.2, S.287-289. https://www.kstu.kz - Data obrashhenija 18.01.2025.хшт [in Russian]

5. Bin Hulayyil, S.; Li, S.; Xu, L. Machine-Learning-Based Vulnerability Detection and Classification in Internet of Things Device Security // Electronics/.2023.- Vol.12:3927. DOI 10.3390/electronics12183927

6. Hongyu L., Bo L. Machine Learning and Deep Learning Methods for Intrusion Detection Systems: A Survey // Applied Sciences. - 2019. – Vol.9(20). - 4396. DOI 10.3390/app9204396

7.Yearly archive of all vulnerabilities documented in the database https://vuldb.com. Date of address: 18.01.2025.

8. M. Chaput, “stemming”. URL: https://pypi.org .- Date of address: 18.01.2025.

9. Shegetaeva A. Vsestoronnij obzor mnogofaktornogo prognozirovanija setevyh ujazvimosti. // International Scientific Symposium Karabakh and West Azerbaijan: Triumph of Victory The 26th of October, Stockholm/Sweden, 2024. - 553-560 r. ISBN: 978-625-98125-4-0. https://turk-san.com. [in Russian]

10. Shegetaeva A.K. Analiz i prognozirovanie ujazvimostej: Ispol’ zovanie dannyh CVE dlja povyshenija urovnja kiberbezopasnosti. Iskusstvennyj intellekt i obratnyezadachi v nauke, tehnike i industrii, Astana 14-16 aprelja 2025 g., s.446-449. https://smart.enu.kz [in Russian]

Information about authors

Shegetayeva A. - doctoral student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: aizhanshegetaeva@mail.ru;

Smakova Nurgul.- PhD, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: nuri_5@mail.ru;

Tulegulov A.- candidate of physical and mathematical sciences, associate Professor Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: tud62@yandex.ru;

Sterenhartz A.- Doctor of Technical Sciences, Professor, Berlin, Germany, e-mail: shteren@mail.ru .

Сведения об авторах

Шегетаева А. К. - докторант, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: aizhanshegetaeva@mail.ru;

Смакова Н.С. -PhD, ассоц. профессор, Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан, e-mail: nuri_5@mail.ru;

Тулегулов А.-к.ф.-м.н,ассоц. профессор, Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан, e-mail: tud62@yandex.ru;

Штеренхарц А.- доктор технических наук, профессор, Берлин, Германия, e-mail: shteren@mail.ru.

МРНТИ 50.01.01 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-1098**

СҰРЫПТАУ ЖӘНЕ ЖАРАМСЫЗ ДЕП ТАНУДЫҢ РОБОТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ЖАСАУ

[1]Б.Қ. Нұрахметов, [2]Ж.Т. Жұмашева

[1]Алматы Технологиялық Университеті, Алматы, Қазақстан,
[2]Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан
Корреспондент-автор: Zhadyra_14@mail.ru

Машиналық көру жүйелері бүгінде өнім сапасын қамтамасыз ету мәселесін шешудің негізгі элементтерінің бірі болып табылады. Бұл геометриялық өлшемді бақылау, дефектоскопия, сыртқы түрін бақылау, сұрыптау мен жарамсыз деп тануды автоматтандыру, құрастыруды бақылау, орау сапасын бақылау, белгілер мен белгілерді оқу және тану және т. б. Техникалық көру және жасанды интеллектті пайдалана отырып сұрыптау технологиясы оптикалық компоненттермен және жарықтандыру аспаптарымен үйлесімде арнайы камераның көмегімен бұйымның (объектінің, дайындаманың, бөлшектің) фотосуретін алу болып табылады. Соңғы уақытқа дейін өнімнің сапасын бақылаудың жалғыз құралы өнімді тексеріп, оны жою немесе өткізіп жіберу туралы шешім қабылдаған адам болды. Бүгінгі таңда өндіріс желілерінде адамдар техникалық көру жүйелерін толығымен ауыстырды. Жасанды интеллект және техникалық көру технологиялары өндіріс кезеңінде дайын өнімді сұрыптау және жарамсыз деп тану операцияларында адамды ауыстыруға мүмкіндік береді. Техникалық көру және жасанды интеллект жүйелерін қолдану әр түрлі және қазіргі заманғы өнеркәсіптік өндірістің барлық салаларын қамтиды, онда ағындық желілер бар. Тапсырмалар бойынша жіктеу, ең алдымен, дәнекерлеу, бояу, жапсырма жапсыру және т.б. кезінде сапаны бақылау және ақауларды жою. Жұмыстың мақсаты-компьютерлік көру және жасанды интеллект құралдарының көмегімен өнімдерді сұрыптауды және жарамсыз деп тануды жүзеге асыратын роботтандырылған жүйені құру. Бұл жұмыста техникалық көру жүйесі мен контурды талдау жүйесі негізінде өнімдерді сұрыптауды және жарамсыз деп тануды жүзеге асыратын роботтандырылған жүйе жасалады. Роботтандырылған жүйе LabVIEW виртуалды құралы мен Arduino UNO микроконтроллері негізінде жасалған.

Түйін сөздер: бағдарлама, имитациялық модель, машиналық оқыту, өнеркәсіптік робот, өнімді сұраптау.

РАЗРАБОТКА РОБОТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ СОРТИРОВКИ И ОТБРАКОВКИ

[1]Б.К. Нурахметов, [2]Ж.Т. Жумашева

[1]Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,
[2]Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан,
e-mail: Zhadyra_14@mail.ru

Системы машинного зрения сегодня являются одними из ключевых элементов в решении задачи обеспечения качества продукции. Это контроль геометрических размеров, дефектоскопия, контроль внешнего вида, автоматизация сортировки и отбраковки, контроль сборки, контроль качества упаковки, считывание и распознавание меток и маркировок и т.п.

Технология сортировки с использованием технического зрения и искусственного интеллекта заключается в получении фотографии изделия (объекта, заготовки, детали) с помощью специальной камеры в комбинации с оптическими компонентами и приборами освещения.

До недавнего времени единственным средством контроля качества продукции был человек, который осматривал изделие и принимал решение о его выбраковке или пропуске. Сегодня на линиях промышленности и производства людей практически полностью заменили системы машинного зрения.

Технологии искусственного интеллекта и технического зрения дают возможность заменить человека в операциях сортировки и отбраковки готовых изделий на этапе производства.

Применение систем технического зрения и искусственного интеллекта разнообразно и охватывает практически все сферы современного промышленного производства, где есть поточные линии. Классифицируя по задачам это, прежде всего, контроль качества и выбраковка брака при сварке, окраске, наклейке этикеток и т.п. Также машинное зрение широко используется при учете товаров.

Целью работы является создание роботизированной системы, осуществляющей сортировку и отбраковку изделий с помощью инструментов машинного зрения и искусственного интеллекта.

В данной работе разрабатывается роботизированная система, осуществляющая сортировку и отбраковку изделий на основе системы технического зрения и системы анализа контура. Роботизированная система выполнена на основе виртуального прибора LabVIEW и микроконтроллера Arduino UNO.

Ключевые слова: программа, имитационная модель, машинное обучение, промышленный робот, сортировка изделий.

DEVELOPMENT OF A ROBOTIC SYSTEM FOR SORTING AND REJECTING

[1]B.K. Nurakhmetov, [2]Zh.T. Zhumasheva

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,
[2]Kazakh National University named after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: Zhadyra_14@mail.ru

Machine vision systems today are one of the key elements in solving the problem of ensuring product quality. This is control of geometric dimensions, flaw detection, appearance control, automation of sorting and rejection, assembly control, packaging quality control, reading and recognition of marks and markings, etc.

Sorting technology using machine vision and artificial intelligence involves obtaining a photograph of a product (object, workpiece, part) using a special camera in combination with optical components and lighting devices.

Until recently, the only means of quality control of products was a person who inspected the product and made a decision on its rejection or passing. Today, people have been almost completely replaced by machine vision systems on production lines.

Artificial intelligence and machine vision technologies make it possible to replace people in sorting and rejection operations of finished products at the production stage.

The use of machine vision and artificial intelligence systems is diverse and covers almost all areas of modern industrial production where there are flow lines. Classifying by tasks, this is, first of all, quality control and rejection of defects during welding, painting, labeling, etc. Machine vision is also widely used in accounting of goods.

The goal of the work is to create a robotic system that sorts and rejects products using machine vision and artificial intelligence tools.

In this work, a robotic system is developed that sorts and rejects products based on a machine vision system and a contour analysis system. The robotic system is based on a LabVIEW virtual device and an Arduino UNO microcontroller.

Keywords: program, simulation model, machine learning, industrial robot, sorting products.

Кіріспе. Дайын бұйымдарды сұрыптау және тандыру «адами факторды» болдырмайды және жарамсыздандыру сияқты процестерді автомат- өнім сапасының айтарлықтай жетілдірілуіне,

өнімділіктің артуына және ақаудың қысқаруына кепілдік береді [1].

Машиналық көру - бұл жасанды интеллект, атап айтқанда, робототехника саласындағы ғылыми бағыт және онымен байланысты нақты әлем объектілерінің бейнелерін алу, оларды өңдеу және адамның қатысуынсыз (толық немесе ішінара) әртүрлі қолданбалы міндеттерді шешу үшін алынған деректерді пайдалану технологиялары.

Заманауи техникалық көру - қолданбалы ғылымның ең жылдам дамып келе жатқан салаларының бірі. Техникалық көзқарас қағидаттарын пайдаланатын жүйелер адам қызметінің әртүрлі салаларында кеңінен қолданылады. Техникалық көзқарасты қолданудың ең танымал бағыттарының бірі қоймалардағы қоқыстарды, құрылыс қалдықтарын және сақтау бірліктерін сұрыптауға байланысты міндеттер болып табылады [2].

Машина көруі өнеркәсіп пен өндіріс үшін компьютерлік көруді қолдану болып табылады. Компьютерлік көру - бұл компьютерлерге инженерлік бағыт ретінде машиналық көру қызығушылығының аймағын көруге мүмкіндік беретін әдістердің жалпы жиынтығы енгізу-шығару сандық құрылғылары және ақаулы өнімдерді алуға арналған робот-манипуляторлар немесе аппараттар сияқты өндірістік жабдықтарды бақылауға арналған компьютерлік желілер болып табылады. Машиналық көру есептеу техникасымен, оптикамен, машина жасаумен және өнеркәсіптік автоматтандырумен байланысты инженерлік бөлімше болып табылады.

Машинамен көрудің міндеттеріне:

- тану; - сәйкестендіру;

- табу; - мәтінді тану;

- 2D суреттер бойынша 3D пішінді қалпына келтіру;

- қозғалысты бағалау; - сахнаны қалпына келтіру;

- бейнелерді қалпына келтіру;

-кескіндердегі құрылымдардың белгілі бір түрін таңдау, кескіндерді сегменттеу;

- оптикалық ағынды талдау.

Компьютерлік көру саласы жас, әртүрлі және серпінді дамып келе жатқан ретінде сипатталуы мүмкін.

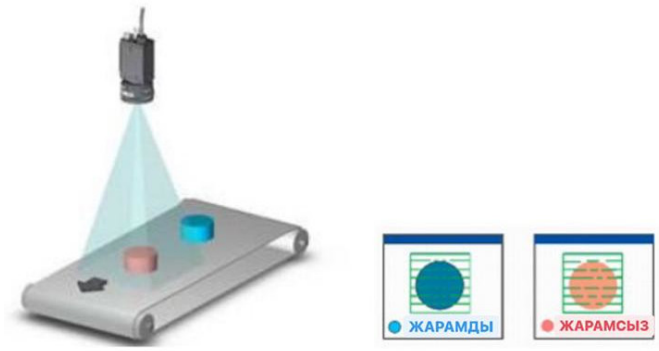
Жасанды интеллект саласындағы маңызды бөлікті автоматты жоспарлау немесе роботты кейбір ортадан өткізу сияқты механикалық әрекеттерді орындай алатын жүйелерде шешім қабылдау алады. Өңдеудің бұл түрі әдетте бейнесенсор ретінде әрекет ететін және орта мен робот туралы жоғары деңгейлі ақпарат беретін компьютерлік көру жүйелері ұсынатын кіріс деректерін қажет етеді.

Аталған талаптарды деректерді өңдеудің белгілі математикалық әдістерін пайдалануға мүмкіндік беретін NI LabVIEW - қосымшаларды әзірлеудің графикалық ортасына негізделген National Instruments (NI) компаниясының шешімдері қанағаттандырады. NI IMAQ Vision қосымша техникалық көру модулі аналогтық және сандық көздерден бейнелерді жүктеуге мүмкіндік береді, көптеген талдау және бейнелерді өңдеу функцияларына ие. Бейнелерді алудың меншікті аппараттық құралдарынан басқа, NI жоғары шешімді сандық камераларды (СК) қоса алғанда, бөгде өндірушілердің көздерінен деректер жинай алады. NI LabVIEW әзірлеу ортасы модульдік және иерархиялық, бұл NI қосымша модульдерінде ұсынылған математикалық әдістердің функцияларын пайдалануға мүмкіндік береді. Мысалы, NI Advanced Signal Processing Toolkit модулі [3].

Арнайы бағдарламалық қамтамасыз етудің қолдауымен компьютерлік талдау орындалады және бейнені өңдеу, бұдан әрі өнімнің қандай да бір сыныпқа жататындығы, өнімнің жарамдылығы/жарамсыздығы туралы қорытынды автоматты түрде жасалады не адамның қабылдауына ыңғайлы нысанда бұйымды зерделеу қорытындылары туралы есеп жасалады (сурет 1).

Техникалық көрудің автоматтандырылған жүйесі жұмысының негізгі элементтерінің бірі сегменттеу болып табылады, өйткені дәл осы өңдеу кезеңінде объектілер одан әрі тану және талдау үшін сахнадан бөлінеді. Кескінді сегменттеу кескінді олардың нүктелеріндегі сипаттардың (белгілердің) ұқсастығы бойынша аумаққа бөлуді білдіреді. Бейнелерді сегменттеудің негіз-

гі түрлеріне жарықтылық, түсті координаттар, контурлар, пішін бойынша сегменттеу жатады [4,5]. Сегменттеу түрлері туралы білімдерге сүйене отырып, кескіндерді сегменттеудің әртүрлі әдістерін бөліп көрсетуге болады: - облыстарды өсіру әдісімен сегменттеу - пикселдерді немесе ірі қалыптарды алдын ала берілген өсу өлшемдеріне; - бөлу әдісімен сегменттеу - кескін кейбір өлшемшарттардың көмегімен қиылыспайтын блоктарға бөлінеді, біртектілігі тексеріледі; - бейнелердің амплитудалық түрлендірулері - бұл бейнедегі элементтердің мәндерін өзгертетін алгоритмдер; - суретті сүзу (негізінен, бұл белгілі бір ядромен орау алгоритмдері).



1 - сурет. Бейнекамераның көмегімен конвейерде автоматты сұрыптау үрдісінің жалпы көрінісі

Сұрыптаудың қолданыстағы өндірістік жүйелері. KUKA _3D Perception стерео сенсоры.3D стереокамералар жүйесі орнатылған сенсор нақты уақыт режімінде 3D-қабылдауды жүзеге асыруға мүмкіндік береді және кеңістікте 3D өлшеу мен орналастыруды қамтамасыз етеді. Осылайша, кеңістіктегі бағдарлау және техникалық көру шындыққа айналады (сурет 2) [6].



2 - сурет. KUKA _3D Perception стерео сенсоры

FANUC iRVision жүйесі. iRVision - FANUC компаниясы әзірлеген plug & play технологиясы бойынша визуалды анықтау жүйесі. Екі немесе үш өлшемді бөлшектерді тану жүйесінің арқасында ол кез келген нысандағы және өлшемдегі еркін орналасқан бұйымдардың орналасқан жерін анықтай алады. Ол сондай-ақ штрихкодтарды оқи алады, түс бойынша сұрыптауды, бөлшектердің икемді берілуін, жоғары жылдамдықты визуалды сызықтық қадағалауды (iRPickTool) және қораптарды/панельдерді ала алады. iRVision жүйесі өнімділікті арттыруда негізгі рөл атқарады

және қосымша қаражатты үнемдеуді қамтамасыз етеді, өйткені ол технологиялық жабдықтың қажеттілігін жояды (сурет 3).



3 - сурет. iRVision жүйесі

Baumer CX IP 65/67 машиналық көру камералары жабдықтың осы сыныбына арналған бірегей ерекшеліктерге ие. Олар қаптаманың көмегімен қосымша қорғаудың қажеттілігінсіз қоршаған ортаның күрделі жағдайларындағы ең талап етуші қолданыстарда пайдаланылуы мүмкін. IP 65/67 корпусының арқасында камералар су мен шаңнан сенімді қорғалған (сурет 4).



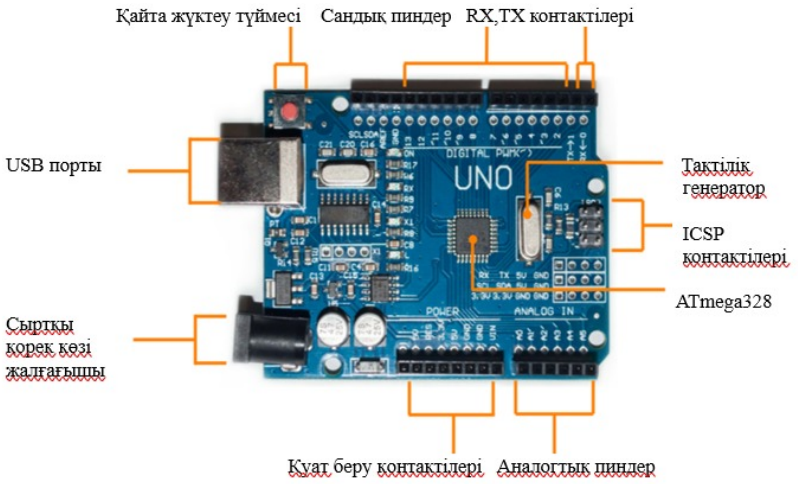
4 - сурет. Baumer CX IP 65/67 камералары

Материалдар және әдістер. LabVIEW (National Instruments) - әртүрлі енгізу/шығару құрылғыларынан деректерді жинауды, өңдеуді және визуализациялауды орындайтын виртуалды аспаптарды жасауға мүмкіндік беретін бағдарламаларды әзірлеуге және орындауға арналған бағдарламалық қамтамасыз ету. Осы бағдарламалық қамтамасыз етудің басты ерекшелігі оның бағдарламалау тілі - деректер ағындарының архитектурасына негізделген «G» графикалық тілі болып табылады [7-9].

LabVIEW бағдарламалық қамтамасыз ету базасындағы виртуалды құрал камерадан бейнелер жинауды жүзеге асырады, оларды арнайы алго-

ритмдер негізінде өңдейді, бұйымның ақау дәрежесін талдайды және өз жұмысының нәтижелерін визуализациялайды.

Сұрыптау жүйесінің аппараттық бөлігі ретінде Arduino UNO микроконтроллері әрекет етеді. Arduino Uno - ATmega328P-AU процессоры негізінде жасалған контроллер. Оның құрамына процессордан басқа: 16 сандық контактілер, 6 аналогтық контактілер, 16 МГц кварц резонаторы, USB қосқышы, қуат қосқышы, ICSP ішкі схемалық бағдарламалау қосқышы, шығару түймесі кіреді. USB-UART түрлендіргіші ретінде ATmega16U2 микроконтроллері қолданылады. Элементтердің платада орналасуы 5-суретте көрсетілген.



5 - сурет. Контроллер элементтерінің орналасуы

Микроконтроллермен қоректендіру әртүрлі көздерден келеді: - компьютерден немесе басқа құрылғыдан USB порты арқылы; - DC 2.1 қосқышы арқылы сыртқы адаптерден; - GND және VIN байланыстары арқылы батареядан.

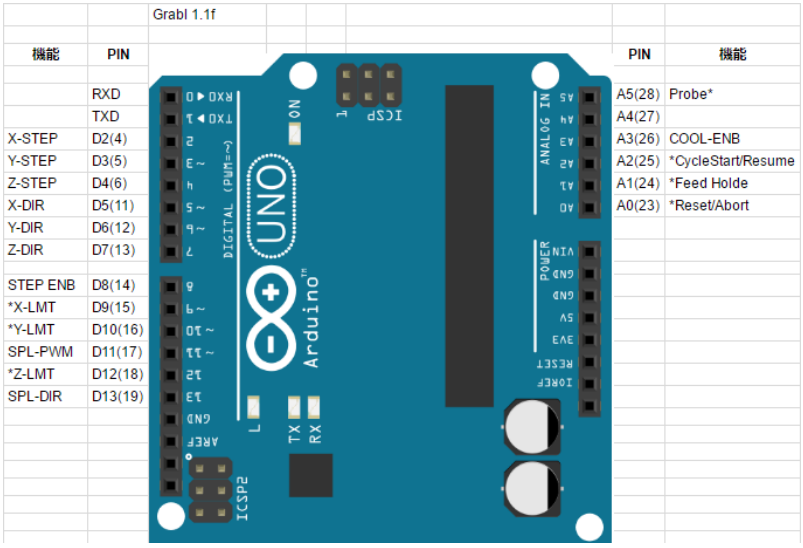
Қуат көзі автоматты түрде таңдалады. Қоректендіру кернеуінің ұсынылған диапазоны 7-12 В.

1 - кесте. Контроллердің негізгі сипаттамалары

Сипаттамасы	Мәні
Жұмыс кернеуі	5,0 В
Ұсынылатын кіріс кернеуі	7,0 В … 12,0 В
Шекті кіру кернеуі	6,0 В … 20,0 В
Цифрлық байланыстардың саны	14 (6 ШИМ)
Ұқсас контактілер саны	6
Енгізу/шығару түйіспелерінің тоғы	40 мА
Флэш-жад 32 Кб	32 Кб
SRAM-жады (энергияға тәуелді)	2 Кб
EEPROM-жады (энергияға тәуелсіз)	1 Кб
Тактілік жиілігі	16 МГц

Төлем мөлшері	70мм x 53мм

6-суретте деректерді енгізу/шығарудың барлық сандық және аналогты контактілері белгіленген.



6 - сурет. Контроллердің сандық және аналогтық контактілері

Таңдалған контроллер кеңейтілген RISC-сәулеті және төмен энергия тұтынуы бар өнімді сегіз разрядты ATmega328P-AU микроконтроллерімен жабдықталған.2-кестеде ATmega328P микроконтроллерінің негізгі сипаттамалары берілген.

2 - кесте. ATmega328P негізгі сипаттамалары

Сипаттамасы	Мәні
Қуат кернеуі	1,8В … 5,5В
Жұмыс режимінде тұтынылатын ток	0,2 мА
Күту режимінде тұтынылатын ток	0,75 мкА
Тактілік жиілік	20 МГц
Flash жады	32 Кб
SRAM жады	2 Кб
EEPROM жады	1 Кб
Барлық порттар саны (ШИМ порттары)	23(6)
АСТ арналарының саны	6
АСТ рұқсаты	10 бит
8-разрядты санауыштар саны	2
16-разрядты санауыштар саны	1
Жалпы мақсаттағы тіркелімдер саны	32x8

SRAM-жады (2 Кб) энергияға тәуелді және шын мәнінде уақытша деректерді сақтау үшін пайдаланылатын микроконтроллердің жедел жады болып табылады. Деректерді ұзақ уақыт сақтау үшін энергияға тәуелсіз EEPROM-жады (1Кб) бар. Сондай-ақ, микроконтроллер 32 Кб Flesh-жадымен жабдықталған, оның ішінде 2 Кб құрылғыны USB порты арқылы тігуге мүмкіндік беретін жүктегішке бөлінген.

Контроллердің бағдарламалық қамтамасыз етуі бағдарламаларды жазу және оларды құрастыру үшін пайдаланылатын Arduino IDE бағдарламалық қабықшасы болып табылады.

Нәтижелер және талқылау. Бұл жұмыста LabVIEW [10] виртуалды құралы, контроллер және аппараттық құралдар бір-бірімен байланыста жұмыс істейді. Бұл жұмыс мынадай кезеңдердің бірізділігімен сипатталады:

а) камера тексеруді талап ететін бұйымдардың түсірілімдерін жүзеге асырады және оларды компьютердің қатты дискісіндегі папкаға сақтайды;

б) осы компьютерде орнатылған виртуалды құрал осы суреттерге қол жеткізе алады;

в) виртуалды аспап суреттерді өңдейді және бейненің контурын талдау негізінде ақау дәрежесін анықтайды;

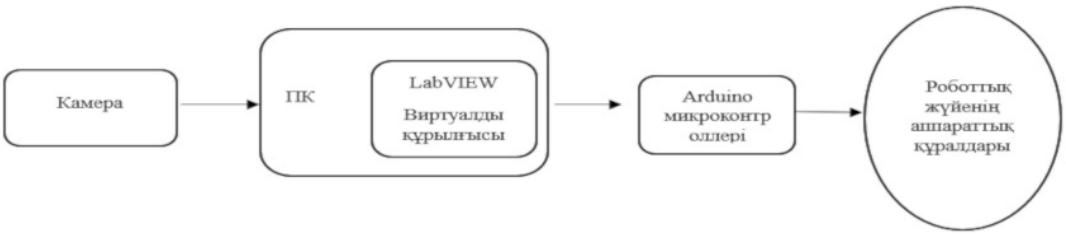
г) виртуалды құрал талдау нәтижесін визуализациялайды және тексеру нәтижесін микроконтроллерге жібереді. Тексеру нәтижесі 2 түрлі болуы мүмкін: теріс және жартылай қайталанатын;

д) бұл сигналды алғаннан кейін микроконтроллер өзінің қорытындыларында цифрлық басқару сигналдарын қалыптастырады;

е) микроконтроллердің цифрлық сигналдары қандай да бір іс-қимылдарды орындау үшін роботталған аппараттық құралдармен пайдаланылуы мүмкін. Бұл жоба жағдайында екі жарық диодтары арқылы тексеру нәтижесі туралы дабыл беріледі;

ж) виртуалды аспап камераның келесі түсірілімін талдайды. Талдау секундына бір рет жүргізіледі.

Жүйе LabVIEW виртуалды құралының орындалуы мәжбүрлі тоқтатылғанға дейін шексіз цикл режимінде жұмыс істейді.7-суретте камераның, дербес компьютердің, виртуалды аспаптың және бақылаушының өзара іс-қимыл сұлбасы көрсетілген.



7 - сурет. Роботтандырылған жүйенің құрылымдық сұлбасы

2.2 Әзірленген жүйенің сипаттамасы

Виртуалды құрал дербес компьютерге орнатылады және роботтандырылған жүйенің зияткерлік бөлігі ғана емес, оның интерфейсі де болып табылады.

Бет панелінде аспапты басқару элементтері мен деректерді визуализациялау элементтері бар.

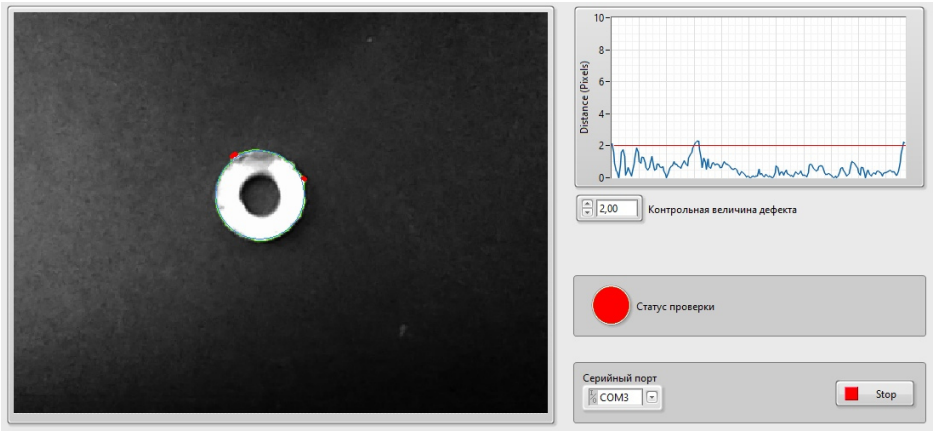
Бет панелінде ақауға тексеруден өтетін бөлшектің бейнесі көрсетіледі. Тексеру бұйымның күтілетін контурын нақты контурмен салыстыру арқылы жүзеге асырылады. Виртуалды құрал осы екі контурдың айырмашылығын өлшейді (суретте көк және жасыл контурлар).

Кестеде нақты контурдың күтілгеннен ауытқу шамасы көрсетілген. «Ақаудың бақылау шамасы» басқару элементінің көмегімен бұйымдарды жарамсыз деп табудың дәлдігін анықтауға болады. Егер нақты контурдың ауытқуы берілген мәннен асып кетсе, бұйым ақау болып саналады және «Тексеру мәртебесі» индикаторы қызыл түспен жанады. Сондай-ақ бөлшектің бейнесінде ақау

орындары қызыл түспен белгіленеді.

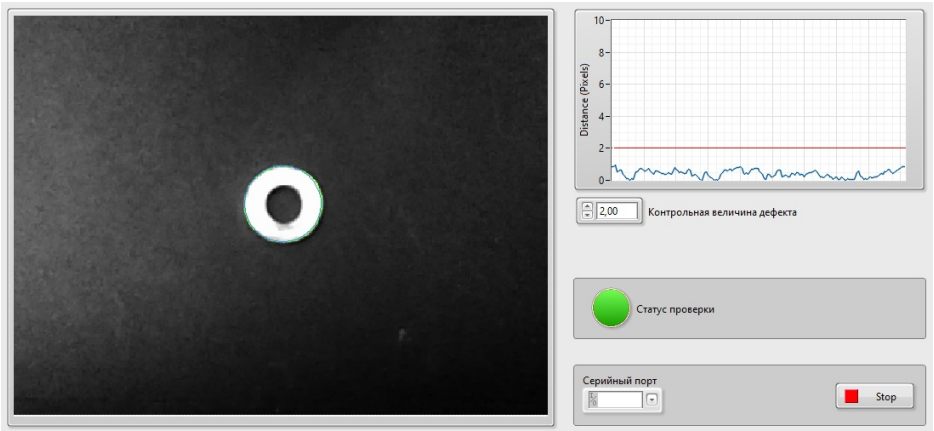
«Сериялық порт» элементі деректер бақылаушыға берілетін портты таңдау үшін қажет. «Тоқта» түймешігі виртуалды құрылғыны тоқтатады.

8-суретте бұйымның ақауын анықтаған виртуалды аспаптың бет панелінің сыртқы көрінісі көрсетілген.

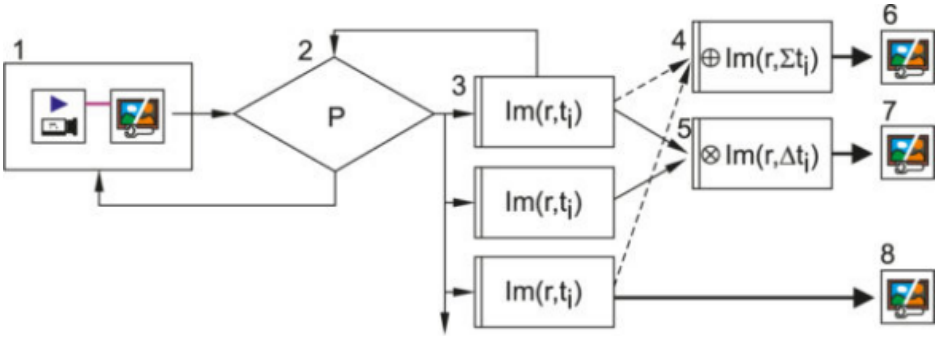


8 - сурет. Виртуалды аспаптың бет панелі

9-суретте бұйымның ақауын анықтамаған виртуалды аспаптың бет панелінің сыртқы көрінісі көрсетілген. Бұл бұйым рұқсат қағазын алады.



9 - сурет. Виртуалды аспаптың бет панелі



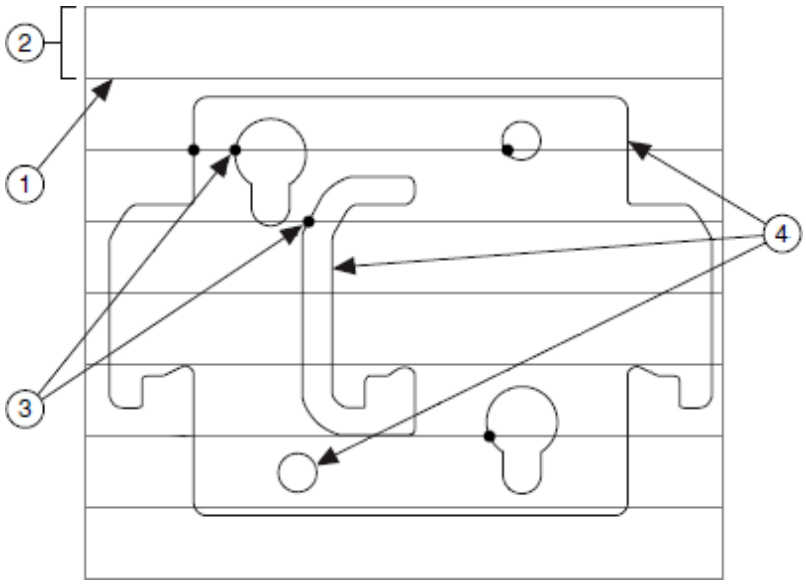
10-сурет. Суреттер сериясын уақытша өңдеу жүйесінің құрылымы

Суреттердің қандай да бір жиынтығын алғаннан кейін оларды өңдеу міндеті туындайды. Бұл үшін кейіннен өңдеу үшін олардың қолжетімділігін қамтамасыз ете отырып, пайда болатын суреттермен буферді бағдарламалық толтыруға болады. Жүйенің мұндай құрылымы 10-суретте көрсетілген. Бейнелерді алу кезінде уақытша тактілеу жолымен және қажетті триггерлік оқиғаның (Р) көмегімен бейнелер сериясы қалыптастырылады. Содан кейін ол буферге (3) толтырылады, ол бірлесіп алдын ала өңдеу үшін пайдаланылады: сапа мен рұқсатты арттыру (4), бейнелерді жұптық корреляциялық талдау (5). Нәтижесінде алынған бейнелерден (6-8) бақылау объектісі туралы ақпараттық құрамдас бөліктер алынады.

Күрделі нысандар суретіндегі ішкі элементтердің құрылымы мен көрсеткіштерін анықтау үшін берілген үлгілерді суреттердегі іздеуге қолдануға болады: геометриялық, түсті және т.б. Бейнелерді талдаудың мұндай функциялары 11-суретте берілген.

Түрі	Атауы	Сипаттамасы
	Pattern Matching	Үлгінің бар-жоғын бүкіл кескіннен немесе қызығушылық аймағынан тексереді, таңдау үлгінің қарқындылығына негізделген
	Geometric Matching	Үлгіде бүкіл кескіннің немесе қызығушылық аймағының бар-жоғын геометриялық ұқсастық негізінде тексереді
	Contour Analysis	Объектілердің контурын ақаулардың бар-жоғына қарай талдайды
	Shape Detection	Кескіндегі немесе қызығушылық аймағындағы геометриялық пішіндерді табады
	Golden Template Comparison	Кескіннің аймақтарын эталон үлгісімен салыстырып, табылған айырмашылықтарды қайтарады

11-сурет. Бейнелерді талдау функциялары



12 - сурет. Контур қисығын анықтау процесі

Бұл жұмыста суреттер контурын талдау функциялары пайдаланылады. Контурлар әдетте суреттегі бөлшектердің шекарасын білдіреді. Контур қисықтары - бұл бақылау суретіндегі үлгіге сәйкестікті анықтау үшін пайдаланылатын негізгі ақпарат.

Контур қисығын алу үдерісі қисықтың бастапқы нүктелерін іздеуден және қисықты қадағалаудан тұрады.

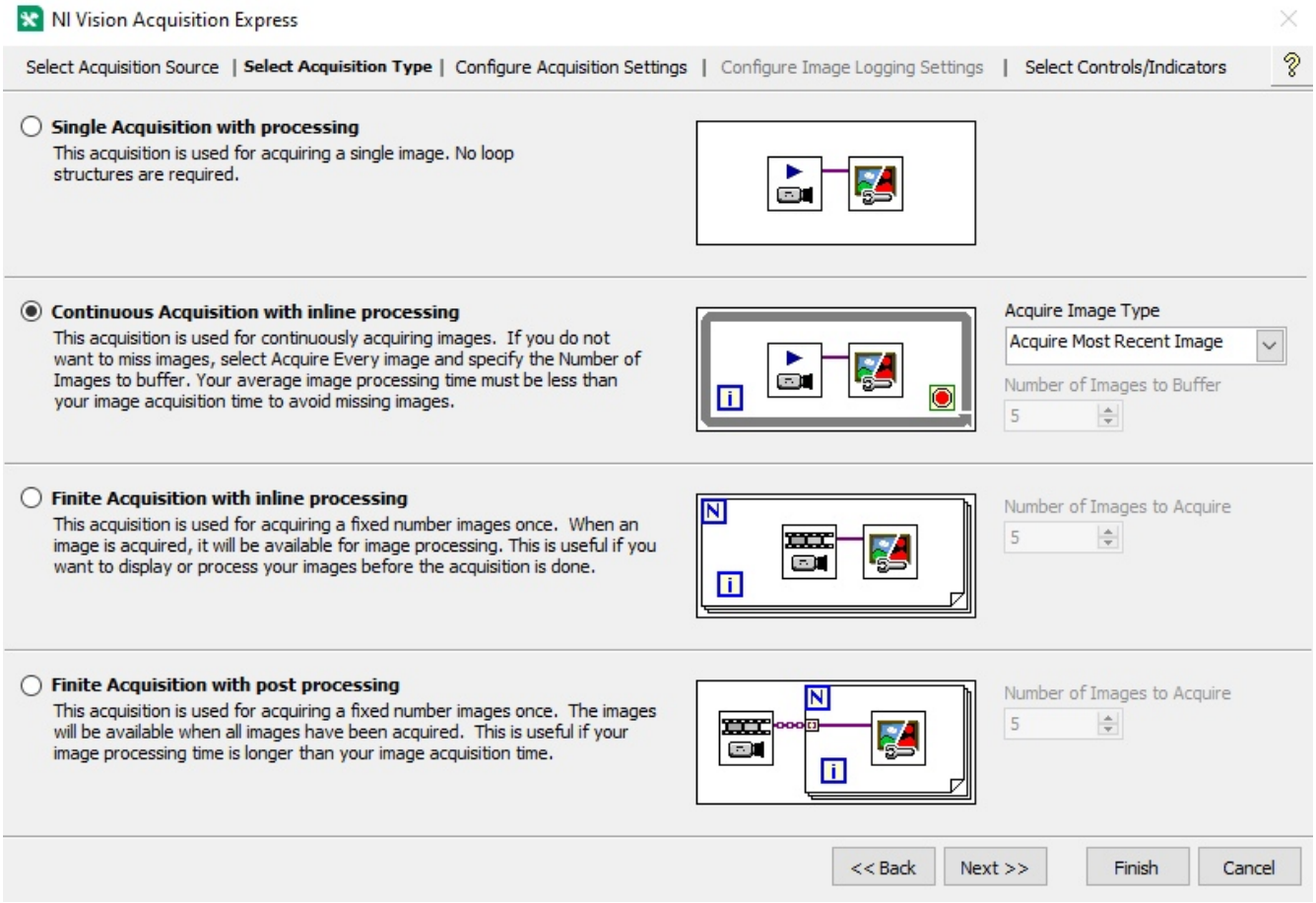
Контурдың бастапқы нүктесі контурдың трас-

сировкасы басталатын қисықтағы нүкте болып табылады. Бастапқы нүкте ретінде саралау үшін пиксель бұрыннан бар қисықтың бөлігі бола алмайды және шекті мәннен жоғары шеткі контрасты болуы тиіс. Шеткі қарама-қарсылық бірінші бастапқы пикселден бастап есептеледі. Егер шеттің қарама-қайшылығы берілген шектен үлкен болса, қисық сызық осы нүктеден бастап трассаланады. Егер қарама-қарсылық шектен төмен болса немесе бұл пиксель бұрыннан есептелген қисықтың мүшесі болып табылса, алгоритм оның бастапқы нүкте ретінде сәйкес келетінін анықтау үшін жолдағы келесі пиксельді талдайды. Бұл процесс қисықты іздеу аймағының қарама-қарсы жағына қол жеткізгенге дейін қайталанады. Содан кейін алгоритм процесті қайталайды.

Қисықты қадағалау (трассировка) - бұл қисықтағы соңғы пикселмен көршілес пиксель осы қисыққа қосылатын процесс. Бұл үрдіс ағымдық бағыттағы қисыққа пиксельдер қосылғанша қайталанады. Содан кейін алгоритм бастапқы нүктеге оралады және қисықты кері бағытта бақылауға тырысады (12-сурет).

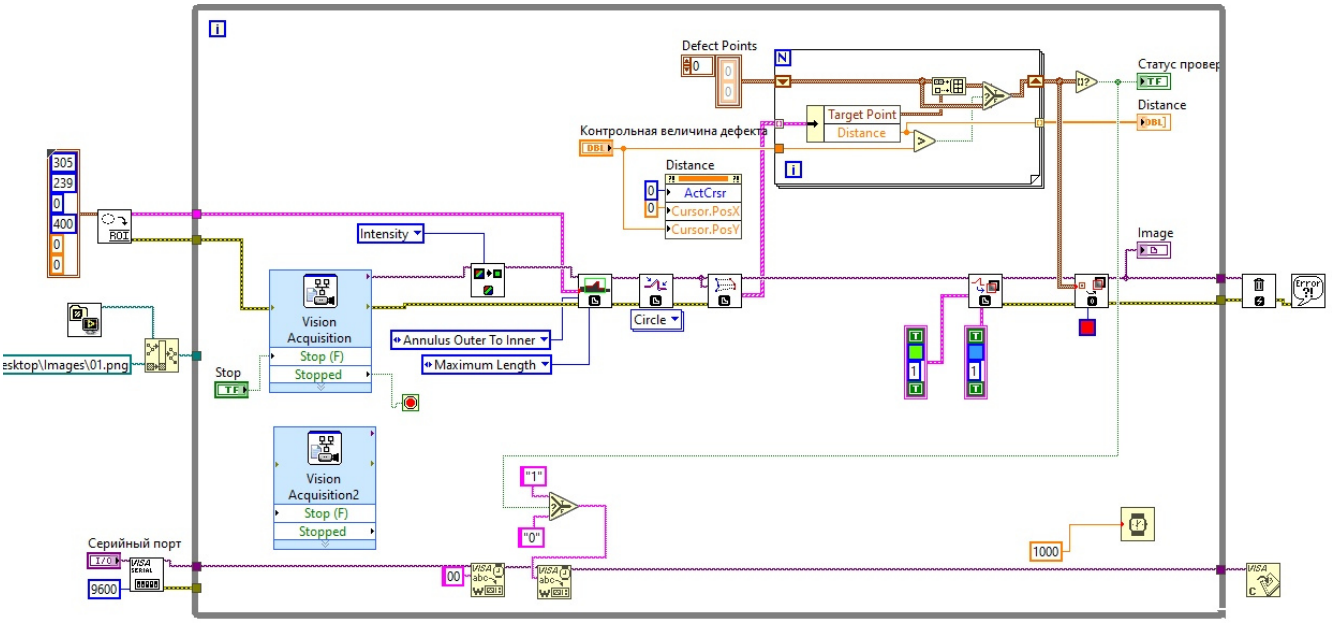
Блок-сұлбада контурды іздеу алгоритмін іске асыру үшін мынадай LabVIEW құралдары пайдаланылады: IMAQ Extract Contour VI, IMAQ Fit Contour VI, IMAQ Compute Contour Distances VI және IMAQ Overlay Contour VI. Бұл қосалқы құралдар бейненің контурын алады, оны шаблондық контурмен салыстырады және осы екі контурдың сәйкессіздік дәрежесін есептейді. Бұл сәйкессіздік бұйымда ақаудың бар екенін куәландырады.

Кескіндерді өңдеу алдында осы кескіндерді алу қажет. Бұл үшін LabVIEW Vision Acquisition Express VI арнайы бағдарламалық жасақтамасы пайдаланылады, ол 13-суретте көрсетілген

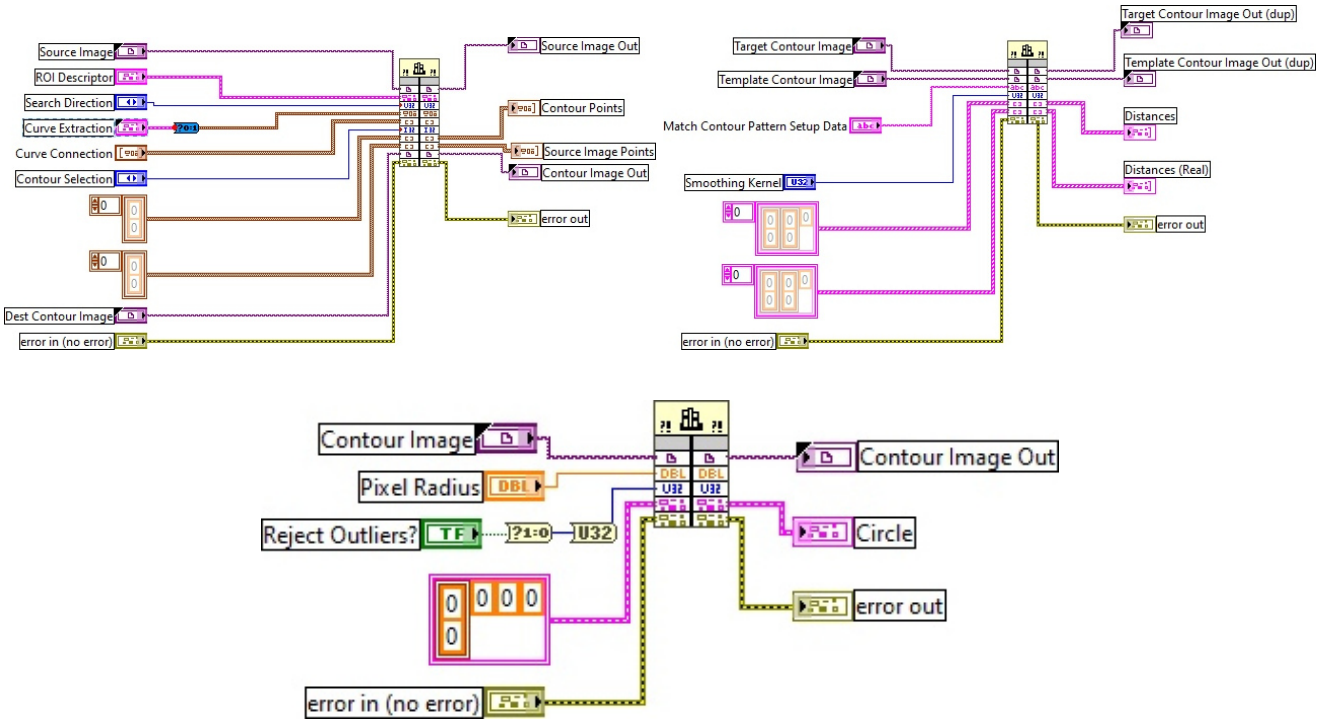


13-сурет. Виртуалды аспаптың блок сұлбасы

14-суретте деректерді жинау мен өңдеудің шексіз циклі болып табылатын виртуалды аспаптың жалпы блок-сұлбасы көрсетілген.15-суретте бейненің контурымен жұмыс істейтін қосалқы құралдардың блок- сұлбалары көрсетілген.



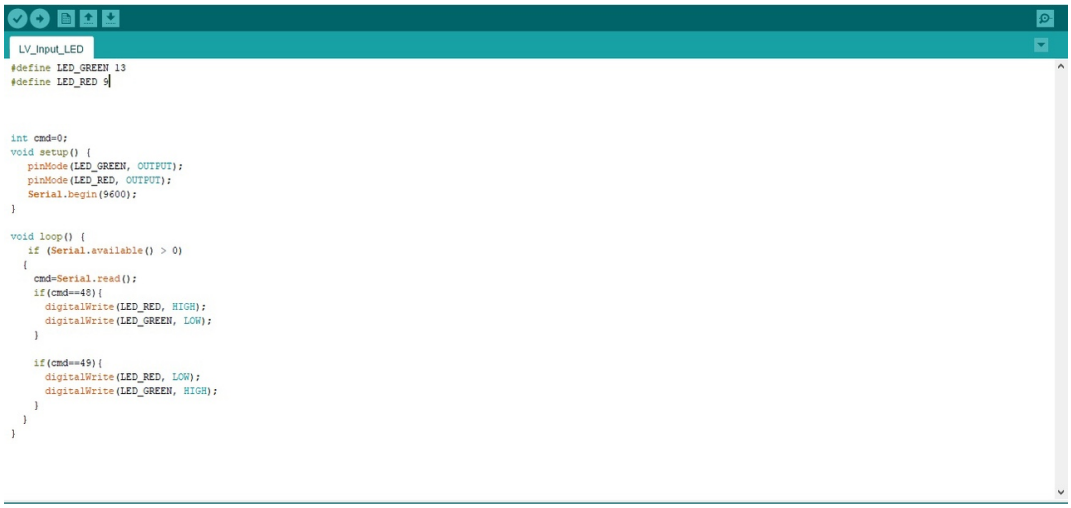
14-сурет. Виртуалды аспаптың блок-сұлбасы



15 сурет. IMAQ Extract Contour VI, IMAQ Fit Contour VI, IMAQ Compute Contour Distances VI қосалқы құралдардың блок- сұлбалары

Осылайша, жоғарыда сипатталған алгоритмдер блок схемаға кіретін бейненің контурын талдайды. Блок схеманың шығуына салынған контурлары, контурлардың сәйкессіздік шамасы және логикалық мәні бар алынған бейне шығарылады. Нақ осы логикалық мән бұйымның мәртебесін анықтайды және микроконтроллерге жіберіледі.

Микроконтроллер осы қисынды мәндерді қабылдайды және оларды төлемнің сандық шығуларындағы басқару сигналдарына түрлендіреді. Микроконтроллердің осы шығу жолдарына әртүрлі роботталған жабдықтарды қосу мүмкіндігі бар. Бұл жобада шығу жолдарындағы сигналдың болуы жарықдиодтардың көмегімен көрсетіледі. Қызыл жарық диоды бұйымның тексеруден өтпегенін және ақау болып табылатынын хабарлайды. Жасыл жарық диоды өнімнің талаптарға сай келетінін көрсетеді.16-суретте микроконтроллерге жүктелген бағдарламалық код көрсетілген.



16-сурет. Микроконтроллердің программалық коды

Сұрыптау және бракқа шығару процестерін автоматтандыру өндірістің сапасы мен өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл үшін жасанды интеллект және техникалық көзқарас технологиялары пайдаланылады.

LabVIEW компьютерлік технологиялары кейіннен өнеркәсіптік жүйеге кіріктіре отырып, техникалық көрудің бақылау-өлшеу жүйелерін құру үшін кең мүмкіндіктерге ие.

Әзірленген роботтандырылған жүйе адамның қатысуынсыз автоматты режимде өндірісте бұйымдарды сұрыптауға және іріктеуге мүмкіндік береді, осылайша өндірістік процестің сапасы мен өнімділігін арттырады. Бұл ретте бұл жүйе бракқа шығару процесінің мониторингін жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Қорытынды: Сұрыптау және бракқа шығару процестерін автоматтандыру өндірістің сапасы мен өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл үшін жасанды интеллект және техникалық көзқарас технологиялары пайдаланылады.

LabVIEW компьютерлік технологиялары кейіннен өнеркәсіптік жүйеге кіріктіре отырып, техникалық көрудің бақылау-өлшеу жүйелерін құру үшін кең мүмкіндіктерге ие.

Әзірленген роботтандырылған жүйе адамның қатысуынсыз автоматты режимде өндірісте бұйымдарды сұрыптауға және іріктеуге мүмкіндік береді, осылайша өндірістік процестің сапасы мен өнімділігін арттырады. Бұл ретте бұл жүйе бракқа шығару процесінің мониторингін жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Қорытынды. Сұрыптау және бракқа шығару процестерін автоматтандыру өндірістің сапасы мен өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Бұл үшін жасанды интеллект және техникалық

көзқарас технологиялары пайдаланылады.

LabVIEW компьютерлік технологиялары кейіннен өнеркәсіптік жүйеге кіріктіре отырып, техникалық көрудің бақылау-өлшеу жүйелерін құру үшін кең мүмкіндіктерге ие.

Әзірленген роботтандырылған жүйе адамның қатысуынсыз автоматты режимде өндірісте бұйымдарды сұрыптауға және іріктеуге мүмкіндік береді, осылайша өндірістік процестің сапасы мен өнімділігін арттырады. Бұл ретте бұл жүйе бракқа шығару процесінің мониторингін жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Әдебиеттер

1. Скоренко Т. Взгляните на мир глазами робота: как устроено «машинное зрение». URL: https://www.popmech.ru. -Дата обращения: 06.01.2025.

2. Куприянов Д., Мусалимов В., Монахов Ю. Адаптивный алгоритм технического зрения для SLAM систем. Динамика и виброакустика машин: материалы третьей международной научно-технической конференции, 29 июня - 01 июля 2016 г. -Самара: Самарский университет, 2016. – С.250-251. ISBN 978-5-7883-1088-6.

3. Махов В., Широбоков В., Закутаев А. Построение систем технического зрения на базе компьютерных технологий National Instruments // Control Engineering Россия.- 2018.- №4 (76). - С.62-69.

4. Лайонс, Р. Цифровая обработка сигналов: 2-е изд. – М.: ООО ”Бином-Пресс”, 2011.176 с. ISBN 978-5-9518-0446-4.

5. Рудаков П.И., Сафонов В.И. Обработка сигналов и изображений matlab – под общ. ред. Потемника В.Г. М.: Диалог-МИФИ, 2000. -416 с. - (Пакеты прикладных программ; Кн.2). - ISBN 5-86404-144-0 (Кн.2).

6. KR 40 PA. URL: https://www.kuka.com.- Дата обращения: 06.01.2025.

7. Bress T. Effective Labview Programming. New York: NTC Press, 2013. - 720 p. ISBN: 978-1-934891-08-7.

8. What Is NI LabVIEW? URL: https://www.ni.com.- Дата обращения: 06.01.2025.

9. Kalkman C.J. LabVIEW: A software system for data acquisition, data analysis, and instrument contro l//Journal of Clinical Monitoring and Computing.-1995.- Vol.11.-P.51-58.

10. Трэвис Дж. LabVIEW для всех: пер. с англ. М. П. Михеева. -М.: ДМК Пресс, 2023. - 905 с. ISBN 978-5-89818-491-9.

References

1. Skorenko T. Vzgljanite na mir glazami robota: kak ustroeno «mashinnoe zrenie». URL: https://www.popmech.ru. -Data obrashhenija: 06.01.2025. [in Russian]

2. Kuprijanov D., Musalimov V., Monahov Ju. Adaptivnyj algoritm tehnicheskogo zrenija dlja SLAM sistem. Dinamika i vibroakustika mashin: materialy tret’ ej mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoj konferencii, 29 ijunja - 01 ijulja 2016 g. -Samara: Samarskij universitet, 2016. – C.250-251. ISBN 978-5-7883-1088-6. [in Russian]

3. Mahov V., Shirobokov V., Zakutaev A. Postroenie sistem tehnicheskogo zrenija na baze komp’ juternyh tehnologij National Instruments // Control Engineering Rossija.- 2018.- №4 (76). - S.62-69. [in Russian]

4. Lajons, R. Cifrovaja obrabotka signalov: 2-e izd. – M.: OOO ”Binom-Press”, 2011.176 s. ISBN 978-5-9518-0446-4. [in Russian]

5. Rudakov P.I., Safonov V.I. Obrabotka signalov i izobrazhenij matlab – pod obshh. red. Potemnika V.G. M.: Dialog-MIFI, 2000. -416 s. - (Pakety prikladnyh programm; Kn.2). - ISBN 5-86404-144-0 (Kn.2). [in Russian]

6. KR 40 PA. URL: https://www.kuka.com.- Data obrashhenija: 06.01.2025. [in Russian]

7. Bress T. Effective Labview Programming. New York: NTC Press, 2013. - 720 p. ISBN: 978-1-934891-08-7.

8. What Is NI LabVIEW? URL: https://www.ni.com.- Data obrashhenija: 06.01.2025.

9. Kalkman C.J. LabVIEW: A software system for data acquisition, data analysis, and instrument contro l//Journal of Clinical Monitoring and Computing.-1995.- Vol.11.-P.51-58.

10. Трэвис Дж. LabVIEW для всех: пер. с англ. М. П. Михеева. -М.: ДМК Пресс, 2023. - 905 с. ISBN 978-5-89818-491-9.

Сведения об авторах

Нурахметов Б.К.- д.т.н., профессор, Алматинский технологический университета, Алматы, Казахстан, e-mail: b.nurakhmetov@mail.ru;

Жумашева Ж.Т. - кандидат технических наук, доцент, КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, e-mail: Zhadyra_14@mail.ru;

Information about the authors

Nurakhmetov B.K. – doctor of technical sciences,Professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: b.nurakhmetov@mail.ru;

Zhumasheva Zh.T.-PhD, Associate Professor of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: Zhadyra_14@mail.ru;

ҒТАМР 50.43.00 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-978**

АДДИТИВТІ ӨНДІРІСТЕ CAD ЖӘНЕ CAE АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ҚОЛДАНУ

[1]А. Тулегулов, [1]К. Акишев, [1]А. Джумагалиева, [2]И. Дюсебаев

[1]К. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,

[2]Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

Корреспондент-автор: tad62@ya.ru

Аддитивті өндіріс кәдімгі субтрактивті және деформацияланатын өндіріспен салыстырғанда жоғары тұндыру жылдамдығымен күрделі 3D компоненттерін жасауға мүмкіндік береді. Бірақ аддитивті өндіріс процесі әрқашан жылдам қызумен және кейіннен салқындатумен бірге жүреді. Бұл өнімнің сапасына кері әсер етуі мүмкін. Алайда аддитивті технологияның айқын артықшылықтарына қарамастан процесті қатаң бақылауды қамтамасыз ету және дайын өнімді алудың маңызды сәттері мен процедураларын автоматтандыру қажет. Мақалада аддитивті өндірісте CAD және CAE компьютерлік технологияларын қолдану қарастырылады.

Аддитивті өндіріс технологиясы-бұл материалдарды қабатты жинақтау арқылы бөлшектерді өндіру технологиясы. Дәстүрлі технологиямен салыстырғанда материалды жою (кесу), материалды жинақтаудың бұл әдісі кері тәртіпте жүреді. Қосымша өндіріс технологиясы 1980 жылдардың аяғынан бастап біртіндеп дамыды. Бұл технологияда материалдың жобалық деректері (соның ішінде сұйықтықтар, ұнтақтар, сымдар немесе блоктар және т.б.) өндіріс әдісін автоматты түрде қалыптастырады. Қосымша өндіріс технологиялары дәстүрлі құралдарды, құрылғыларды және мультипроцессорлық процедураларды қолдануды қажет етпейді.

3D дизайн деректерін пайдалана отырып, кез келген күрделі бөлшектерді бір құрылғыда жылдам және дәл жасауға болады. Бұл технологиялық процестер мен өңдеу циклін айтарлықтай азайтады. Өнімнің құрылымы неғұрлым күрделі болса, оны жасаудың артықшылықтары соғұрлым маңызды болады. Соңғы жылдары қосымша өндіріс технологиялары қарқынды дамуға қол жеткізді. Қазіргі уақытта жабдықтың 20 дан астам түрі бар.

Бұл бағдарламалық жасақтаманың жоғары даму деңгейі олардың қарапайымдылығымен және жұмыс процесінде қол жетімділігімен бірге оларды күнделікті өндірістік тәжірибеде ақпараттық технологиялар саласында терең білімі жоқ инженерлердің кең ауқымына қолдануға қосылуды жеңілдетеді.

Түйін сөздер: ақпараттық технологиялар, адаптивті жүйелер, компьютерлік модель, автоматтандырылған дизайн, алгоритм.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ CAD И CAE В АДДИТИВНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

[1]А. Тулегулов, [1]К. Акишев, [1]А. Джумагалиева, [2]И. Дюсебаев

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

[2]Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. Сатпаева, Алматы, Казахстан,

e-mail: tad62@ya.ru

Аддитивное производство позволяет создавать сложные 3D-компоненты с высокой скоростью осаждения по сравнению с обычным субтрактивным и деформируемым производством. Но аддитивный производственный процесс всегда сопровождается быстрым нагревом и последующим охлаждением. Это может негативно сказаться на качестве продукта. Однако, несмотря на очевидные преимущества аддитивной технологии, необходимо обеспечить строгий контроль над процессом и автоматизировать основные моменты и процедуры получения готового продукта.

Технология аддитивного производства-это технология производства деталей путем многослойного накопления материалов. По сравнению с традиционной технологией удаление материала (резка),

этот метод накопления материала происходит в обратном порядке. Технология дополнительного производства постепенно развивалась с конца 1980-х годов. В этой технологии проектные данные материала (включая жидкости, порошки, провода или блоки и т. д.) автоматически формируют метод производства. Дополнительные технологии производства не требуют использования традиционных инструментов, устройств и многопроцессорных процедур.

Используя данные 3D-дизайна, вы можете быстро и точно создавать любые сложные детали в одном устройстве. Это значительно сокращает технологические процессы и цикл обработки. Чем сложнее структура изделия, тем значительнее преимущества его изготовления. В последние годы технологии дополнительного производства получили бурное развитие. В настоящее время существует более 20 видов оборудования.

В статье рассматривается использование компьютерных технологий CAD и CAE в аддитивном производстве. Высокий уровень разработки этого программного обеспечения в сочетании с его простотой и доступностью в рабочем процессе позволяет легко интегрировать их в применение широкому кругу инженеров, не имеющих глубоких знаний в области информационных технологий в повседневной производственной практике.

Ключевые слова: информационные технологии, адаптивные системы, компьютерная модель, автоматизированное проектирование, алгоритм.

THE USE OF CAD AND CAE INFORMATION TECHNOLOGIES IN ADDITIVE MANUFACTURING

[1]A. Tulegulov ✉, [1]K. Akishev, [1]A. Dzhumagalieva, [2]I. Duisebaev

[1]Kazakh University of Technology and Business named after Kulazhanova, Astana, Kazakhstan,
[2]Kazakh National Research Technical University named after K. Satpayev, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: tad62@ya.ru

Additive production allows the creation of complex 3D components with a high deposition rate compared to conventional subtractive and deformable production. But the additive manufacturing process is always accompanied by rapid heating and subsequent cooling. This can negatively affect the quality of the product. However, despite the obvious advantages of additive technology, it is necessary to ensure strict control over the process and automate the most important points and procedures for obtaining finished products. The article discusses the use of CAD and CAE computer technologies in additive manufacturing.

Additive manufacturing technology is the technology of manufacturing parts by layer accumulation of materials. Compared to traditional technology material removal (cutting), this method of material accumulation occurs in reverse order. Additional production technology has developed gradually since the late 1980s. In this technology, the design data of the material (including liquids, powders, wires or blocks, etc.) automatically form the production method. Additional production technologies do not require the use of traditional tools, devices and multiprocessor procedures.

Using 3D design data, you can quickly and accurately create any complex parts in one device. This significantly reduces the technological processes and processing cycle. The more complex the structure of the product, the more important the advantages of its manufacture. In recent years, additional production technologies have achieved rapid development. At the moment, there are more than 20 types of equipment.

The high level of development of these software, combined with their simplicity and accessibility in the workflow, makes it easy to join them in everyday production practice for a wide range of engineers who do not have in-depth knowledge in the field of Information Technology.

Keywords: information technologies, adaptive systems, computer model, computer-aided design, algorithm.

Кіріспе. Металды аддитивті өндіру (АӨ) - бұл автоматтандырылған жобалау жүйесі (АЖЖ) деректерінің компьютерлік моделіне негізделген шикі металды балқыту және оның қабатын қабат-қабат құру арқылы металл бөлігін қабат-қабат жасайтын өндіріс технологиясы.

Соңғы бірнеше жылда бұл технология өнеркәсіптік қолдану үшін пісіп-жетілді, негізінен жылдам өндірістің артықшылықтары, материалдардың төмен құны және қолдануға болатын материалдардың кең ауқымы. Мақсатқа байланысты аддитивті өндіріс технологиясының әртүрлі түрлерін қолдануға болады. Мысалы, лазерлік және электронды сәулелер жылу көзі ретінде пайдаланылады, ал ұнтақтар жоғары дәлдікті қажет ететін ұсақ бөлшектер үшін шикізат ретінде пайдаланылады.

Ірі бөлшектер үшін қосымша катодты сәулелік өндіріс (ЕВАМ) сияқты балқыту әдістері қолданылады. Мысалы, титан сфералық резервуар салыстырмалы түрде қарапайым. Катодты сәулелік балқыту вакуумдық камерада жүзеге асырылады, бұл металдың тотығуын және кеуектердің пайда болуын болдырмайды [1-2]

Аддитивті өндіріс кәдімгі субтрактивті және деформацияланатын өндіріспен салыстырғанда жоғары тұндыру жылдамдығымен күрделі 3D компоненттерін жасауға мүмкіндік береді. Бірақ аддитивті өндіріс процесі әрқашан жылдам қызумен және кейіннен салқындатумен бірге жүреді. Бұл өнімнің сапасына кері әсер етуі мүмкін.

Бұл мақалада 40х13 тот баспайтын болаттан жасалған бөлшектерді өндіруге арналған шикізат ретінде жылу көзі және сым ретінде электронды сәулені қолданатын аддитивті өндіріс технологиясы егжей-тегжейлі қарастырылады, сонымен қатар бөлшектердің микроқұрылымы мен механикалық қасиеттері талданады.

Әдеби шолу. Аддитивті өндіріс технологиясы-бұл материалдарды қабатты жинақтау арқылы бөлшектерді өндіру технологиясы. Дәстүрлі технологиямен салыстырғанда материалды жою (кесу), материалды жинақтаудың бұл әдісі кері тәртіпте жүреді. Қосымша өндіріс технологиясы 1980 жылдардың аяғынан бастап біртіндеп дамыды [3-4]. Бұл технологияда материалдың жобалық деректері (соның ішінде сұйықтықтар, ұнтақтар, сымдар немесе блоктар және т.б.) өндіріс әдісін автоматты түрде қалыптастырады. Қосымша өндіріс технологиялары дәстүрлі құралдарды, құрылғыларды және мультипроцессорлық процедураларды қолдануды қажет етпейді.

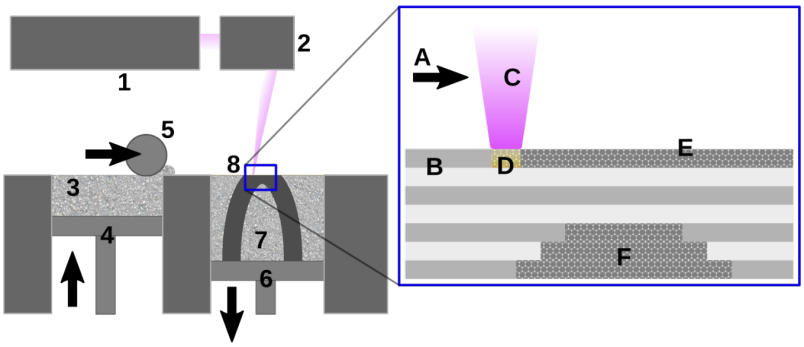
3D дизайн деректерін пайдалана отырып, кез келген күрделі бөлшектерді бір құрылғыда жылдам және дәл жасауға болады. Бұл технологиялық процестер мен өңдеу циклін айтарлықтай азайтады. Өнімнің құрылымы неғұрлым күрделі болса, оны жасаудың артықшылықтары соғұрлым маңызды болады. Соңғы жылдары қосымша өндіріс технологиялары қарқынды дамуға қол жеткізді. Қазіргі уақытта жабдықтың 20 дан астам түрі бар. [2].

Лазерлік селективті балқыту

Лазерлік селективті балқыту 1-суретте көрсетілген. Өнімді жасау процесі ұнтақ түріне байланысты инертті газ аргон немесе азотпен толтырылған машинаның SLM камерасында жүреді. Инертті газдың негізгі шығыны вакуумдық камераны Үрлеу кезінде, одан ауа толығымен шығарылған кезде пайда болады (оттегінің рұқсат етілген мөлшері 0,15% - дан аз). Осыдан кейін өнім пластинамен бірге SLM машинасының камерасынан шығарылады, содан кейін өнім пештен механикалық түрде бөлінеді. Әрі қарай, салынған өнімді әрлеу жұмыстары жүреді. Оттегінің толық болмауы титан сияқты материалдармен жұмыс істеуге мүмкіндік беретін шығын материалының тотығуын болдырмайды [5-6].

Лазерлік балқыту (SLM) - дайындау технологиясы көмегімен күрделі кеңістіктік пішіндегі металл бұйымдарын ұнтақ құрамдарын лазермен балқыту. Жұмыстар математикалық модель негізінде орындалады. Металл ұнтақтарының тез балқуын қамтамасыз ету үшін SLM технологиясы қолданылады. Қазіргі уақытта жоғары энергия тығыздығы бар лазерлерді қолданады. Жылу көзі ретінде қуаты 50-400 Вт және дақ мөлшері 20-100 мкм болатын лазер қолданылады. Бұл іс жүзінде бөлшектерді тікелей алуға мүмкіндік береді [7-8]. Алынған бөлшектерде пішіні ұсақ түйіршікті, біртекті құрылым, бетінің кедір-

бұдырлығы 20-50 мкм жетуі мүмкін. Бұл әртүрлі дайындамаларды өңдеуге жарамды технологияның күрделі түрі. SLM жоғары дәлдікке ие болғанымен, ол қалыптау процесінде сфероидизация құбылысына тап болады [9-10]



1 - сурет. Лазерлік селективті балқыту

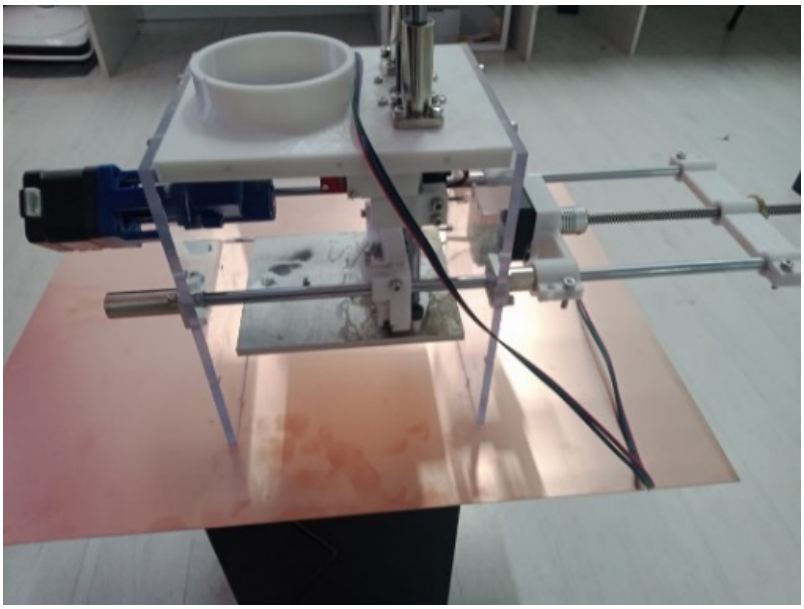
Материалдар мен әдістер. Эксперименттерде шикізат ретінде сым қолданылды

диаметрі 1,2 мм 40Х13 маркалы легирленген тот баспайтын болаттан жасалған. Субстраттың өлшемдері 100×100×19 ММ. негізгі субстрат тірек тақтасына орналастырылған және қысқыштармен мықтап басылған. Мүмкіндігінше қысуды қамтамасыз ету үшін субстраттың бұрыштарына екі қысқыш орналастырылған. Негізгі субстрат балқытылған шикізатты қолдану арқылы тікелей қолданылады.(1 кесте)

1 кесте - 40х13 тот баспайтын болаттан жасалған сым

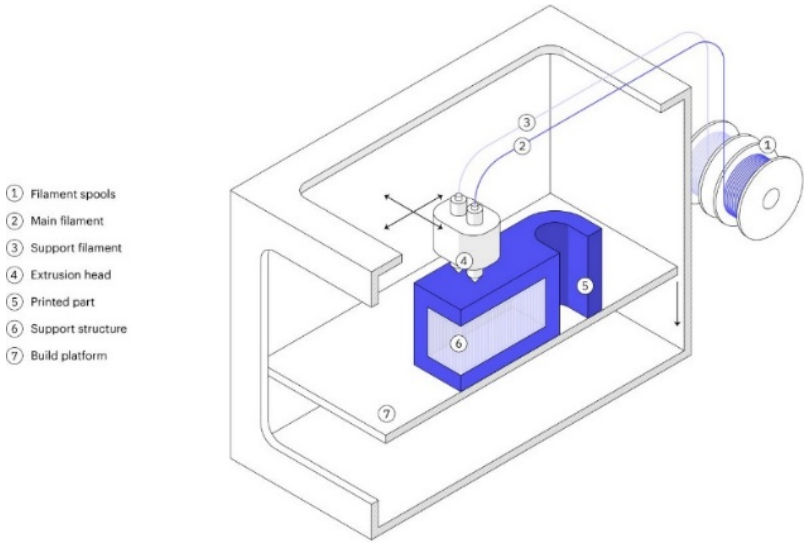
Элемент	C	Si	Mn	Cr	S	P	Ti	Cu	Ni
%	0.36-	≤0.8	≤0.8	12.0-	≤0.03	≤0.025 ≤0.2	≤0.3	≤0.6	0.36-

Субстраттың қозғалыс механизмі 2 суретте көрсетілген.



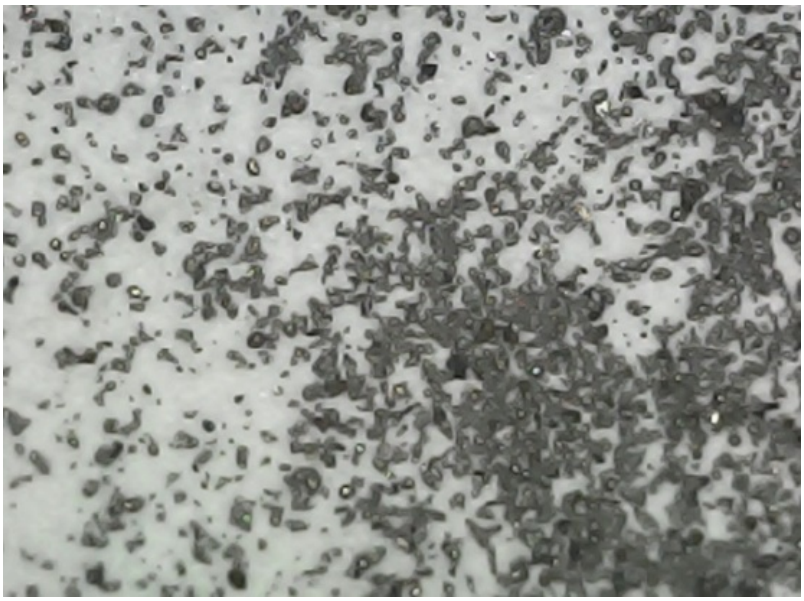
2 - сурет. Субстраттың қозғалыс механизмі

Басып шығару механизмі 3-суретте көрсетілген.



3 - сурет. Басып шығару механизмі

Нәтижелер мен талқылау. Бұл зерттеу үш түрлі эксперименттің нәтижелерін ұсынады. Бірнеше эксперименттерден кейін ток күшінің оңтайлы мәні анықталды.4-суретте токтың номиналды мәні бойынша алынған үлгінің фрагменті (а үлгісі) көрсетілген.



4 - сурет. Токтың номиналды мәні бойынша алынған үлгінің үзіндісі

Жоғары ток кезінде дәнекерлеудің артық балқуы анықталды. Бірінші қабатта ең жоғары салқындату жылдамдығы бар. Эксперимент процесінде бөлшек белгілі бір биіктікке жеткенде, оның жылдамдығы байқалады салқындату азаяды, нәтижесінде сым төмендейді сұйық металл күйі және дайындаманың айналасында қозғалады (2 кесте)

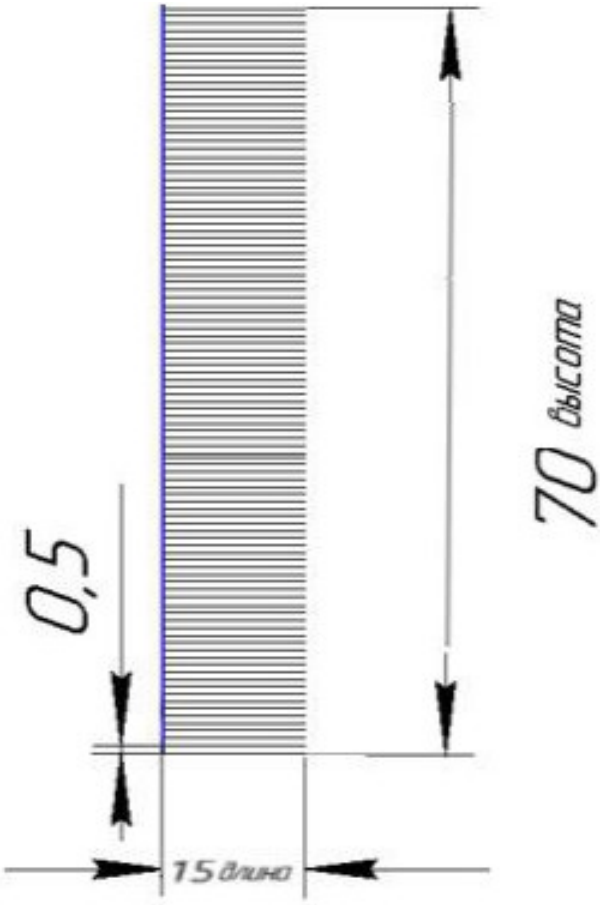
Үлгі А

2-кесте. А үлгісін басып шығару параметрлері

Сым диаметрі: 1,2 мм	Сәулелік шеңбер: 3-5мм
Үдеткіш кернеу: 400 В	Сым беру бұрышы: 45°
Сәулелік Ток: 21ма	Электронды сәуленің тиімділігі: 0.85-0.95
Қабаттың қалыңдығы: 0, 877мм	Қабат саны: 100
ұзындығы: 21мм ені: 21мм биіктігі: 76мм (шамамен) субстратты біртіндеп қыздыру температура-Жоқ, жоғары қуатпен(+5-10мА) бірінші қабатта	
Жылдамдық сканерлеу (5-сурет) сым беру (6-сурет) Қалыптасу жылдамдығы (м^3/сағ) 6.9×10^5 бір қабат үшін уақыт 20.8 s	



5 - сурет. Басып шығару жылдамдығының диаграммасы

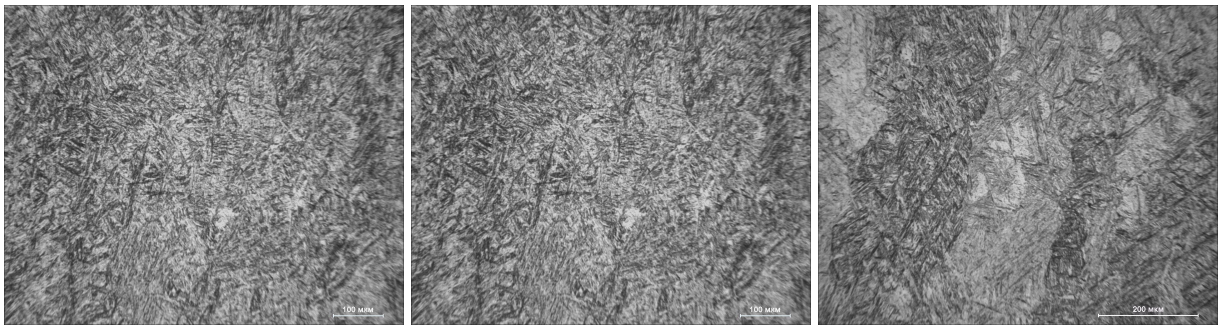


6 - сурет. Басып шығару траекториясының схемасы

Дәстүрлі өндіріс әдістерінен айырмашылығы, олар мартенситті тот баспайтын болаттар әдетте толығымен мартенситті болып табылады, аустенит және Дельта феррит фазалары сияқты басқа микроскопиялық компоненттерді аддитивті түрде жасалған мартенситті тот баспайтын болаттардан табуға болады.

7 суретте көрсетілгендей, микроқұрылымдық сипаттама 40х13 тот баспайтын болаттан жасалған басылған үлгі жарықтар пайда болмай, толығымен тығыз құрылым екенін көрсетеді. Балқытылған ваннаның шекарасы жоқ, бұл мате-

риалдың басып шығару процесінде жақсы балқығанын көрсетеді. Микроқұрылым мартенсит пен аустениттен тұрады, тесіктері мен қоспалары жоқ.



a **b** **c**

6 - сурет. A-21ma металлографиялық микроскопының астындағы Микроқұрылым; B-31mA; C-33 ma

Қазіргі заманғы бағдарламалық жасақтама, көп жағдайда, CAE жүйелерін қолдана отырып, компьютерлік модельдеу саласына бәрін аудара отырып, табиғи эксперименттен толық немесе ішінара бас тартуға мүмкіндік береді. CAD жүйелерін қолдану арқылы неғұрлым көп жұмыс жасалса және жаңа өнімдердің үш өлшемді графикалық модельдері неғұрлым көп жасалса, компьютерлік талдауды қолдану соғұрлым қызықты болады.

Сонымен қатар, CAD және CAE жүйелерін жақындастыру өте қиын. Графикалық және есептік модельдер айтарлықтай ерекшеленетінін талап ете отырып, соңғысының әзірлеушілері көбінесе CAE бағдарламасына енгізілген редакторларды қолдана отырып, есептік модельдерді нөлден әзірлеудің орындылығын талап етеді.

Қорытынды. Микроқұрылымдық талдау 40Х13 өлшемді баспайтын болаттан жасалған басылған үлгі толығымен тығыз, жарықсыз құрылым екенін көрсетеді. Балқытылған ваннаның шекаралары жоқ, бұл сым материалы басып шығару процесінде ерігенін көрсетеді. Микроқұрылым ине тәрізді мартенсит пен қалдық аустениттен тұрады, тесіктері мен қоспалары жоқ.

Қаржыландыру: *Бұл зерттеуді ғылым және жоғары білім комитеті қаржыландырады (№AP23490424 "Қорғаныс өнеркәсібі үшін металл нысандарын жасау үшін аддитивті қондырғыны әзірлеу".)*

Әдебиеттер

1. Тулегулов А.Д., Юрков Н.К. Аддитивные технологии для создания металлических объектов для военной техники и вооружения. Вестник Академии национальной гвардии Республики Казахстан. - 2024. - № 3(53). - С.151-157.

2. Akishev K., Nurtai Zh., Akisheva L. Akisheva. Automation of selection of construction mix with additives of technogenic raw materials // Vestnik KazUTB. - 2025. - Vol.1 (26). - 2025. - P.1-14. DOI 10.58805/kazutb.v.1.26-808.

3. Акишев К.М., Жамангарин Д.С., А. Талғат. Басқару алгоритмі бар микроконтроллер арқылы негізделген энергиясы есепке алудық интеллектуалды жүйсе. Военный научно-технический журнал военно-инженерного института радиоэлектроники и связи. – 2022. - № 4(50). - С.136 -143.

4. Бородин, И.Ф., Андреев С.А. Автоматизация технологических процессов и системы автоматического управления (ССУЗ) / Колосс. - 2006. - 352 с. ISBN: 5-9532-0140-0.

5. Брюханов, В.Н. Автоматизация производства /Высшая школа. - 2016. - 367 с. ISBN 5-06-004453-X: 3000

6. Клюев, А.С. Автоматизация настройки систем управления / Альянс. - 2015. - 272 с.

7. Каменев, С. В. Технологии аддитивного производства: учебное пособие для СПО / Профобразование. - 2020. - 144 с. ISBN 978-5-4488-0564-6.

8. Ляпков А.А. Современные аддитивные технологии: учебное пособие / КноРус. - 2024. - 234 с. ISBN 978-5-406-12661-5

9. Ford S. Additive Manufacturing Technology: Potential Implications for U.S. Manufacturing Competitiveness // Journal of International Commerce and Economics. Published electronically. - 2014. URL: https://ssrn.com. -Date of address: 18.01.2025

10. Stephen L. A Fully Functional 3-D Printed Heart Sooner Than You Think // Qmed. - 2014. URL: http://www.qmed.com. Date of address: 18.01.2025

References

1. Tulegulov A.D., Jurkov N.K. Additivnye tehnologii dlja sozdanija metallicheskih ob#ektov dlja voennoj tehniki i vooruzhenija. Vestnik Akademii nacional' noj gvardii Respubliki Kazahstan. - 2024. - № 3(53). - S.151-157.[in Russian]

2. Akishev K., Nurtai Zh., Akisheva L. Akisheva. Automation of selection of construction mix with additives of technogenic raw materials // Vestnik KazUTB. - 2025. - Vol.1 (26). - 2025. - P.1-14. DOI 10.58805/kazutb.v.1.26-808. [in Russian]

3. Akishev K.M., Zhamangarin D.S., A. Talғat. Basқaru algoritmi bar mikrokontroller arқyly negizdelgen jenergijasy esepke aludyқ intellektualdy zhүjse. Voennyj nauchno-tehnicheskij zhurnal voenno-inzhenernogo instituta radiojelektroniki i svjazi. – 2022. - № 4(50). - S.136 -143. [in Russian]

4. Borodin, I.F., Andreev S.A. Avtomatizacija tehnologicheskih processov i sistemy avtomaticheskogo upravlenija (SSUZ) / Koloss. - 2006. - 352 c. ISBN: 5-9532-0140-0. [in Russian]

5. Brjuhanov, V.N. Avtomatizacija proizvodstva /Vysshaja shkola. - 2016. - 367 c. ISBN 5-06-004453-X: 3000. [in Russian]

6. Kljuev, A.S. Avtomatizacija nastrojki sistem upravlenija / Al' jans. - 2015. - 272 c.

7. Kamenev, S. V. Tehnologii additivnogo proizvodstva: uchebnoe posobie dlja SPO / Profobrazovanie. - 2020. - 144 c. ISBN 978-5-4488-0564-6. [in Russian]

8. Ljapkov A.A. Sovremennye additivnye tehnologii: uchebnoe posobie / KnoRus. - 2024. - 234 s. ISBN 978-5-406-12661-5. [in Russian]

9. Ford S. Additive Manufacturing Technology: Potential Implications for U.S. Manufacturing Competitiveness // Journal of International Commerce and Economics. Published electronically. - 2014. URL: https://ssrn.com. -Date of address: 18.01.2025

10. Stephen L. A Fully Functional 3-D Printed Heart Sooner Than You Think // Qmed. - 2014. URL: http://www.qmed.com/mpmn/medtechpulse/fully-functional-3-d-printed-heartsooner-you-think. Date of address: 18.01.2025

Авторлар туралы мәліметтер

Тулегулов А.Д.- физика-математика ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қ. Құлажанов атындағы ҚазТБУ, Астана, Қазақстан, e-mail: tad62@ya.ru;

Акишев К.М.- -техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қ. Құлажанов атындағы ҚазТБУ, Астана, Қазақстан, e-mail: akmail04@mail.ru;

Жұмағалиева А.М.- магистр, қауымдастырылған профессор, Қ. Құлажанов атындағы ҚазТБУ, Астана, Қазақстан, e-mail: Dzhum@mail.ru;

Дюсебаев І.- PhD докторы, Қ. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: Nomad13@mail.ru.

Information about the authors

Tulegulov A.D. - Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, K. Kulazhanov KazUTB, Astana, Kazakhstan, e-mail: tad62@ya.ru;

Akishev K.A. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, K. Kulazhanov KazUTB, Astana, Kazakhstan, e-mail: akmail04@mail.ru;

Dzhumagalieva A.M.- Master, Associate Professor, K. Kulazhanov KazUTB, Astana, Kazakhstan, e-mail: Dzhum@mail.ru;

Dyusebayev I. - Dr. PhD, K.I. Satpayev Kazakh National Research University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: Nomad.i.m.13@mail.ru.

ҒТАМР 20.19.29; 36.33.85; 50.53.17 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-1049**

ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ КӨШКІН ҚАУІПІ БАР УЧАСКЕЛЕРІНІҢ БЕТКЕЙЛЕРІН ЖЕР БЕДЕРІНІҢ ЦИФРЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІ АРҚЫЛЫ ГЕОМОРФОМЕТРИЯЛЫҚ ТАЛДАУ

[1]А.К. Капасов, [1]Н.Ф. Денисова, [1]М.Е. Рахымбердина, [2]Н.П. Сапарходжаев, [1]Е.Т. Бекишев

[1]Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті, Өскемен,Қазақстан,
[2]Рудный индустриалдық университеті, Рудный, Қазақстан

Корреспондент-автор: MRahymberdina@edu.ektu.kz

Мақалада Жер бедерінің цифрлық моделдерін пайдалану негізінде Шығыс Қазақстан облысының аумағындағы көшкін қауіпі бар учаскелердің баурайларына геоморфометриялық талдау жүргізу ерекшеліктері қарастырылады. Жер беті туралы цифрлық деректерді жасау мен өңдеудің, сондай-ақ көшкін қаупіне әсер ететін беткейлердің морфометриялық параметрлерін оқшаулаудың әдістемелік тәсілдері қаралды. Геоморфологиялық карталардың екі түрі жасалынды: биіктік карталары және морфометриялық (беткейлердің еңісі) карталары. Тақырыптық карталар SRTM деректері және лидарлық түсіріс деректері бойынша құрылған жер бедерінің цифрлық моделі негізінде жасалынған. Көшкіннің ықтимал аймақтарын айқындау кезінде шешуші мәнге ие беткейлерді, беткейлер экспозицияларын және басқа да параметрлерді айқындау мақсатында жер бедерінің цифрлық моделдеріне кешенді талдау жүргізілді. Көшкін жинағыштар негізінен 25-45^0 еңісті баурайларда орналасқаны анықталды. Сонымен қатар, 15-25^0 еңісті баурайлар кездеседі. Алынған нәтижелер көшкін қауіпі бар аймақтардың шекараларын ауқымын нақтылауға, қауіпті табиғи құбылыстарды болжау дәлдігін арттыруға және зерттелетін аумақта профилактикалық іс-шараларды жоспарлауды оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: қар көшкіні, цифрлық модель, қашықтықтан зондтау, геоморфометриялық талдау

ГЕОМОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СКЛОНОВ ЛАВИНООПАСНЫХ УЧАСТКОВ ВОСТОЧНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЛЬЕФА

[1]А.К. Капасов, [1]Н.Ф. Денисова, [1]М.Е. Рахымбердина, [2]Н.П. Сапарходжаев, [1]Е.Т. Бекишев

[1]Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан,
[2]Рудненский индустриальный институт, Рудный, Казахстан,
email: MRahymberdina@edu.ektu.kz

В статье рассматриваются особенности проведения геоморфометрического анализа склонов лавиноопасных участков на территории Восточно-Казахстанской области на основе использования цифровых моделей рельефа. Рассмотрены методические подходы к созданию и обработке цифровых данных о поверхности, а также к локализации морфометрических параметров склонов, влияющих на лавинную опасность. Созданы два вида геоморфологических карт: карты высот и морфометрические (крутизна склонов) карты. Тематические карты были созданы на основе цифровой модели рельефа, построенной по данным SRTM и данным лидарной съемки. Был проведен комплексный анализ цифровых моделей рельефа с целью определения склонов, экспозиций склонов и других параметров, которые имеют решающее значение при определении возможных зон схода лавин. Установлено, что лавиносборы в основном расположены на склонах с крутизной 25-45^0. Вместе с тем отмечается, наличие участков с крутизной склонов 15 - 25^0. Полученные результаты позволят уточнить границы и масштабы лавиноопасных зон, повысить точность прогнозирования опасных природных явлений и оптимизировать планирование профилактических мероприятий на исследуемой территории.

Ключевые слова: снежная лавина, цифровая модель, дистанционное зондирование, геоморфометрический анализ

GEOMORPHOMETRIC ANALYSIS OF SLOPES OF AVALANCHE-PRONE AREAS OF EAST KAZAKHSTAN REGION USING DIGITAL TERRAIN MODELS

[1]A.K. Kapasov, [1]N.F. Denisova, [1]M.Ye. Rakhymberdina✉, [2]N.P. Saparhodzhaev, [1]Ye.T. Bekishev

[1]Serikbayev East Kazakhstan Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,
[2]Rudny industrial university, Rudny,Kazakhstan,
e-mail: MRahymberdina@edu.ektu.kz

The article considers the features of geomorphometric analysis of slopes of avalanche prone areas in the territory of the East Kazakhstan region on the basis of the using digital elevation models. Methodical approaches to the creation and processing of digital surface data, as well as to the localisation of morphometric parameters of slopes influencing the avalanche hazard are considered. Two types of geomorphological maps were created: elevation maps and morphometric (slope steepness) maps. The thematic maps were created on the basis of a digital elevation model constructed from SRTM data and lidar survey data. A comprehensive analysis of the digital elevation models was carried out to determine slope steepness, slope exposure and other parameters relevant to the identification of potential avalanche zones. It was found that avalanche zones are mainly located on slopes with a steepness of 25-45 degrees. At the same time, the presence of areas with slope steepness of 15 - 25 degrees is noted. The results obtained will make it possible to clarify the boundaries and dimensions of the avalanche-prone areas, to improve the accuracy of forecasts of dangerous natural phenomena and to optimise the planning of preventive measures in the study area.

Keywords: snow avalanche, digital model, remote sensing, geomorphometric analysis

Кіріспе. Соңғы жылдары аумақтардың көшкін қауіпін талдау үшін цифрлық жер бедері үлгілерін және геоақпараттық технологияларды пайдалану геоморфологиядағы, табиғи қауіптердегі және апаттардың алдын алудағы зерттеулердің маңызды құрамдас бөлігі болды. Шығыс Қазақстан облысы (ШҚО) күрделі таулы ландшафттары бар және қар көшкіні жиі болатын аумақ болып табылады. Қазіргі таңда ШҚО-да 497 қар көшкіні болатын учаскелер белгіленген (сурет 1) [1]. Қазіргі кеңістіктік мәліметтерге негізделген геоморфометриялық талдау көшкін қауіпін бағалау және болжау үшін үлкен маңызға ие болуда.

Жер бедерінің цифрлық моделі мамандандырылған ГАЖ-пакеттерде (GIS, ArcGIS, QGIS және т.б.) өндірілетін есептеулер негізінде еңіс, көлбеу экспозициясы, қисықтығы, жер бедері сияқты жер бетінің сандық сипаттамаларын бөліп көрсетуге мүмкіндік береді. [2] жұмыстың авторлары цифрлық модельдердің дәлдігі мен рұқсаты көшкін қауіпін бағалау кезінде негізгі рөл атқаратыны атап өтеді. Көшкін процестерін модельдеу үшін аэрофототүсіріс немесе Жерді қашықтықтан зондтау деректері негізінде алынған жоғары кеңістіктік шешімдегі цифрлық модельдер неғұрлым тиімді пайдаланылады [3].

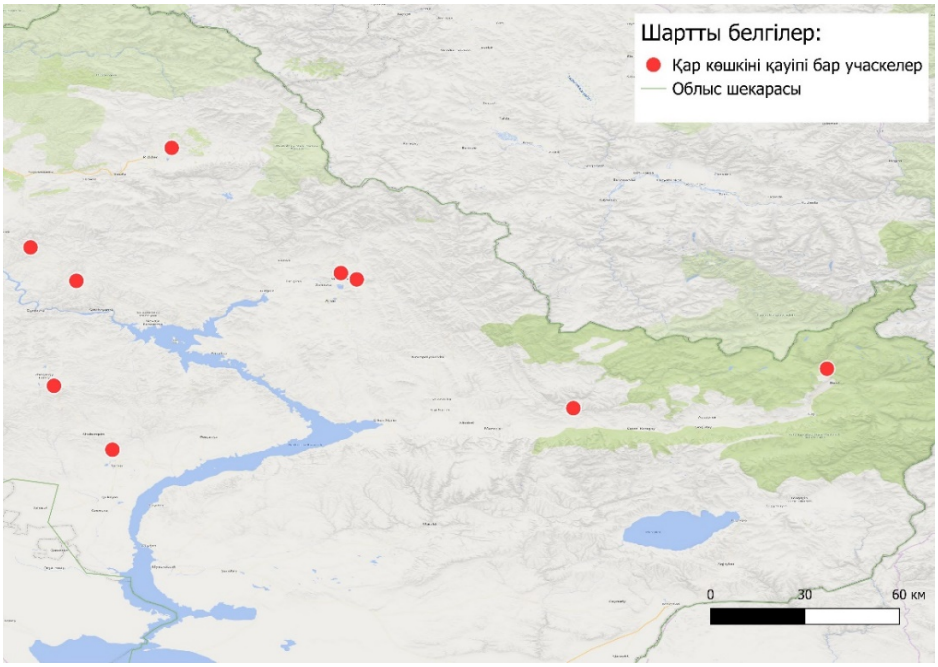
Қашықтықтан зондтаудың қазіргі заманғы жетістіктері жер бедерінің жоғары сапалы цифрлық модельдерін жасау үшін кең мүмкіндіктер ашады. Лидарлық суретке түсіру (LiDAR), серіктік радарлық және стереофотограмметриялық әдістер тау бөктерінің микро жер бедерін егжей-тегжейлі көрсетуге мүмкіндік береді [4]. Қар көшкін процестерін дәл болжау үшін далалық бақылау деректердің түрлері мен сапасы қашықтықтан зондтау деректерімен біріктіру қажет [4, 5].

Цифрлық модельдер негізінде беткейлердің сандық көрсеткіштерін есептеуге және көшкінге неғұрлым бейім аумақтарды анықтауға мүмкіндік беретін геоморфометриялық талдау жүргізіледі. Маңызды геоморфометриялық сипаттамалар еңіс, көлбеу экспозициясы, қисық және топографиялық ылғалдылық индексі болып саналады [2]. Бірқатар зерттеулерде осы сипаттамалар мен көшкін жиілігі арасындағы тұрақты байланыс расталады [6, 7, 8].

Шығыс Қазақстан облысының аумағы биіктіктің күрт ауысуы, күрделі климаттық жағдайлар және сейсмикалық белсенділік себебінен

көшкін қауіпіне едәуір ұшырайды. Алайда, бұл жерде цифрлық геоморфометриялық талдаудың мүмкіндіктерін толық ашатын зерттеулер әзірге жеткіліксіз. Жергілікті ғалымдардың жекелеген жарияланымдары [9, 10] геоақпараттық талдау мен қашықтықтан зондтаудың қазіргі заманғы әдістерін, атап айтқанда, көшкін белсенділігінің қауіптілігі мен болжамын бағалау үшін жоғары сапалы цифрлық модельдер қолдана отырып ықпалдастыру қажеттігіне назар аударады.

Бұл зерттеудің негізгі мақсаты Шығыс Қазақстан облысының көшкін қауіпі бар учаскелерінің беткейлерін жер бедерінің цифрлық модельдері арқылы геоморфометриялық талдау болып табылады. Нәтижесінде, геоморфологиялық карталардың 2 түрі жасалынды: биіктік карталары және морфометриялық (еңістердің тіктігі) карталары.



1 - сурет. Шығыс Қазақстанда көшкін қауіпі бар аймақтардың орналасуы

Материалдар мен әдістер. Табиғи апаттардың тәуекелдерін бағалау, жер бедерінің ерекшеліктерін ескере отырып, көшкін қауіпі бар учаскелерін зерттеу стратегиясын әзірлеу және инфрақұрылымын жоспарлау үшін геоморфологиялық карталар негізінде жергілікті жердің геоморфологиялық талдау жүргізілді. Геоморфологиялық карталар - бұл жер беті бедерінің нысандарын көрсететін мамандандырылған тақырыптық карталар [11, 12].

Көшкіндерді зерттеу едәуір дәрежеде геоморфологиялық карталарға сүйенеді. Олар көшкін қауіптілігін талдауға және болжауға, сондай-ақ аумақтық қорғау шараларын әзірлеуге көмектеседі. Мұндай карталарда көшкін қауіпі бар аудандарды анықтауға және көшкін процестерінің динамикасын түсінуге мүмкіндік беретін ақпарат бар.

Тақырыптық карталар жер бедерінің цифрлық моделі негізінде жасалынды. Google Earth Pro-ның координаталық және биіктік деректері негізінде зерттелетін учаскелердің биіктік карталары мен 3D модельдері жасалды. Google Earth Pro биіктік деректерін әртүрлі көздерден, соның ішінде SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) деректерінен алады. Цифрлық модельдерді құру негізі ретінде SRTM деректері таңдап алынды. SRTM - радиолокациялық қашықтықтан зондтау деректерін пайдалана отырып, Жер бедерінің дәлдігі жоғары цифрлық моделін жасауға бағытталған халықаралық жоба болып табылады. Бұл жобаның барысында жер бетінің басым бөлігі

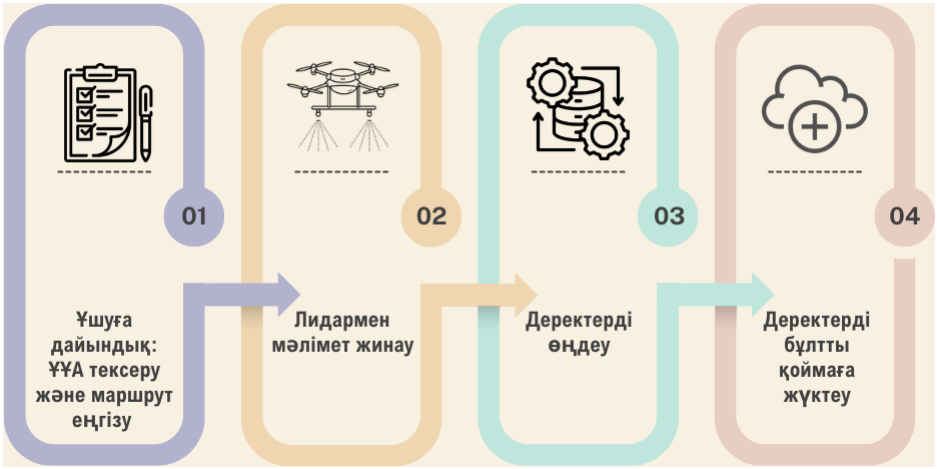
(80% жуық) үшін жер бедердің жаһандық цифрлық модельдерін жасауға мүмкіндік беретін деректер жиналды [13, 14].

Қазіргі заманғы әдістермен жасалатын дәлдігі жоғары цифрлық модель негізінде геоморфологиялық талдау (аэрофототүсіріс, LiDAR, жерүстілік лазерлік сканерлеу).

Түсіріс DJI Matrice 300 RTK және лидар Emesent Hovermap ST ұшқышсыз авиациялық жүйесінің (сурет 2) көмегімен жүргізілді. Шығыс Қазақстан облысының аумағында таңдалған көшкін жинағыштардың сандық 3D моделін түсіру және жасау келесі ретпен орындалады (сурет 3).



2 - сурет. Hovermap лидарымен DJI Matrice 300 RTK ҰҰА көрінісі



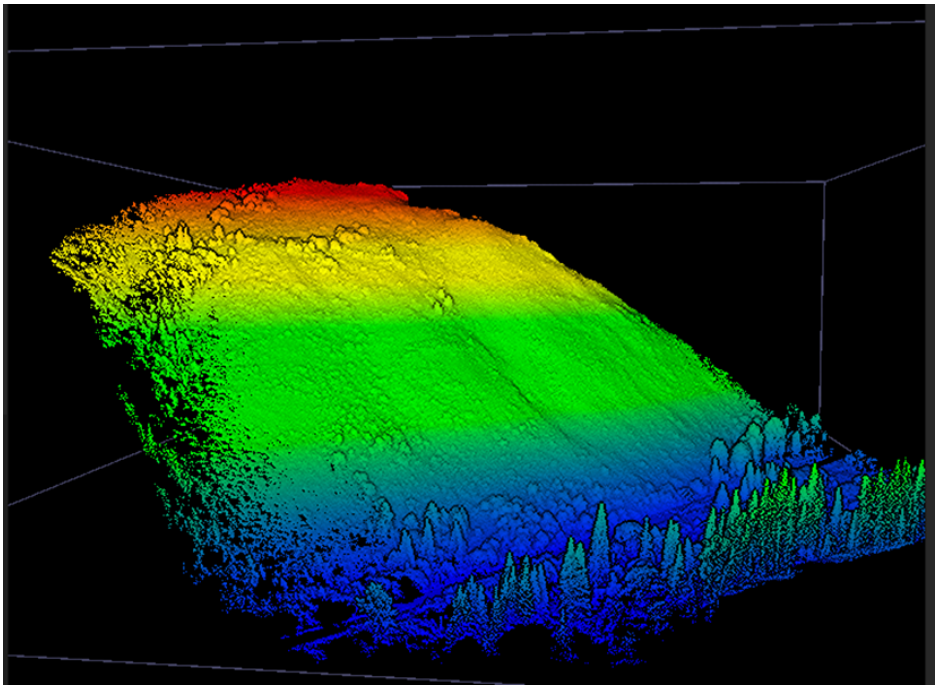
3 - сурет. ҰҰА және LiDAR көмегімен зерттеуді жүргізу реті

Зерттеу объектісі ретінде Шығыс Қазақстан облысында көшкін қауіпі бар аймақтар алынған. Далалық жұмыстар «Зубовская» тауы, Проходная өзені, Лайлы өзені, Таинты өзені, Богатыревская копь аймақтарында жүргізілді.

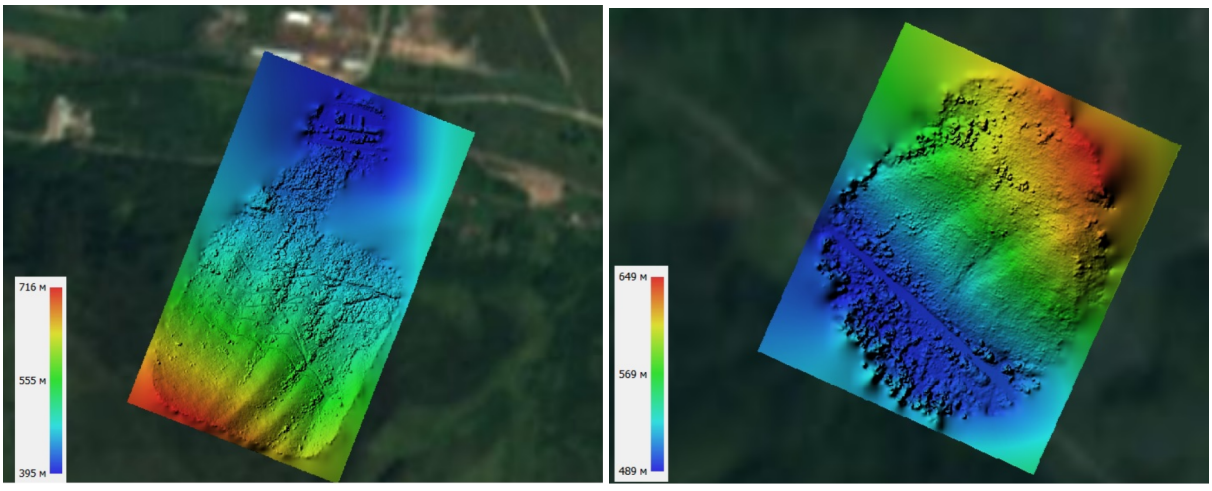
Нәтижелер мен талқылау. Лидар техноло-

гиясы аумақ пен нысандар туралы жоғары дәлдіктегі үш өлшемді ақпаратты алуға мүмкіндік береді және оның негізінде жасалған цифрлық модельдер картографияда, құрылыста, инженерлік нысандарды жобалауда, геологияда, межелеуде және қалалық ортада кеңінен қолданылады. Лидарлық түсіріс материалдары бойынша цифрлық модельдерді құру әртүрлі қызмет салаларында сұранысқа ие, аумақтар мен объектілердің дәл және интерактивті үш өлшемді көріністерін алуға мүмкіндік беретін мамандандырылған технологиялық және аналитикалық процестер сериясын қамтиды [15].

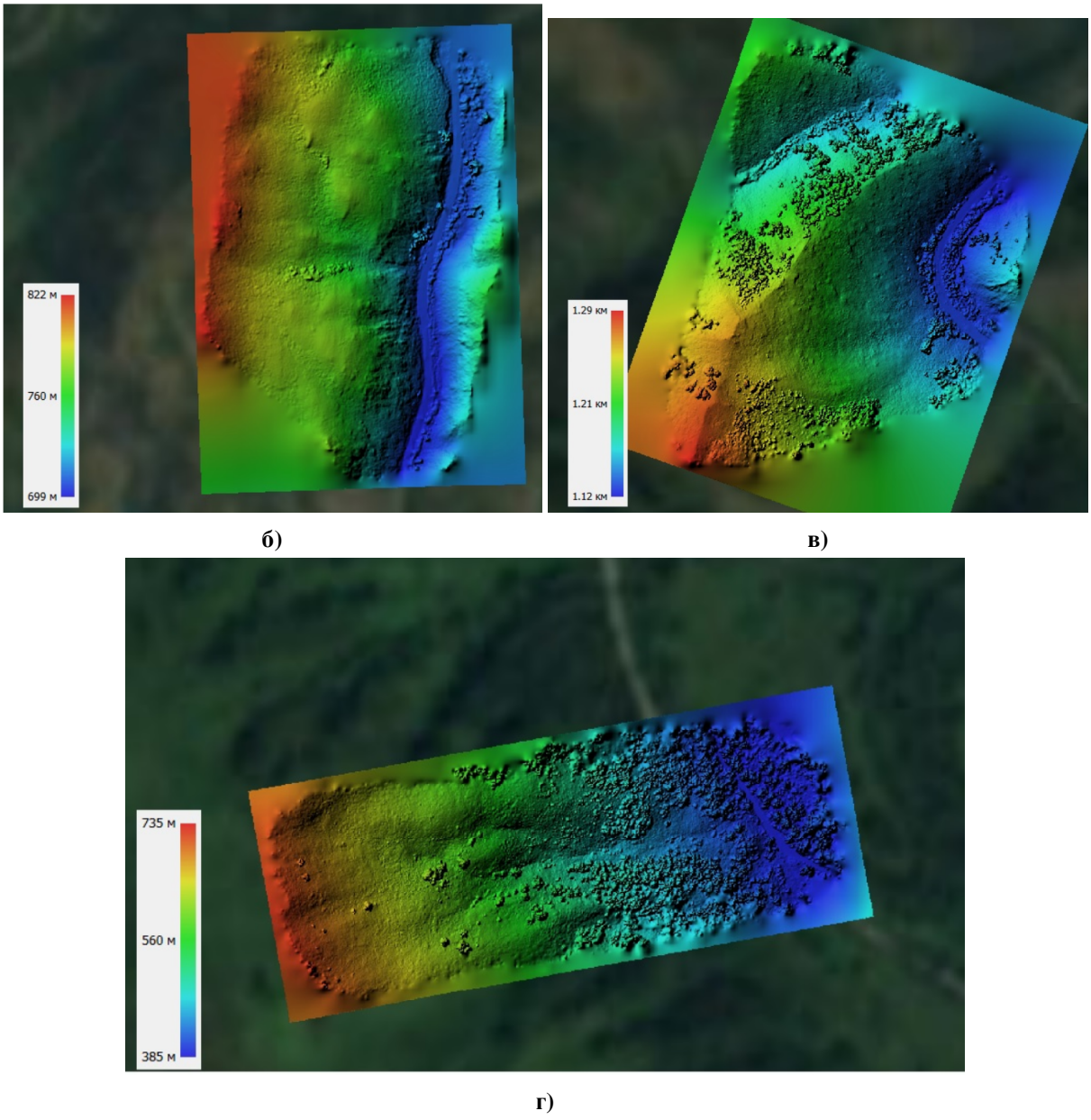
Лидардан алынған деректерді бастапқы өңдеу Aura бағдарламасында жүзеге асырылады (сурет 4). Бағдарлама лидардан бұлтты нүктелерді құруға арналған. Бағдарламада шығу деректерімен күрделі емес операцияларды жүргізуге болады. Нүктелерді кесу, сирету, координаталық жүйені ауыстыру және т.б. Сондай-ақ шығу деректерін әртүрлі жазықтықта көруге болады (сурет 5).



4 - сурет. Aura бағдарламасындағы түсіріс нәтижелері



а) **ә)**



б) в)

г)

5 - сурет. Лидардан алынған өңдеу деректері: а) «Зубовская» тауы; ә) Проходная өзені; б) Лайлы өзені; в) Таинты өзені; г) Богатыревская копь

Зерттеу жүргізу барысында лидар түсіру технологиясының дәстүрлі түсіру әдістерімен салыстырғанда бірқатар маңызды артықшылықтарға ие, сонымен қатар кемшіліктерін де атап өтуге болады (1-кесте).

Сондықтан лидар түсірісі кеңістіктік деректерді жинаудың жылдам, дәл және жоғары сапалы әдісі болып табылады, бұл әр түрлі мәселелерді шешу үшін ақпараттың егжей-тегжейін, алу жылдамдығын, сенімділігі мен дәлдігін едәуір арттыра алады [16].

SRTM мәліметтері негізінде цифрлық модельдерді құру.

Биіктік карталар QGIS 3.36 нұсқасындағы бағдарламалық жасақтамада SRTM негізінде жасалынды. Жүктелген растрлар Topography сызықтық градиенті бар бір арналы жалған түсті кескінге түрлендірілді. Цифрлық деректер (биіктік белгілері) жергілікті жердің биіктігіне сәйкес тең диапазондарға бөлінген.

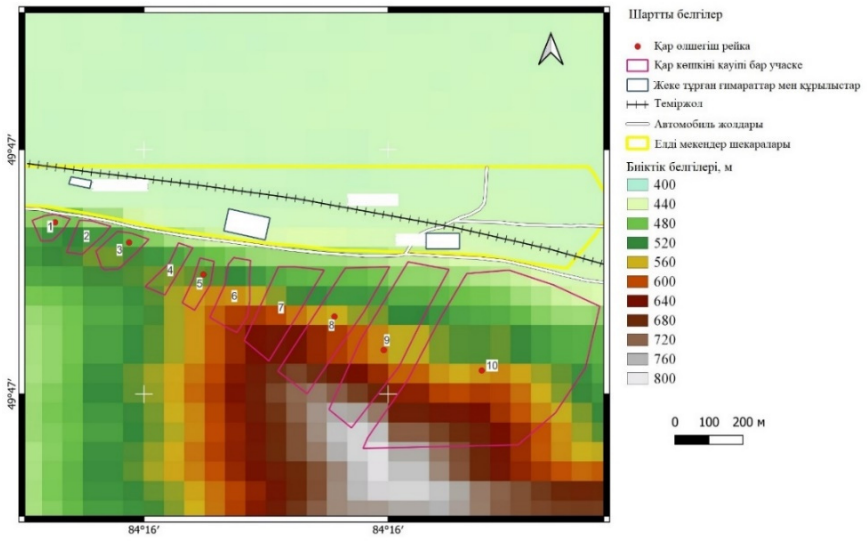
1 - кесте. Лидарлық түсірістің артықшылықтары мен кемшіліктері

Артықшылықтары	Кемшіліктер
Кеңістіктің жоғары дәлдігі мен нақтылығы (сантиметр мен миллиметрге дейін), бұл микро жер бедерін жақсы анықтауға және жергілікті геоморфологиялық процестерді зерделеуге мүмкіндік береді.	Деректерді алуға және оларды өңдеуге жұмсалатын жоғары құн мен еңбек шығындары.
Үдерістердің мониторингі және жер бедерінің динамикасы жағдайында бақылауларды үнемі жаңарту және толықтыру мүмкіндігі.	Үлкен аумақтарда өлшеуді жүзеге асыру қиын.
Өсімдіктер мен құрылыс салынған аумақтардың аз әсері (әсіресе орман алқаптары мен жерге дәл енуді қамтамасыз ететін LiDAR үшін).	Деректерді жинау жүйесінде технологиялық шектеулердің болуы (мысалы, ауа райы жағдайлары, дрондарды пайдалануға шектеулер, өңдеу үшін күрделі аппаратура мен мамандардың қажеттілігі).
Әдістеменің үлкен әмбебаптығы мен икемділігі: түрлі тапсырмаларға түсіру параметрлерін өзгерту мүмкіндігі.	

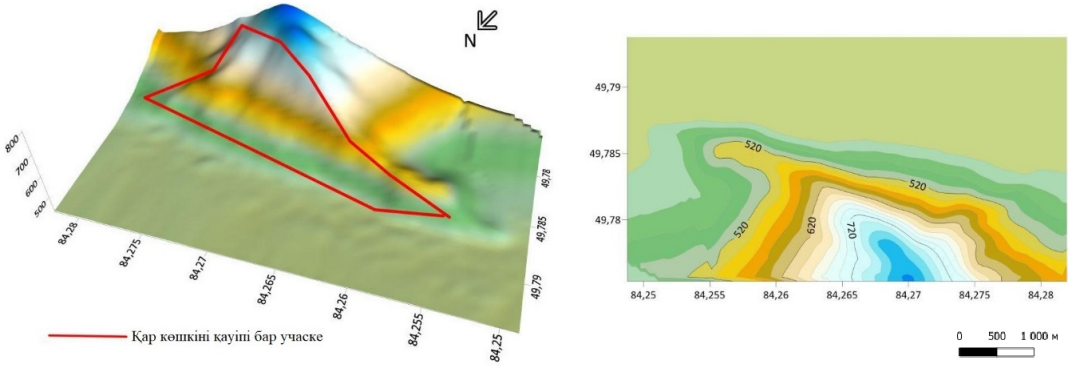
Сондай-ақ, картаға қар өлшейтін рейкалар, көшкін қауіпі бар учаскелердің шекаралары, цифрлық модельдер деректері негізінде құрылған автомобиль жолдары және т.б. түріндегі картографиялық жағдайлар қосылды.

Морфометриялық мәлеметтерді талдау нәтижесінде көшкін қауіпі бар учаскелердің жердің биіктігі бойынша сипаттама берілген [17].

«Зубовская» тауының учаскесі 480 - 800 м деңгейінде орналасқан (сурет 6). № 1 - 5 көшкін жинағыштар 480 - 560 м биіктікте орналасқан, көшкін жинағыштардың абсолюттік белгілері оңтүстік-шығыста жоғары орналасқан. Ең үлкен көшкін жинағы (№ 10) 800 м биіктікте орналасқан (сурет 7).

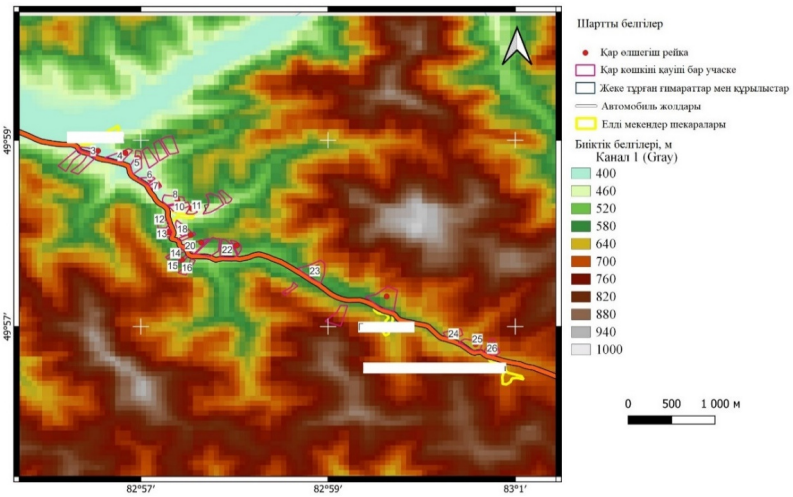


6 - сурет. «Зубовск» тауы учаскесінің биіктік картасы (SRTM мәліметтері негізінде)

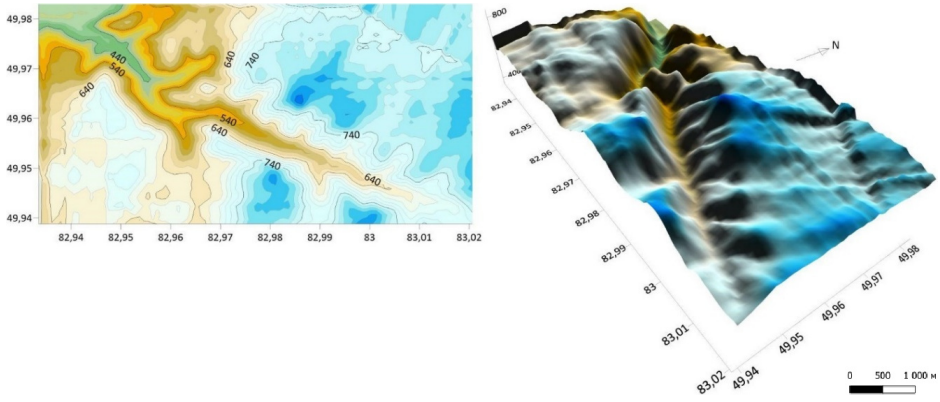


7 - сурет. Google Earth Pro деректері негізінде биіктік карталары мен 3D модельдері («Зубовск» тауы учаскесі)

Проходная өзенінің учаскесінде, Горная Ульбинка ауылында (сурет 8) көшкін жинағыштар негізінен (№ 22 дейін) 460 - 580 м биіктікте орналасқан, оңтүстік-шығысқа қарай, көшкін жинағыштар биіктігінің таулар арасындағы аракашықтықта (№ 23 - 26) 850 - 880 м дейін жетеді (сурет 9).

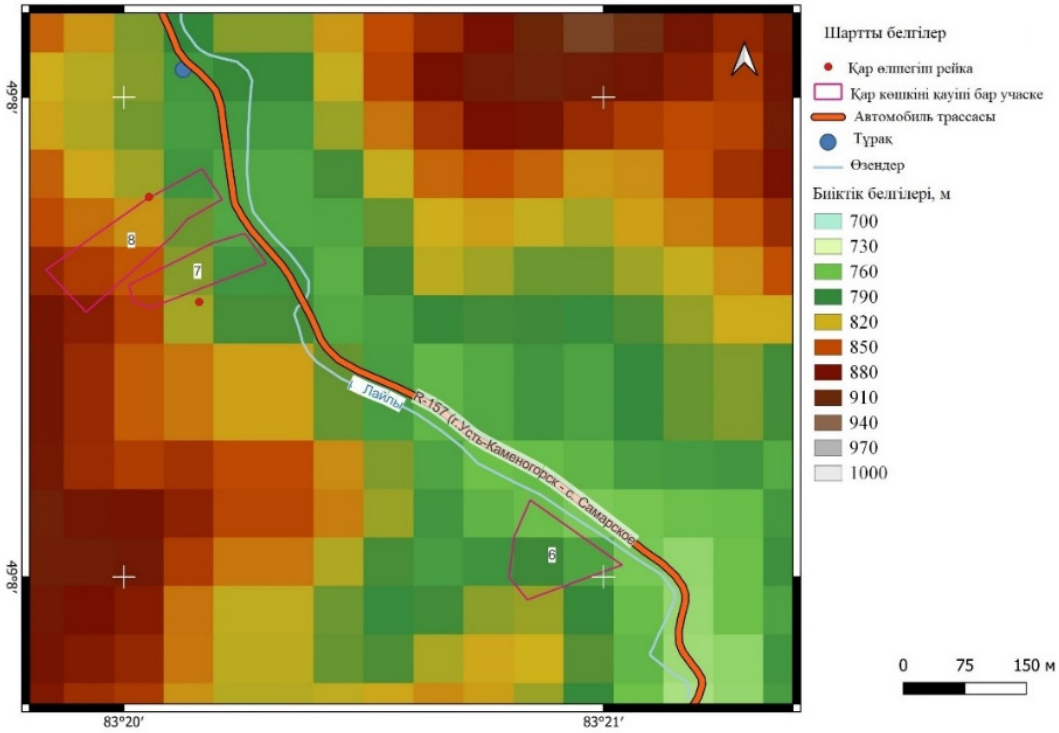


8 - сурет. Проходная өзені учаскесінің биіктік картасы (SRTM мәліметтері негізінде)

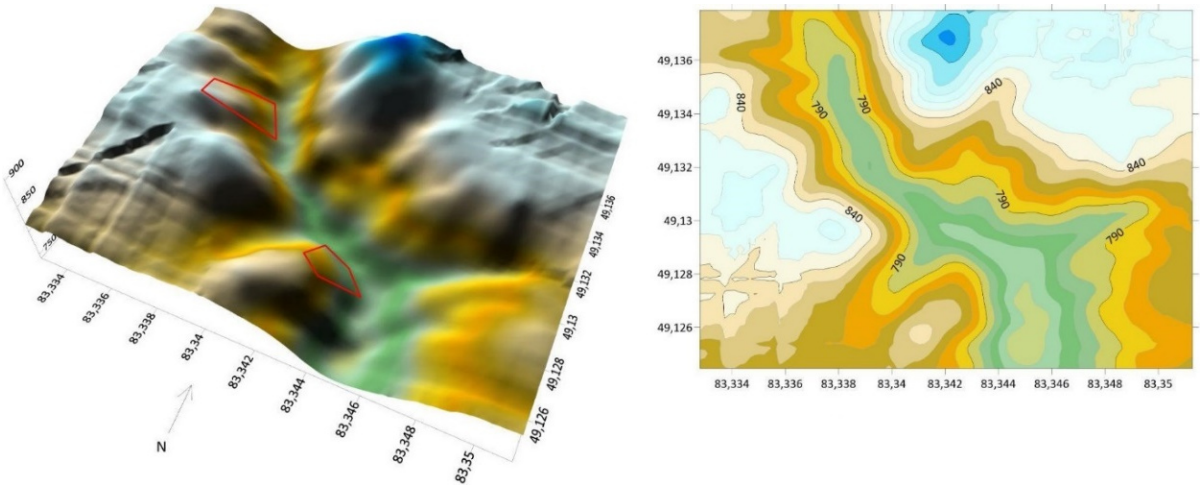


9 - сурет. Google Earth Pro деректері негізінде биіктік карталары мен 3D модельдері (Проходная өзені учаскесі)

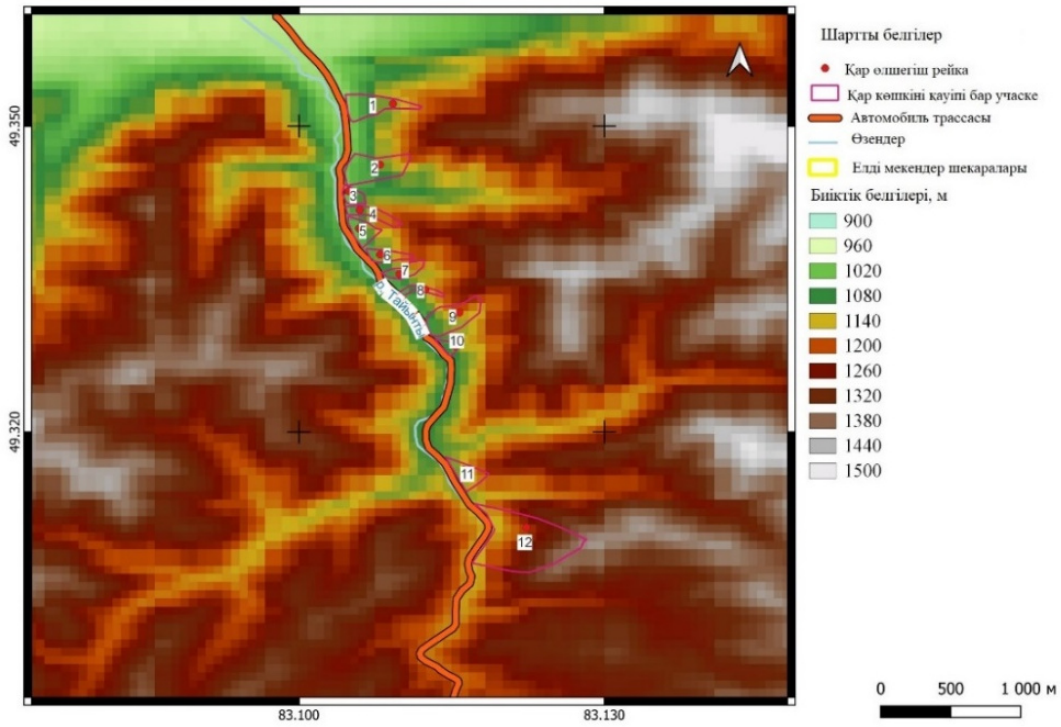
Лайлы өзені учаскесінің барлық 3 қар көшкін жинағыштары (сурет 10) өзеннің оң жағалауында 750 - 850 м биіктікте орналасқан (сурет 11), Тайынты өзені ауданы бойынша көршілес учаске (сурет 12) Тайынты өзенінің оң жағалауындағы тар шатқалда орналасқан. № 1 - 10 қар көшкін жинағыштардың 950 - 1200 м диапазонында абсолюттік белгілері бар, № 11, 12 қар көшкін жинағыштар тік баурайларда орналасқан. № 12 көшкін жинағыштың жоғарғы бөлігінің биіктігі 1450 м тең (сурет 13).



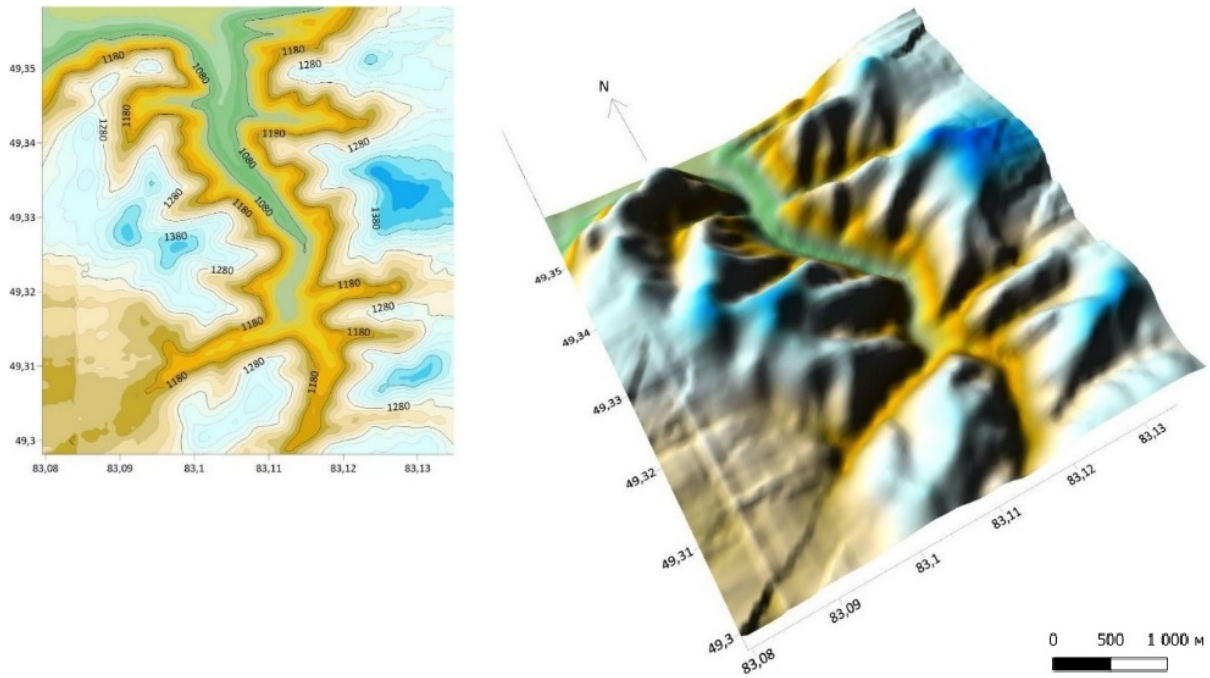
10 - сурет. Лайлы өзені учаскесінің биіктік картасы (SRTM мәліметтері негізінде)



11 - сурет. Google Earth Pro деректері негізінде биіктік карталары мен 3D модельдері (Лайлы өзені учаскесі)

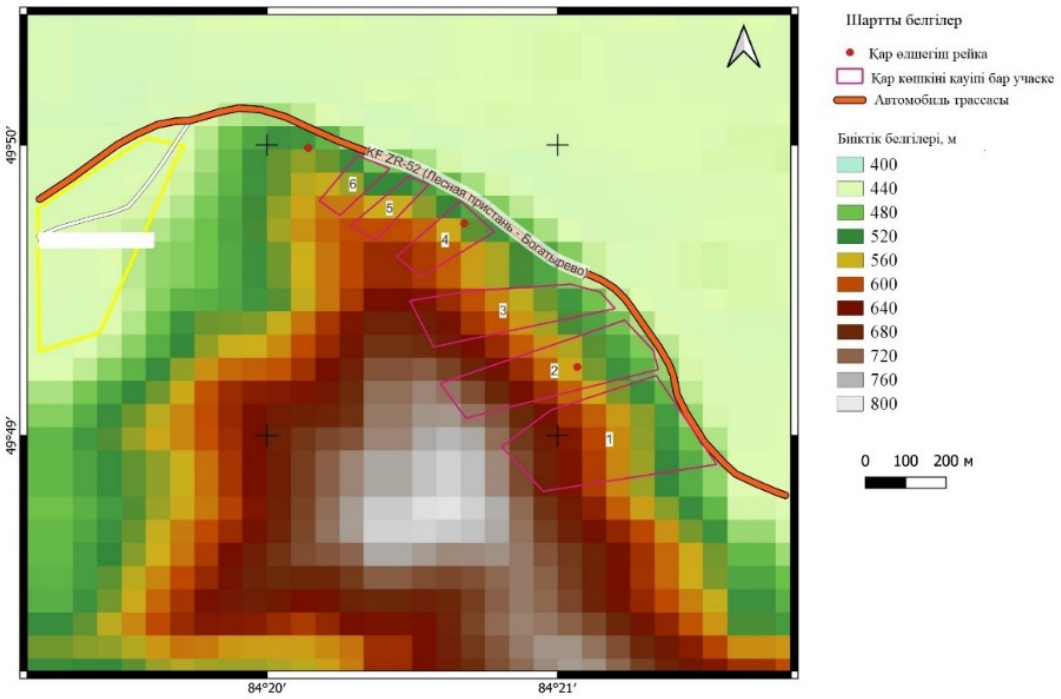


12 - сурет. Таинты өзені учаскесінің биіктік картасы (SRTM мәліметтері негізінде)

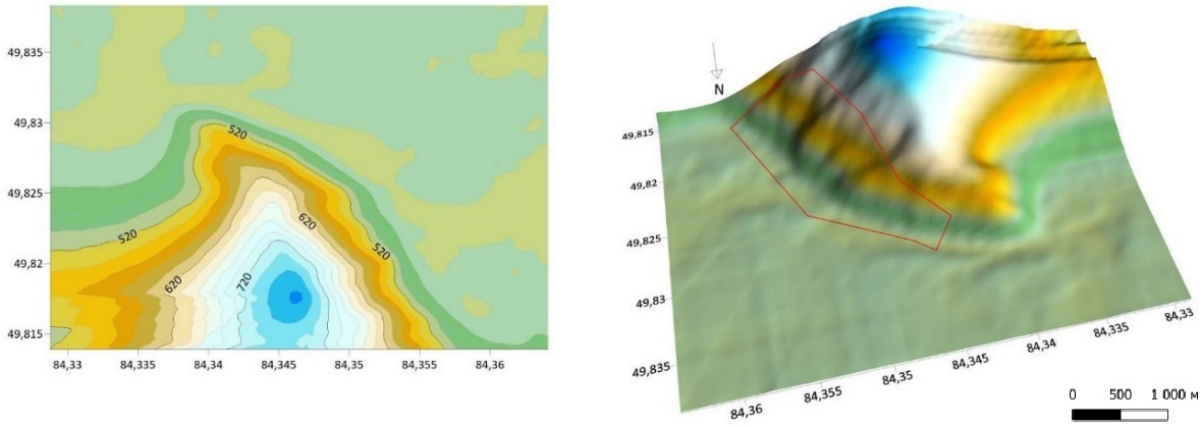


13 - сурет. Google Earth Pro деректері негізінде биіктік карталары мен 3D модельдері (Таинты өзенінің учаскесі)

«Богатыревская копь» учаскесінің көшкін жинағыштары (сурет 14) жотаның солтүстік-шығыс бет-кейлерінде орналасқан, ол автожолдан кейін қиялы өзен алқабына өтеді. Абсолюттік белгілер 480-800 м шегінде өзгереді (сурет 15).



14 - сурет. Богатыревская копь учаскесінің биіктігінің картасы (SRTM мәліметтері негізінде)



15 - сурет. Google Earth Pro деректері негізінде биіктік карталары мен 3D модельдері (Богатыревская копь учаскесі)

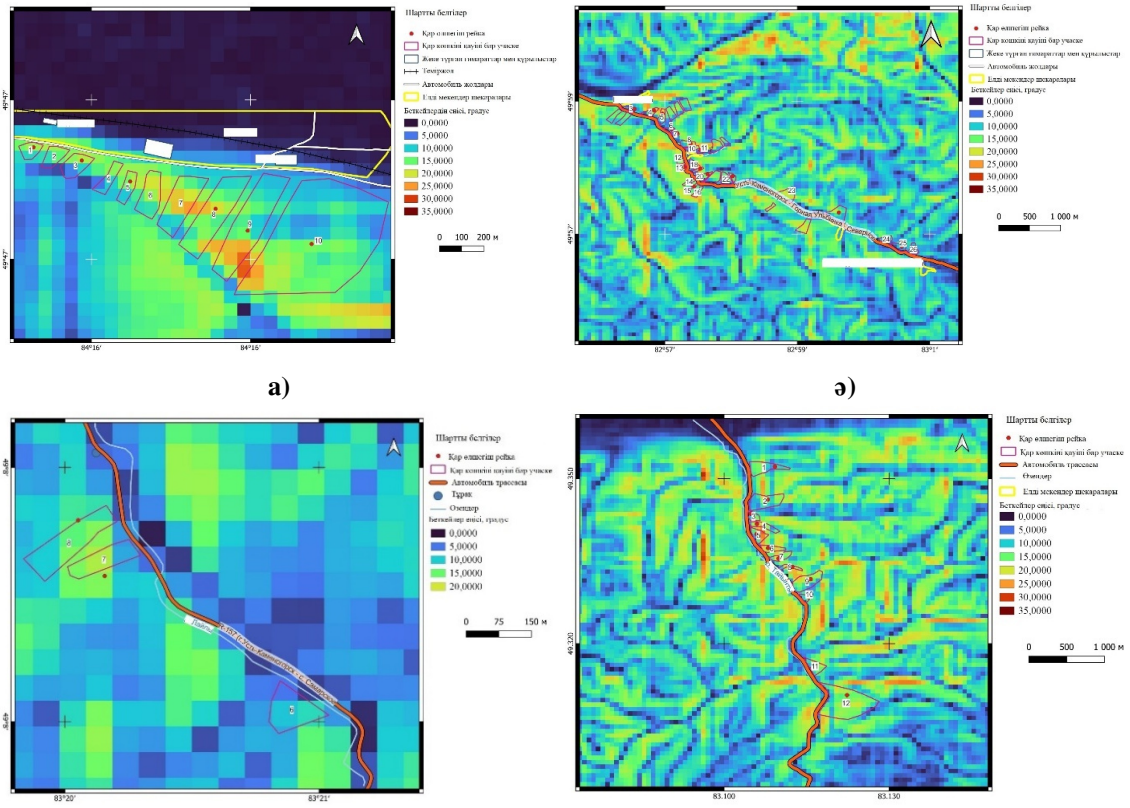
Нақты учаскелер мен аумақтар үшін түсіру жұмыстары және кейіннен әуедегі немесе жердегі фотосуреттерді өңдеу негізінде (фотограмметриялық немесе лазерлік технологияларды қолдана отырып) цифрлық модельдер жасау жолымен жеке жүргізіледі.

Цифрлық модельдерді құру негізі ретінде SRTM мәліметтерін қолдану нәтижесінде олардың келесі артықшылықтары мен кемшіліктерін көрсетуге болады (2-кесте).

Тік беткейлердің картасын жасау үшін SRTM деректері пайдаланылды. Құрал ретінде QGIS морфометриялық талдау плагині қолданылды. Морфометриялық есептеулерден кейін растр бір арналы жалған түсті бейнеге ауыстырылды. “Turbo” градиенті бірдей градус интервалдарымен қолданылды [18, 19]. Нәтижесінде учаскелер бойынша морфометриялық карталар құрылды (сурет 16).

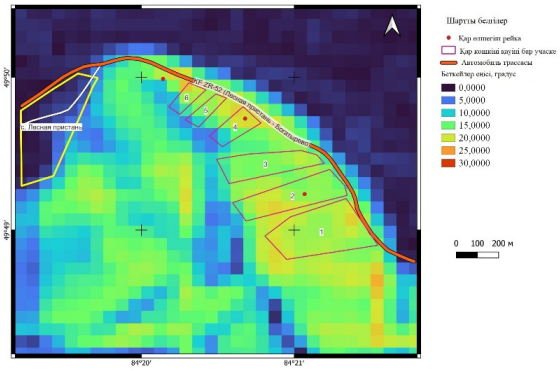
2 - кесте. Цифрлық модель құру негізі ретінде SRTM мәліметтерін қолданудың артықшылықтары мен кемшіліктері

Артықшылықтары	Кемшіліктер
Қолжетімділік: деректер тегін және қоғамдық пайдалануға ашық.	Көлеңкеден, өсімдіктермен жабудан, құрылыстардан және т.б. кейбір қателіктер мен артефактілердің болуы.
Жақсы жаһандық жабын: қолайлы рұқсатпен жер бетін қамту (шамамен 30 м және 90 м, бұрын 90 м пайдаланылған, енді көбінесе 30 м жақсартылған деректер ұсынылады).	Кеңістіктік шешімі жоғары емес (әдетте 30 - 90 м). Бұл жер бедерінің шағын ауқымды ерекшеліктерін зерделеу кезінде егжей-тегжейлі жергілікті процестерді зерттеу талаптарын әрдайым қанағаттандырмайды.
Деректерді жаһандық геоморфологиялық зерттеулерде пайдалануға мүмкіндік беретін бірізділігі.	Тік өлшеулердің салыстырмалы төмен дәлдігі (орташа ± 3 - 5 м), әсіресе өсімдіктермен жабылған немесе құрылыс салынған аудандарда, ұсақ ауқымды талдаудың нашарлаған дәлдігі.
Жұмыстың ыңғайлылығы мен қарапайымдылығы, форматтардың таралуы.	SRTM бір мезгілде алынғандықтан (2000 жыл), зерттеушілердің өздері деректерді жаңартуға немесе нақтылауға болмайды.



а) **ә)**

б) **в)**



г)

16 - сурет. Морфометриялық карта: а) «Зубовск» тауы; ә) Проходная өзені; б) Лайлы өзені; в) Таинты өзені; г) Богатыревская копь

Лидар түсірілімдері мен биіктік карталарының нәтижелерін талдау негізінде қар көшкінінің түсуіне неғұрлым бейім көлбеу бұрыштары бар учаскелер анықталды (3-кесте).

3 - кесте. Көшкін қауіпі бар учаскелердің беткейлері еңісінің ең жоғары және ең төменгі мәндері

Учаскенің атауы	Еңістердің ең аз мәні, º	Еңістердің ең көп мәні, º
«Зубовск» тауы	10	30
Проходная өзені	15	30
Лайлы өзені	5	20
Таинты өзені	15	30
Богатыревская копь	15	25

Қорытынды. SRTM деректерін аймақтық талдау және зерттеудің алдын-ала кезеңі, аумақты жалпы зерттеу, жер бедерінің негізгі ерекшеліктерін іздеу үшін пайдалу дұрыс.

Жоғары дәлдіктегі цифрлық модельдер жергілікті және нақты процестерді егжей-тегжейлі талдау және бақылау үшін, шағын аумақтарды инженерлік, экологиялық және ғылыми зерттеулерде немесе жоғары нақталығы мен дәлдік қажет жерлерде оңтайлы.

Екі әдістің де артықшылықтары бар және жалпы ауқымды талдаудан (SRTM) негізгі жер бедері учаскелерін (жоғары дәлдіктегі цифрлық модельдер) егжей-тегжейлі зерттеуге көшу мүмкіндіктерінің арқасында бір-бірін сәтті толықтыра алады. Белгілі бір тәсілді немесе осы тәсілдердің жиынтығын таңдау толығымен аумақтық міндеттерге және геоморфологиялық зерттеулердің ауқымына байланысты.

Алынған морфометриялық карталар мен оларды талдау негізінде көшкін қаупі бар учаскелер тік беткейлерде орналасқанын атап өткен жөн, учаскелер негізінен 25-45º тік диапазондағы баурайларда орналасқан. Көшкін жинағыштардың көпшілігі 15-25º құламалы баурайларда орналасқан.

Бұл мәліметтер ары қарай ШҚО бойынша қар көшкіні қауіпі бар учаскелерді бақылау жүргізуге және қар көшкінің болжау бойынша геоақпараттық бағдарламаларды жобалауға қолданылады.

Бұл зерттеу 2023-2025 жылдарға арналған BR21882022 «Мониторинг жүйелерін әзірлеу

және оларды орналастырудың ғылыми негіздемесі үшін Шығыс Қазақстан облысындағы көшкін белсенділігін зерттеу» БНҚ бағдарламасы шеңберінде жүргізілді.

Әдебиеттер

1. Rakhymberdina, M., Levin, E., Daumova, G., Bekishev Y., Assylkhanova, Z., Kapasov, A. Combined Remote Sensing and GIS Methods for Detecting Avalanches in Eastern Kazakhstan // ES Energy and Environment. - 2024. - Vol.26. - P.1350. DOI 10.30919/esee1350.

2. Aydin A., Eker R. GIS-based snow avalanche hazard mapping: bayburt-aşağı dere catchment case // Journal of Environmental Biology.- 2017. -Vol.38(5).- P.937-943. DOI 10.22438/jeb/38/5(si)/gm-10.

3. Wastl M., Stötter J., Kleindienst H., Avalanche risk assessment for mountain roads: a case

study from Iceland// Natural Hazards. - 2011. - Vol.56(2). DOI 10.1007/s11069-010-9703-64.

4. Bühler Y., Bebi P., Christen M., Margreth S., Stoffel L., Stoffel A., Marty C., Schmucki G., Caviezel A., Kühne R., Wohlwend S., Bartelt P. Automated avalanche hazard indication mapping on a statewide scale // Natural Hazards and Earth System Sciences. - 2022. - Vol.22 (6) - P. 1825-1843. DOI 10.5194/nhess-22-1825-2022.

5. Kurt T. Avalanche Hazards with Mitigation in Turkey and Qualitative Risk Assessment for Snow Avalanches in Ayder (Rize, NE Turkey) Using Combination of GIS, Remote Sensing Techniques and Field Studies. In Applications of Space Techniques on the Natural Hazards in the MENA Region // Springer International Publishing: New York, NY, USA. - 2022. - P.533–567. DOI 10.1007/978-3-030-88874-9_23.

6. Aydın A., Eker R., Odabaşı Y.B. Generating avalanche hazard indication map and determining snow avalanche protection forests in çaykara-Trabzon (NE-Turkey) // Forestist. - 2022. - Vol.72 (1). - P. 62-72. DOI 10.5152/forestist.2021.20060.

7. Eckerstorfer M., Christiansen H.H. Meteorology, Topography and Snowpack Conditions Causing Two Extreme Mid-Winter Slush and Wet Slab Avalanche Periods in High Arctic Maritime Svalbard // Permafrost and Periglacial Processes.- 2012.- Vol.23. - P.15-25. DOI 10.1002/ppp.734.

8. Denissova N., Nurakynov S., Petrova O., Chepashev D., Daumova G., Yelisseyeva A. Remote sensing techniques for assessing snow avalanche formation factors and building hazard monitoring systems // Atmosphere. - 2024. - Vol.15(11). - P.1343. DOI 10.3390/atmos15111343.

9. Omirzhanova Zh.T., Urazaliev A.S., Aimenov A.T. GIS for predicting the avalanche zones in the mountain regions of Kazakhstan // The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences.- 2015. - XL-2/W4. - P.39–44. DOI 10.5194/isprsarchives-XL-2-W4-39-2015.

10. Rakhymberdina M., Bekishev Y., Denissova N., Daumova, G., Assylkhanova, Z. Investigation Of Avalanche-Prone Areas of East Kazakhstan Based on Space Imagery Materials // In Proceedings of the 9th International Conference on Cartography and GIS, Nessebar, Bulgaria. – 2024. ISSN 1314-0604

11. Николаева С.А., Савчук Д.А., Кузнецов А.С. Особенности датирования селей, лавин и камнепадов в верховьях р. Актру (Северо-Чуйский хребет, Центральный Алтай) по травмам деревьев //Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология - 2017. - № 4. – С.31-43.

12. Кюль Е.В. Оценка изменения ландшафтов лавинной деятельностью (по ландшафтным признакам частоты схода лавин) //Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. -2014. - № 3. - С.53-59.

13. Yang L., Meng X., Zhang X. SRTM DEM and its applications advanced //International Journal of Remote Sensing 2011. - Vol.32 (14). - P. 3875-3896. DOI10.1080/01431161003786016.

14. Rodriguez E., Morris C.S., Belz J.E. A global assessment of the SRTM performance //Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. - 2006. -Vol.72. - P.249-260. DOI 10.14358/PERS.72.3.249.

15. Eitel J.U.H., Hö, B., Vierling L.A., Abellán A., Asner G.P., Deems J.S., Glennie C.L., Joerg P.C., Lewinter A.L., Magney T.S., Mandlburger G., Morton D.C., Müller J., Vierling K.T. Beyond 3-D: The new spectrum of lidar applications for earth and ecological sciences //
Remote Sensing of Environment.-2016.-Vol.186.-P.372–392. DOI 10.1016/j.rse.2016.08.018

16. Chong Z.J., Qin B., Bandyopadhyay T., Ang M., Frazzoli E., Rus D. Synthetic 2D LIDAR for precise vehicle localization in 3D urban environment // In Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Karlsruhe, Germany. - 2013. - P. 1554–1559. DOI 10.1109/ICRA.2013.6630777.

17. Maggioni M., Gruber U. The influence of topographic parameters on avalanche release dimension and frequency // Cold Regions Science and Technology. - 2003.-Vol.37 (3). - P.407-419. DOI 10.1016/S0165-232X(03)00080-6.

18. Крючков А.Н., Абламейко С.В., Апарин Г.П., Соболь Л.Н. Методы оперативного анализа состояния местности на основе моделей цифровых карт и аэро-космоснимков // Штучний інтелект. - 2010. - № 3. - С.329-340.

19. Singh D.K., Mishra V.D., Gusain H.S. Simulation and analysis of a snow avalanche accident in Lower Western Himalaya // India, Journal of the Indian Society of Remote Sensing. – 2020. – Vol.48 (11). - P. 1555-1565. DOI 10.1007/s12524-020-01178-5.

References

1. Rakhymberdina, M., Levin, E., Daumova, G., Bekishev Y., Assylkhanova, Z., Kapasov, A. Combined Remote Sensing and GIS Methods for Detecting Avalanches in Eastern Kazakhstan // ES Energy and Environment. - 2024. - Vol.26. - P.1350. DOI 10.30919/esee1350.

2. Aydin A., Eker R. GIS-based snow avalanche hazard mapping: bayburt-aşağı dere catchment case // Journal of Environmental Biology.- 2017. -Vol.38(5).- P.937-943. DOI 10.22438/jeb/38/5(si)/gm-10.

3. Wastl M., Stötter J., Kleindienst H., Avalanche risk assessment for mountain roads: a case

study from Iceland// Natural Hazards. - 2011. - Vol.56(2). DOI 10.1007/s11069-010-9703-64.

4. Bühler Y., Bebi P., Christen M., Margreth S., Stoffel L., Stoffel A., Marty C., Schmucki G., Caviezel A., Kühne R., Wohlwend S., Bartelt P. Automated avalanche hazard indication mapping on a statewide scale // Natural Hazards and Earth System Sciences. - 2022. - Vol.22 (6) - P. 1825-1843. DOI 10.5194/nhess-22-1825-2022.

5. Kurt T. Avalanche Hazards with Mitigation in Turkey and Qualitative Risk Assessment for Snow Avalanches in Ayder (Rize, NE Turkey) Using Combination of GIS, Remote Sensing Techniques and Field Studies. In Applications of Space Techniques on the Natural Hazards in the MENA Region // Springer International Publishing: New York, NY, USA. - 2022. - P.533–567. DOI 10.1007/978-3-030-88874-9_23.

6. Aydın A., Eker R., Odabaşı Y.B. Generating avalanche hazard indication map and determining snow avalanche protection forests in çaykara-Trabzon (NE-Turkey) // Forestist. - 2022. - Vol.72 (1). - P. 62-72. DOI 10.5152/forestist.2021.20060.

7. Eckerstorfer M., Christiansen H.H. Meteorology, Topography and Snowpack Conditions Causing Two Extreme Mid-Winter Slush and Wet Slab Avalanche Periods in High Arctic Maritime Svalbard // Permafrost and Periglacial Processes.- 2012.- Vol.23. - P.15-25. DOI 10.1002/ppp.734.

8. Denissova N., Nurakynov S., Petrova O., Chepashev D., Daumova G., Yelisseyeva A. Remote sensing techniques for assessing snow avalanche formation factors and building hazard monitoring systems // Atmosphere. - 2024. - Vol.15(11). - P.1343. DOI 10.3390/atmos15111343.

9. Omirzhanova Zh.T., Urazaliev A.S., Aimenov A.T. GIS for predicting the avalanche zones in the mountain regions of Kazakhstan // The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences.- 2015. - XL-2/W4. - P.39–44. DOI 10.5194/isprsarchives-XL-2-W4-39-2015.

10. Rakhymberdina M., Bekishev Y., Denissova N., Daumova, G., Assylkhanova, Z. Investigation Of Avalanche-Prone Areas of East Kazakhstan Based on Space Imagery Materials // In Proceedings of the 9th International Conference on Cartography and GIS, Nessebar, Bulgaria. – 2024. ISSN 1314-0604

11. Nikolaeva S.A., Savchuk D.A., Kuznecov A.S. Osobennosti datirovanija selej, lavin i kamnepadov v verhov' jah r. Aktru (Severo-Chujskij hrebet, Central' nyj Altaj) po travmam derev' ev //Geojekologija. Inzhenernaja geologija, gidrogeologija, geokriologija - 2017. - № 4. – S.31-43.[in Russian]

12. Kjul' E.V. Ocenka izmenenija landshaftov lavinnoj dejatel' nost' ju (po landshaftnym priznakam chastoty shoda lavin) //Izvestija Kabardino-Balkarskogo nauchnogo centra RAN. -2014. - № 3. - S.53-59. [in Russian]

13. Yang L., Meng X., Zhang X. SRTM DEM and its applications advanced //International Journal of Remote Sensing 2011. - Vol.32 (14). - P. 3875-3896. DOI10.1080/01431161003786016.

14. Rodriguez E., Morris C.S., Belz J.E. A global assessment of the SRTM performance //Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. - 2006. -Vol.72. - P.249-260. DOI 10.14358/PERS.72.3.249.

15. Eitel J.U.H., Hö, B., Vierling L.A., Abellán A., Asner G.P., Deems J.S., Glennie C.L., Joerg P.C., Lewinter A.L., Magney T.S., Mandlburger G., Morton D.C., Müller J., Vierling K.T. Beyond 3-D: The new spectrum of lidar applications for earth and ecological sciences //
Remote Sensing of Environment.-2016.-Vol.186.-P.372–392. DOI 10.1016/j.rse.2016.08.018

16. Chong Z.J., Qin B., Bandyopadhyay T., Ang M., Frazzoli E., Rus D. Synthetic 2D LIDAR for precise vehicle localization in 3D urban environment // In Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Karlsruhe, Germany. - 2013. - P. 1554–1559. DOI 10.1109/ICRA.2013.6630777.

17. Maggioni M., Gruber U. The influence of topographic parameters on avalanche release dimension and frequency // Cold Regions Science and Technology. - 2003.-Vol.37 (3). - P.407-419. DOI 10.1016/S0165-232X(03)00080-6.

18. Krjuchkov A.N., Ablameĭko S.V., Aparin G.P., Sobol' L.N. Metody operativnogo analiza sostojanija mestnosti na osnove modeleĭ cifrovyh kart i ajero-kosmosnimkov // Shtuchnij intelekt. - 2010. - № 3. - S.329-340. [in Russian]

19. Singh D.K., Mishra V.D., Gusain H.S. Simulation and analysis of a snow avalanche accident in Lower Western Himalaya // India, Journal of the Indian Society of Remote Sensing. – 2020. – Vol.48 (11). - P. 1555-1565. DOI 10.1007/s12524-020-01178-5.

Авторлар туралы мәліметтер

Капасов А. К. - Жер туралы ғылымдар мектебі оқытушы, Д. Серікбаев атындағы ШҚТУ" КЕАҚ, Қазақстан, ШҚО, Өскемен қаласы, e-mail: AKapasov@edu.ektu.kz;

Денисова Н.Ф. - Физика-математика ғылымдарының кандидаты, Цифрлық офицер, Д. Серікбаев атындағы ШҚТУ" КЕАҚ, Өскемен, Қазақстан, e-mail: NDenisova@ektu.kz;

Рахымбердина. М.Е. - PhD докторы, Жер туралы ғылымдар мектебі, деканы, Д. Серікбаев атындағы ШҚТУ" КЕАҚ, Өскемен, Қазақстан, e-mail: MRahymberdina@edu.ektu.kz;

Сапарходжаев Н.П. - PhD докторы, қауымдастырылған профессор, басқарма төрағасы-ректор, Рудный индустриялық институты, Рудный Қазақстан, e-mail: nursp81@gmail.com;

Бекишев Е.Т. - Жер туралы ғылымдар мектебі оқытушы, Д. Серікбаев атындағы ШҚТУ" КЕАҚ, Өскемен, Қазақстан, e-mail: YBekishev@edu.ektu.kz.

Information about the authors

Kapasov A.K. - Lecturer School of Earth Sciences, NAO "D. Serikbaev EKTU", Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: AKapasov@edu.ektu.kz;

Denisova N.F. - Candidate of Physico-mathematical Sciences, Digital Officer, NAO "D. Serikbaev EKTU", Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: NDenisova@ektu.kz;

Rahymberdina M.E. - doctor PhD, Dean School of Science of the Earth , NAO "D. Serikbaev EKTU", Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: MRahymberdina@edu.ektu.kz;

Saparhodzhaev N.P. - PhD, Associate Professor, Chairman of the Board-Rector, Rudny industrial university, Rudny, Kazakhstan, e-mail: nursp81@gmail.com;

Bekishev E.T. -Lecturer School of Earth Sciences, NAO "D. Serikbaev EKTU", Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: YBekishev@edu.ektu.kz.

МРНТИ 81.93.29 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-891**

SIMULATION AND MITIGATION OF DATA POISONING ATTACKS IN MACHINE LEARNING

[1]M.M. Yesmagambetova, [2]A.S. Amirova, [3]I.Yu. Petrova, [1]T.U. Yesmagambetov, [1]T.L. Ten

[1]Karaganda University of Kazpotrebsouz, Karaganda, Kazakhstan,
[2]Astana IT University, Astana, Kazakhstan,
[3]Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia,
Corresponding author: akzhibek.amirova@astanait.edu.kz

Machine learning (ML) models are increasingly used in mission-critical applications and are therefore vulnerable to adversarial attacks. Data poisoning attack is one such threat, in which an adversary injects specially designed samples into training data, which can cause a sudden drop in model accuracy or even intentionally bias its decisions in favor of the attacker. This paper presents a simulation of a data poisoning attack on machine learning using MATLAB. Experimental results show that data poisoning can significantly reduce classification accuracy, but using data cleaning techniques can restore model performance. A mitigation method is also proposed that combines the ideas of ensemble learning, outlier prediction estimation, and marginal outlier filtering. Although the main components of the method are widely known, their combination to combat data poisoning attacks is original. Data visualization, decision boundary construction, and accuracy analysis confirm the effectiveness of the mitigation measures. The proposed approach can be useful for developers of secure machine learning systems and researchers studying the resilience of models to adversarial influences. Future research may focus on developing more advanced defense mechanisms such as trust-based learning methods or adaptive attack detection algorithms.

Keywords: machine learning (ML), data poisoning attacks, availability attack, ensemble learning, out-of-bag (OOB) prediction.

МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДАҒЫ ДЕРЕКТЕРДІ БҰЗУ ШАБУЫЛДАРЫН МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ОНЫ ЖЕҢІЛДЕТУ

[1]М.М. Есмагамбетова, [2]А.С. Амирова, [3]И.Ю. Петрова, [1]Т.У. Есмагамбетов, [1]Т.Л. Тен

[1]Қазтұтынуодағы Қарағанды университеті, Қарағанды, Қазақстан,
[2]Astana IT University, Астана, Қазақстан,
[3]Астрахань мемлекеттік техникалық университеті, Астрахань, Ресей,
e-mail:akzhibek.amirova@astanait.edu.kz

Машиналық оқыту (ML) үлгілері миссия үшін маңызды қолданбаларда көбірек пайдаланылады және сондықтан қарсыластық шабуылдарына осал. Деректерді улану шабуылы - шабуылдаушы жаттығу деректеріне арнайы әзірленген үлгілерді енгізетін осындай қауіптердің бірі, бұл модель дәлдігінің кенеттен төмендеуіне әкелуі мүмкін немесе тіпті оның шешімдерін шабуылдаушы пайдасына әдейі бұрмалауы мүмкін. Бұл мақалада MATLAB көмегімен машиналық оқытудағы деректерді улану шабуылының симуляциясы ұсынылған. Эксперименттік нәтижелер деректерді улану жіктеу дәлдігін айтарлықтай төмендетуі мүмкін екенін көрсетеді, бірақ деректерді тазалау әдістерін пайдалану үлгі өнімділігін қалпына келтіре алады. Сондай-ақ ансамбльдік оқыту, бағалау, жоспарланбаған қателерді болжау және шекті шектен шығуларды сүзгілеу идеяларын біріктіретін шабуылдың осы түрін жұмсарту әдісі ұсынылды. Әдістің негізгі құрамдас бөліктері кеңінен белгілі болғанымен, деректердің улану шабуылдарымен күресу үшін олардың комбинациясы түпнұсқа болып табылады. Деректерді визуализациялау, шешім шекарасын құру және дәлдік талдауы қорғау шараларының тиімділігін растайды. Ұсынылған тәсіл қауіпсіз машиналық оқыту жүйелерін әзірлеушілер мен модельдердің дұшпандық әсерлерге төзімділігін зерттейтін зерттеушілер үшін пайдалы болуы мүмкін. Болашақ зерттеулер сенімге негізделген оқыту әдістері немесе бейімді шабуылдарды анықтау алгоритмдері сияқты жетілдірілген қорғаныс механизмдерін әзірлеуге бағытталуы мүмкін.

Түйін сөздер: машиналық оқыту (ML), деректерді бұзу шабуылдары, қолжетімділік шабуылдары, ансамбльді оқыту, жоспарланбаған қателерді болжау.

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СМЯГЧЕНИЕ АТАК ОТРАВЛЕНИЯ ДАННЫХ В МАШИННОМ ОБУЧЕНИИ

[1]М.М.Есмагамбетова, [2]А.С.Амирова✉, [3]И.Ю.Петрова, [1]Т.У.Есмагамбетов, [1]Т.Л.Тен

[1]Карагандинский университет Казпотребсоюза, Караганда, Казахстан,
[2]Astana IT University, Астана, Казахстан,
[3]Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия,
e-mail: akzhibek.amirova@astanait.edu.kz

Модели машинного обучения (ML) все чаще используются в критически важных приложениях и, следовательно, уязвимы для состязательных атак. Атака отравления данных - одна из таких угроз, при которой злоумышленник внедряет специально разработанные образцы в обучающие данные, что может привести к внезапному падению точности модели или даже намеренно исказить ее решения в пользу злоумышленника. В статье приведено моделирование атаки отравления данных на машинное обучение с использованием MATLAB. Экспериментальные результаты показывают, что отравление данных может значительно снизить точность классификации, но использование методов очистки данных позволяет восстановить производительность модели. Также был предложен метод смягчения данного вида атак, объединяющий идеи ансамблевого обучения, оценки прогнозирование внеплановой ошибки и фильтрации маргинальных выбросов. Хотя основные компоненты метода широко известны, их комбинация для борьбы с атаками отравления данных является оригинальной. Визуализация данных, построение границы принятия решений и анализ точности подтверждают эффективность мер защиты. Предложенный подход может быть полезен для разработчиков безопасных систем машинного обучения и исследователей, изучающих устойчивость моделей к враждебным воздействиям. Будущие исследования могут быть сосредоточены на разработке более продвинутых механизмов защиты, таких как методы обучения на основе доверия или адаптивные алгоритмы обнаружения атак.

Ключевые слова: машинное обучение (ML), атаки с искажением данных, атаки на доступность, ансамблевое обучение, прогнозирование внеплановой ошибки.

Introduction. Modern machine learning models are widely used in various fields, including medical diagnostics, autonomous systems, cybersecurity, and the financial sector [1]. However, their vulnerability to attacks aimed at disrupting the correctness of their operation remains one of the key problems in the field of artificial intelligence. One of the most dangerous types of adversarial influences is a data poisoning attack, in which an attacker deliberately modifies the training data set in order to degrade the quality of the model' s predictions or impose predetermined decisions on it [2].

The relevance of the study is determined by the growing number of real attacks on machine learning systems and the increase in their potential damage. In recent years, the problem of model resilience to attacks has attracted significant attention from the scientific community. The works [3, 4] showed that even small changes in the data can significantly reduce the accuracy of classification. Despite this, effective mechanisms for protecting against data poisoning are still under active study.

The purpose of the work is to develop and analyze a method of protection against data poisoning attacks based on outlier processing and anomaly filtering.

To achieve this goal, the following tasks are solved:

-simulate a data poisoning attack and evaluate its impact on the accuracy of the model;

- research various methods for detecting abnormal data and propose a method of protection;

- implement an experimental verification of the protection method in MATLAB;

- evaluate the effectiveness of the proposed method based on the accuracy metrics of the model before and after protection.

The hypothesis of the study is that the use of data cleaning methods at the preprocessing stage can significantly increase the resilience of machine learning models to data poisoning attacks, while maintaining their accuracy and generalization ability.

The theoretical significance of the study lies in expanding knowledge about the impact of data poisoning attacks on machine learning and possible protection mechanisms. The practical significance of the work is due to the applicability of the proposed method in real ML systems exposed to external threats.

Thus, the presented study is aimed at studying and developing effective ways to counter one of the most serious threats to machine learning security.

Materials and methods. A data poisoning attack is an attack on machine learning algorithms in which an attacker intentionally introduces malicious data into the training set in order to degrade the accuracy of the model or cause it to make incorrect decisions [5].

In recent years, data poisoning attacks have become one of the most discussed issues in the field of machine learning security. The main goal of such attacks is to intentionally introduce malicious examples into the training dataset in order to degrade the quality of the model or change its behavior on test data [6].

One of the earliest and most frequently cited efforts in this regard is the work of Biggio et al. [7], in which the authors demonstrated that it is possible to reduce the accuracy of support vector machine models significantly even if a small percentage of poisoned data is added to the training set. In the paper, there is considerable description of various attack scenarios as well as initial suggestions regarding how the vulnerability of training algorithms can be analyzed.

More recent research, e.g., the research by Munoz-Gonzalez et al. [8], has generalized the idea of data poisoning attacks by utilizing inverse gradient optimization techniques to develop poisoned examples that are capable of attacking contemporary deep neural networks. These works have demonstrated that attacks can not only be directed towards lowering the overall accuracy, but also at modifying the behavior of the model in some situations.

On the other hand, considerable attention has been paid to the development of mitigation methods for data poisoning attacks. One approach is to develop robust learning algorithms that can reduce the impact of poisoned data. For example, Steinhardt et al. [9] proposed a certified protection method that provides guarantees of model robustness in the presence of a limited amount of attack data.

Other studies focus on pre-cleaning training data from anomalous examples. Classical outlier detection methods such as Isolation Forest [10] and Local Outlier Factor (LOF) [11] are widely used to identify anomalies. However, as work shows, simply removing outliers may not be sufficient, since attack data is often crafted to look similar to normal data.

Types of Data Poisoning Attacks in Machine Learning

In machine learning, data poisoning attacks are a serious threat that involve deliberately changing the data used to train a model in order to degrade its performance or introduce certain vulnerabilities. There are several key types of this class of attacks, differing in their goals and methods of implementation.

One of the common types is an availability attack. The main goal of this attack is to significantly reduce the accuracy of the model on all input data, which makes it unsuitable for practical use. To implement such an attack, attackers can introduce random noise into the training dataset or change class labels in an arbitrary order, which leads to incorrect training of the model and its subsequent inoperability [12].

Another type is an attack on the target behavior, during which the attacker seeks to achieve a systematic error in the model when processing

specific input data. Unlike an availability attack, here the data corruption is targeted and affects mainly certain classes or instances. This can be used, for example, to make a machine learning model misclassify images of a certain object or misinterpret specific signals [13].

Another dangerous technique is a backdoor attack, the main goal of which is to introduce a hidden mechanism (trigger) into the model. During standard operation, the model behaves correctly, but when a certain input signal or pattern appears, it begins to make deliberate errors. This can be done, for example, by adding images with imperceptible but specific changes to the training set, which can be used in the future by attackers to activate the embedded vulnerability [14].

The above-discussed forms of data poisoning attacks illustrate various methods of jeopardizing a machine learning model from general loss in accuracy to strategically injecting covert flaws. Estimating the effect of such attacks and designing defense approaches involves an intensive investigation that spans multiple stages. The following is the procedure of carrying out an experiment for modeling attacks, building a model, and subsequently probing the efficacy of defense strategies.

The evaluation of the impact of a data poisoning attack on a machine learning model follows a sequence of steps (Figure 1).

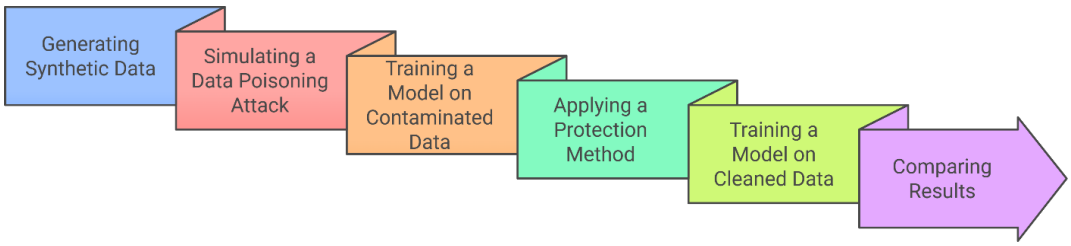


Fig.1 - The data poisoning attack impact evaluation algorithm

The first step is generating synthetic data, whereby you can replicate a controlled environment for study. Data used can be artificially generated samples simulating real-world cases, which helps in replicating data poisoning scenarios and their subsequent analysis.

The second step is simulating a data poisoning attack. In this step, the source data is intentionally compromised, such as altering class labels, adding noise instances, or adding hidden patterns that can affect the process of model training. Based on the objective of the study, availability attacks, targeted attacks, or backdoor attacks can be used.

The third stage involves training a model on contaminated data. During the training process, the model is trained on a corrupted data set, which allows us to assess the impact of the attack on its accuracy and overall performance.

Finally, a protection method is deployed to eradicate the impact of the attack. This could be through some data cleaning mechanisms, robust learning, or utilizing other anomaly detection algorithms.

Then, after applying a protection method, the model is retrained on cleaned data, which corresponds to the task of training a model on cleaned data. This allows us to test how effective the proposed protection method is and understand up to which point we are able to regain the original accuracy of the model.

The final step is one of comparison of results. The comparison of the accuracy of the model trained on infected data and the model trained after the implementation of the protection method enables us to evaluate the effectiveness of the suggested approach quantitatively. Primary attention is drawn to the alteration of classification accuracy, the degree of resistance of the model to attacks, and its capacity to preserve generalizing properties after being exposed to malicious data.

To mitigate data poisoning attacks, a method is proposed that combines the ideas of ensemble learning, out-of-bag prediction evaluation, and margin filtering of outliers.

The training dataset is first contaminated with poisoned examples, which leads to a decrease in the accuracy of the model. To eliminate the impact of such anomalous data, an approach is used based on the analysis of the model confidence through out-of-bag (OOB) predictions of an ensemble classifier trained using the bagging method.

1. Training the ensemble classifier.

An ensemble classifier is trained on the poisoned dataset with the labels Xpoisoned and Ypoisoned. During the training process, OOB predictions are calculated for each training example, which allows us to estimate the ”confidence” of the model without the need for additional validation.

2. Calculating the margin.

In the binary classification task, we employ an ensemble of *M* base classifiers built using the bootstrap bagging method. For each object *xi* in the training set, there is a subset of classifiers that did not see that object during training (the so-called Out-Of-Bag, or OOB, classifiers). Let $\mathcal{J}_{OOB}(x_i)$ denote the set of indices of these OOB classifiers and let $M_{OOB}(x_i) = |\mathcal{J}_{OOB}(x_i)|$ be their number.

Each classifier h_j produces a binary prediction $h_j(x_i) \in \{+1, -1\}$. For convenience, we define the following scores for the probabilities of belonging to class +1 and class −1 based on the OOB predictions:

$$score_i^{(1)} = \frac{1}{M_{OOB}(x_i)} \sum_{j \in \mathcal{J}_{OOB}(x_i)} I\left(h_j(x_i) = +1\right)$$

$$score_i^{(2)} = 1 - score_i^{(1)},$$

where $I(\cdot)$ is an indicator function that equals 1 if the condition inside the parentheses is met, and 0 otherwise. Thus, $score_i^{(1)}$ represents the fraction of OOB classifiers that voted for class +1, while $score_i^{(2)}$ is the fraction that voted for class −1. After obtaining these OOB-based scores for each object x_i, we compute the “margin,” which is a measure of the ensemble’s confidence in its prediction. One common way to define the margin $score_i^{(2)}$ in binary classification is to take the absolute difference between $score_i^{(1)}$ and $score_i^{(2)}$:

$$margin_i = \left|score_i^{(1)} - score_i^{(2)}\right| = \left|2score_i^{(1)} - 1\right|$$

The value $margin_i$ reflects the ensemble’s level of “confidence”

If $margin_i$ is close to 1, most OOB classifiers have voted for the same class, indicating a “reliable” prediction.

If $margin_i \approx 0$, it means the votes from OOB classifiers are almost evenly split, and the ensemble is uncertain about the object’s class. This scenario may signify an anomaly or be the result of “poisoned” data.

3. Identifying and removing outliers.

Based on the distribution of margin values, a threshold is determined, for example, equal to the 20th percentile. Examples with a margin below this threshold are interpreted as anomalous and excluded from the training set. Thus, the remaining subset of data is considered more reliable for further training.

4. Retraining the classifier.

On the cleaned dataset, the main model is retrained, which helps to mitigate the negative impact of poisoning and improve the final classification accuracy.

The Matlab software environment was used to simulate the data poisoning attack.

Results and Discussion. Figure 2 shows part of a script for simulating a data poisoning attack, in particular an attack on availability.

Figure 3 shows three graphs describing the original, clean data on which the model is trained, and the data after the data poisoning attack has been implemented. The first graph clearly shows the division between the two classes: the red crosses (×) represent class -1 points, and the blue circles (o) represent class 1 points. The distribution of the points shows that the data is well separated, as there is a noticeable gap between the two groups. This allows the model to build a clear decision

boundary, which contributes to high accuracy when classifying new examples. The second graph shows that poisoned points located closer to the boundary between the classes were added to the original set, making them less distinguishable. In addition, some of the class labels were flipped, meaning that objects from one class were labeled as belonging to another. This blurs the boundary between the classes and creates areas where the model may get confused when classifying. As a result, its ability to correctly recognize new data is reduced, which is the goal of the attack.

```
%% Data Poisoning Attack Simulation in MATLAB
clear; clc; close all;

%% Generate Clean Data
num_samples = 200;
X = [randn(num_samples/2,2) + 1; randn(num_samples/2,2) - 1];
Y = [ones(num_samples/2,1); -ones(num_samples/2,1)];

%% Introduce Stronger Poisoned Data
poison_ratio = 0.4; % Increased poison ratio to 40%
num_poisoned = round(num_samples * poison_ratio);
poisoned_X = [randn(num_poisoned/2,2) * 0.5 + 0.5; randn(num_poisoned/2,2)
poisoned_Y = -1 * [ones(num_poisoned/2,1); -ones(num_poisoned/2,1)]; % Str

X_poisoned = [X; poisoned_X];
Y_poisoned = [Y; poisoned_Y];

%% Train Model on Clean Data
mdl_clean = fitcsvm(X, Y, 'KernelFunction', 'rbf'); % Changed to RBF kerne
```

Fig.2 - Matlab script

The following results were obtained: accuracy on clean model: 94.00%, accuracy on poisoned model: 83.00%, accuracy on mitigated model: 87.00%.

There are a number of important points to note in the comparison of this method with existing approaches. In the first place, powerful learning methods such as robust SVM with loss correction or weighted training samples attempt to reduce the sensitivity of the model to outlier data by minimizing it during optimization. They do so by requesting modifications to be introduced into the learning method, which may prove difficult to implement and be transferred across varied architectures. Conversely, the new method works on the level of pre-cleaning the data, enabling us to disentangle the step of removing anomalies from the step of training the main model and include it in standard machine learning pipelines.

Second, there exist some outlier detection techniques like Isolation Forest and Local Outlier Factor (LOF), which are oriented to detecting anomalous samples. However, they do typically require fine-tuning of hyperparameters and sensitivity to data, especially in cases where attack data is crafted to simulate normal example distributions. With our approach, using the OOB predictions of the ensemble classifier for computing the margin allows for a natural estimate of uncertainty that facilitates more effective normal vs. abnormal discrimination without additional tuning burdens.

Third, some modern methods recommend iterative data cleansing methods, such as leave-one-out testing of the impact of individual instances on model performance or inverse gradient optimization methods. Although these can be very accurate, they are computationally intensive and require sophisticated setting up, limiting their realistic

application in real-time. The advantage of OOB Margin Filtering is that it is a single pass through the data with OOB predictions, which has significantly less computational expense.

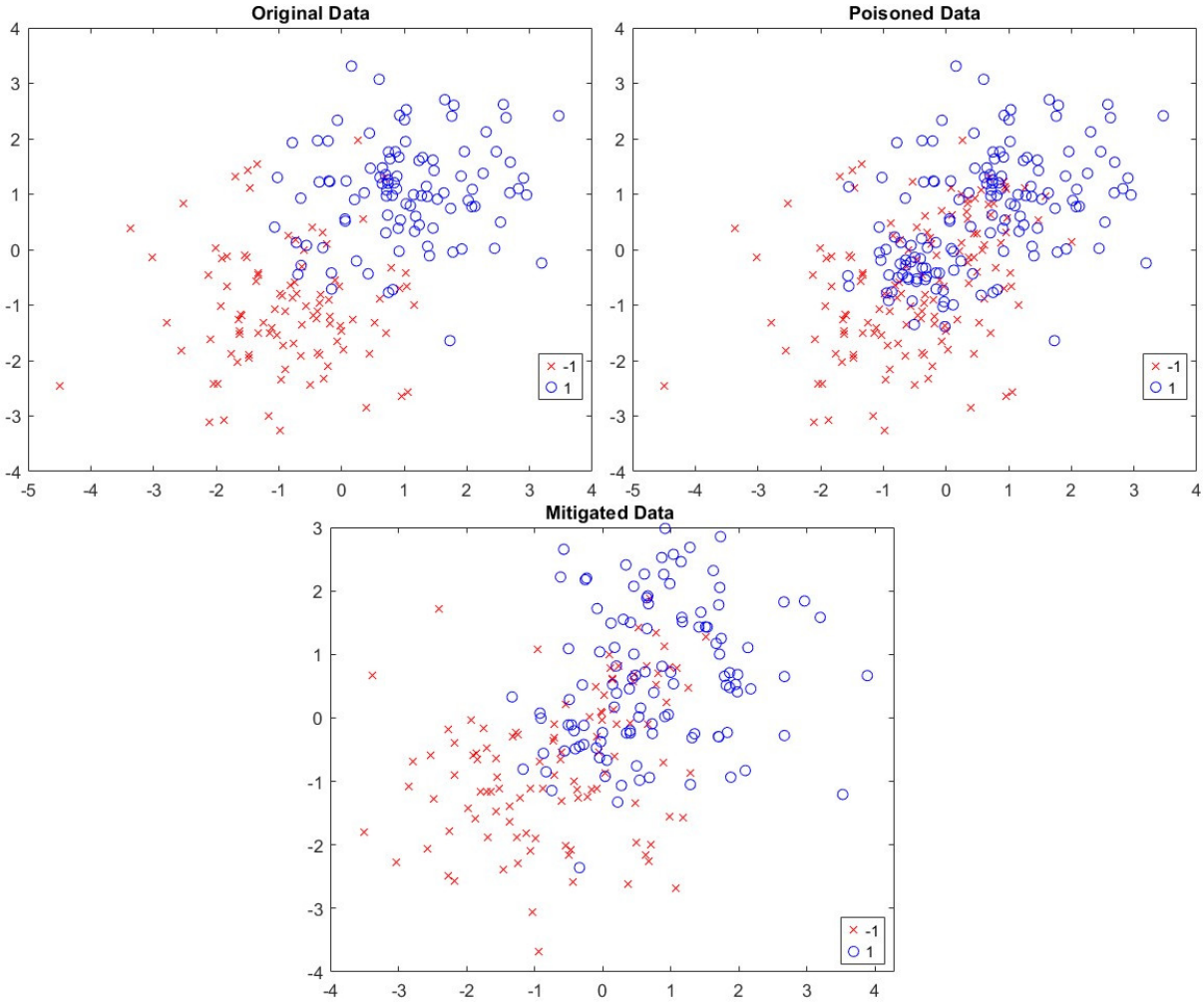


Fig.3 - Graphs for original, poisoned and mitigated data

Finally, in terms of originality, the method described here has individual well-researched components (OOB prediction analysis, margin calculation, and outlier filtering), but their combination to combat data poisoning attacks is a new idea that doesn' t have a proven title in the literature. Compared to the certified protection methods, our approach is simpler and more flexible, and hence it is possible to apply it in situations of limited computational resources and for many models. Thus, the proposed method is an efficient, computation-light, and easy-to-implement solution for pre-cleaning training data with poisoned samples. Its usefulness is validated by experimental run suggesting higher model accuracy when performed with a purified dataset, and in comparison with existing approaches, there is hope for real application in the area of data poisoning attacks.

Conclusion. The proposed method combines the ideas of ensemble learning, out-of-bag prediction estimation, and marginal outlier filtering. Although the basic components of the method are widely known, their combination for combating data poisoning attacks is original. Experimental results show that the application of this method can significantly improve the accuracy of the model compared to the model trained on contaminated

data, and also demonstrates computational efficiency and ease of implementation, which allows integrating it into existing machine learning pipelines without significant costs. Further comparison with existing methods can be carried out in empirical studies, where the effectiveness of filtering and subsequent training of the model will be assessed.

References

1. Nithya T. et al. A comprehensive survey of machine learning: Advancements, applications, and challenges //2023 Second International Conference on Augmented Intelligence and Sustainable Systems (ICAISS). - IEEE, 2023. - P.354-361. DOI 10.1109/ICAISS58487.2023.10250547

2. Sun G. et al. Data poisoning attacks on federated machine learning //IEEE Internet of Things Journal. - 2021. - T.9(13). - P.11365-11375. DOI 10.1109/JIOT.2021.3128646

3. Muñoz-González L. et al. Towards poisoning of deep learning algorithms with back-gradient optimization //Proceedings of the 10th ACM workshop on artificial intelligence and security. – 2017. - P.27-38. DOI 10.48550/arXiv.1708.08689

4. Koh P. W., Steinhardt J., Liang P. Stronger data poisoning attacks break data sanitization defenses //Machine Learning. - 2022. - P.1-47. DOI 10.48550/arXiv.1811.00741

5. Tolpegin V. et al. Data poisoning attacks against federated learning systems //Computer security – ESORICs 2020: 25th European symposium on research in computer security, ESORICs 2020, guildford, UK, September 14-18, 2020, proceedings, part i 25. - Springer International Publishing, 2020. - P.480-501. DOI 10.48550/arXiv.2007.08432

6. Cinà A. E. et al. Machine learning security against data poisoning: Are we there yet? //Computer. - 2024. -T.57(3). - C.26-34. DOI 10.1109/MC.2023.3299572

7. Biggio B., Nelson B., Laskov P. Poisoning attacks against support vector machines //arXiv preprint arXiv:1206.6389. - 2012. DOI 10.48550/arXiv.1206.6389

8. Muñoz-González L. et al. Towards poisoning of deep learning algorithms with back-gradient optimization //Proceedings of the 10th ACM workshop on artificial intelligence and security. – 2017. - P.27-38. DOI 10.48550/arXiv.1708.08689

9. Steinhardt J., Koh P. W. W., Liang P. S. Certified defenses for data poisoning attacks //Advances in neural information processing systems. - 2017. DOI 10.48550/arXiv.1706.03691

10. Liu F. T., Ting K. M., Zhou Z. H. Isolation forest //2008 eighth ieee international conference on data mining. – IEEE, 2008. – P.413-422. DOI 10.1109/ICDM.2008.17

Breunig M. M. et al. LOF: identifying density-based local outliers //Proceedings of the 2000 ACM SIGMOD international conference on Management of data.- 2000.-Vol.29(2)- P.93-104. DOI 10.1145/335191.33538

11. Miao C. et al. Towards data poisoning attacks in crowd sensing systems //Proceedings of the Eighteenth ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing. – 2018. - P.111-120. DOI 10.1145/3209582.3209594

12. Fan J. et al. A survey on data poisoning attacks and defenses //2022 7th IEEE International Conference on Data Science in Cyberspace (DSC). – IEEE, 2022. – P.48-55. DOI 10.1109/DSC55868.2022.00014

13. Schwarzschild A. et al. Just how toxic is data poisoning? a unified benchmark for backdoor and data poisoning attacks //International Conference on Machine Learning. – PMLR, 2021. – P.9389-9398. DOI 10.48550/arXiv.2006.12557

Information about the authors

Amirova A.S. - PhD, assistant professor, Astana IT University, Astana, Kazakhstan, e-mail: akzhibek.amirova@astanait.edu.kz;

Yesmagambetova M.M.- PhD, assistant professor, Karaganda University of Kazpotrebsoyuz, Karaganda, Kazakhstan e-mail: marzhan1983@mail.ru;

Yesmagambetov T.U.- master, senior lecturer, Karaganda University of Kazpotrebsoyuz, Karaganda, Kazakhstan e-mail: Timur198300@mail.ru;

Petrova I.Yu. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Higher and Applied Mathematics, Astrakhan State Technical University, e-mail irina.petrova1011@gmail.com;

Ten T.L. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Karaganda University of Kazpotrebsoyuz, Karaganda, Kazakhstan e-mail: Tentl@mail.ru.

Сведения об авторах

Амирова А.С. - PhD, ассистент профессор, Astana IT University, Астана, Казахстан, e-mail: akzhibek.amirova@astanait.edu.kz;

Есмагамбетова М.М. - PhD, доцент - Карагандинский университет Казпотребсоюза, Караганда, Казахстан e-mail: marzhan1983@mail.ru;

Есмагамбетов Т.У.- магистр, старший преподаватель - Карагандинский университет Казпотребсоюза, Караганда, Казахстан e-mail: Timur198300@mail.ru;

Петрова И.Ю. - доктор технических наук, профессор, кафедра Высшая и прикладная математика Астраханского государственного технического университета, e-mail irina.petrova1011@gmail.com;

Тен Т.Л. - доктор технических наук, профессор, Карагандинский университет Казпотребсоюза, Караганда, Казахстан e-mail: Tentl@mail.ru

МРНТИ 61.74.31 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-704**

СОЗДАНИЕ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ

[1]Ж.Б. Ильмалиев, [2]Қ.А. Куртибай, [2]Ә. Қаппасулы, [3]Е.Е. Жатқанбаев, [3]Э.Б. Жунусова, [1]Г.Б. Ильмалиева, [3]А.К. Жумабекова

[1]ТОО «URBAN GROUP», Алматы, Казахстан,
[2]ТОО «Научно-производственный центр экологической и промышленной биотехнологии», Астана, Казахстан,
[3]Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, Казахстан
Корреспондент-автор: kappasuly@mail.ru

Статья посвящена разработке и производству арболита - легкого крупнопористого бетона на основе органического древесного наполнителя и минерального вяжущего. В статье рассмотрены этапы подготовки производства, технологический процесс производства и особенности применения арболита в строительстве. В статье акцентируется внимание на преимуществах арболита, таких как высокая тепло- и звукоизоляция, огнестойкость, биостойкость и прочность, что делает его перспективным шагом для малоэтажного строительства и использования в зонах с высокой пожарной опасностью.

Одним из важных аспектов исследования является использование золы теплоэлектростанций (ТЭЦ) в качестве минеральной добавки, что позволяет снизить себестоимость производства и решить проблему утилизации промышленных отходов. Экспериментальные данные о том, что арболитовые блоки, изготовленные с добавлением зол, обеспечивают получение физико-механических характеристик, соответствующих строи.

Исследования также затрагивают вопросы безопасности производства, включая переработку древесных отходов и использование нетоксичных компонентов. Технология производства арболита, описанная в статье, проста и эффективна, что делает ее перспективной для широких разработок в строительной отрасли Казахстана. Результаты работы показывают актуальность использования арболита в условиях изменчивого климата и высоких требований к теплоизоляции.

Ключевые слова: арболит, древесные отходы, минеральные вяжущие, теплоизоляционные материалы, зола теплоэлектростанций, экологически чистые строительные материалы, огнестойки.

АҒАШ ҚАЛДЫҚТАРЫ НЕГІЗІНДЕ КОМПОЗИТТЕРДІ ЖАСАУ ЖӘНЕ ӨНДІРУ

[1]Ж.Б. Ильмалиев, [2]Қ.А. Куртибай, [2]Ә. Қаппасұлы, [3]Е.Е. Жатқанбаев, [3]Э.Б. Жунусова, [1]Г.Б. Ильмалиева, [3]А.К. Жумабекова

[1]«URBAN GROUP» ЖШС, Астана, Қазақстан,
[2]«Экологиялық және өнеркәсіптік биотехнология ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС, Астана, Қазақстан,
[3]Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,
e-mail: kappasuly@mail.ru

Мақала ағаш органикалық толтырғышы мен минералды байланыстырғыш негізінде жасалған жеңіл ірі кеуекті бетон - арболитті әзірлеу мен өндіруге арналған. Онда өндірісті дайындау кезеңдері, өндіріс технологиялық үдерісі және арболиттің құрылыста қолданылу ерекшеліктері қарастырылған. Мақалада арболиттің жылу және дыбыс оқшаулау, отқа төзімділік, биологиялық тұрақтылық және беріктік сияқты артықшылықтарына назар аударылады. Бұл оны аз қабатты құрылыс пен өрт қаупі жоғары аймақтарда қолдануға болашағы зор етеді.

Зерттеудің маңызды аспектілерінің бірі ретінде жылу электр станцияларының (ЖЭС) күлін минералды қоспа ретінде қолдану ұсынылған. Бұл өндіріс шығындарын азайтуға және өндірістік қалдықтарды кәдеге жарату мәселесін шешуге мүмкіндік береді. Эксперименттік мәліметтер арболит блоктарының құрамына күл қосылған жағдайда, физикалық-механикалық қасиеттерінің құрылыс талаптарына сәйкес келетінін көрсетеді.

Зерттеулер өндірістің қауіпсіздігі, соның ішінде ағаш қалдықтарын қайта өңдеу және улы емес компоненттерді пайдалану мәселелерін де қамтиды. Мақалада сипатталған арболит өндірісі технологиясы қарапайым әрі тиімді, бұл оны Қазақстанның құрылыс саласында кеңінен қолдануға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері арболиттің құбылмалы климат жағдайында және жылу оқшаулауға жоғары талаптар қойылатын жерлерде қолданылуының өзектілігін көрсетеді.

Түйін сөздер: арболит, ағаш қалдықтар, минералды байланыстырғыштар, жылу оқшаулау материалдары, ЖЭС күлі, экологиялық таза құрылыс материалдары, отқа төзімділік.

DEVELOPMENT AND PRODUCTION OF COMPOSITES BASED ON WOOD WASTE

[1]Zh.B. Ilmaliev, [2]K.A. Kurtybay, [2]A. Kappasuly✉, [3]Ye.E. Zhatkanbayev, [3]E.B. Zhunusova, [1]G.B. Ilmalieva, [3]A.K. Zhumabekova

[1]«URBAN GROUP» LLP ,Almaty, Kazakhstan,
[2] LLP ”Scientific and Production Center for Environmental and Industrial Biotechnology,” Astana, Kazakhstan
[3] K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan
e-mail: kappasuly@mail.ru

This article is dedicated to the development and production of arbolite - a lightweight, large-porous concrete based on an organic wood filler and mineral binder. It discusses the production preparation stages, technological process, and features of using arbolite in construction. The article emphasizes the advantages of arbolite, such as high thermal and sound insulation, fire resistance, biological stability, and strength, making it a promising material for low-rise construction and use in areas with high fire risk.

One of the key aspects of the study is the utilization of thermal power plant (TPP) ash as a mineral additive, which reduces production costs and addresses the problem of industrial waste disposal.
Experimental data demonstrate that arbolite blocks produced with ash additives achieve physical and mechanical characteristics that meet construction standards.

The research also addresses production safety issues, including the recycling of wood waste and the use of non-toxic components. The arbolite production technology described in the article is simple and efficient, making it a promising option for widespread adoption in Kazakhstan’s construction industry. The study results highlight the relevance of using arbolite in conditions of variable climates and high thermal insulation requirements.

Keywords: arbolite, wood waste, mineral binders, thermal insulation materials, thermal power plant ash, environmentally friendly construction materials, fire resistance.

Введение. К древесным композиционным материалам относят матрицы, наполненные древесиной в различных ее видах. Для производства подобных композиционных материалов - арболита, фибролита, стружкобетона, скопобетона, опило-бетона, цементно-стружечных плит, королита, ксилолита, применяются различные целлюлозосодержащие заполнители растительного происхождения и в качестве минерального связующего используются портландцемент или шлакощелочное вяжущие компоненты.

Древесно-цементные композиты обычно представляют собой нити, частицы или волокна древесины, смешанные вместе с портланд- или шлакоцементом в качестве минерального связующего и в зависимости от плотности можно разделить на две группы: легкие, имеющие плотность менее 1200 кг/м^3, и тяжелые со средней плотностью более 1200 кг/м^3 [1]. К легким можно отнести гипсостружечные и гипсоволокнистые плиты, фибролит, арболит, королит, гипсоопилочные блоки, ДВП, ДСП. Нами исследованы композиты, типа арболит, которые обладают преимуществами цемента, это огнестойкость, устойчивость к биодиструкции, высокая степень звукоизоляции, при легкости обработки, высокой плотности при относительно легком весе. Производство древесно-цементных композитов мо-

жет быть перспективным способом утилизации древесных отходов. Арболит, может быть использован, как для внутренних, так и для наружных работ. Он легче бетона, имеет высокую прочность на растяжение, повышенную трещиностойкость, достаточную сопротивляемость ударным нагрузкам. Минеральные вяжущие придают прочность, биостойкость, огнестойкость, морозостойкость, что расширяет области применения как в сборных конструкциях, в элементах отделки и звукоизоляции, малоэтажном строительстве и в производственных зданиях, при отделке в качестве перегородок зданий различной этажности.

Изготавливаемый композиционный материал арболит, это крупнопористый легкий бетон на основе органического наполнителя и минерального вяжущего цемента. За счет органического, в данном случае древесного, наполнителя снижается плотность, коэффициент теплопроводности. Повышается звукоизоляционные свойства и обрабатываемость материала. За счет минеральной, цементной части, изделиям придается прочность, огнестойкость, морозостойкость и биостойкость и арболиты намного лучше подходят для использования в местах с высокой степенью возгорания. В зависимости от потребности рынка арболит может формироваться разной плотности, по пределу прочности при сжатии 5, 10, 15 кг/см^2 для теплоизоляции и 25, 35, 50 кг/см^2 для конструкций. Так же композит производится в форме панелей, кирпичей и плиток. При их производстве не выделяется токсичных отходов, использование золы ТЭЦ в качестве минерального связующего и древесных отходов в качестве наполнителя, что можно считать утилизацией, позволяет создать экологичное производство строительных товаров широкой области применения. Выше сказанное в свете решения проблем с утилизацией отходов деревообрабатывающей промышленности и энергетики, а также экологичного производства строительных материалов является актуальной задачей [2-3].

Результатом исследований и разработки технологии является производство востребованной продукции - легких и прочных строительных блоков с высокими физико-механическими и эксплуатационными свойствами. Снижение трудоемкости при монтаже стеновых блоков, панелей, перекрытий, а так же отделке поверхностей каркасов стен и фасадных работах, высокая огнестойкость материала дает возможность широкого применения в малоэтажном строительстве, а так же возведении зданий и сооружений с повышенными требованию по теплорегуляции и звукоизоляции, а также использование при реставрации и модернизации жилого и производственного фондов в процессе производства вторичного сырья, при растущей потребности в качественном и экологичном строительном материале, производство арболита является актуальной задачей.

Качественный, недорогой и экологичный цементный композит высокой прочности, может быть использован в строительстве и отделочных работах в районах Казахстана с изменчивым климатом, различными погодными условиями и температурными режимами.

Сырьевые ресурсы, надлежащая опытно - экспериментальная база и отработанная технология позволяет получать композитные материалы стабильно высокого качества, востребованные на рынке строительных материалов РК.

Различные характеристики исходного сырья, условия производства и хранения имеют значительное влияние на получаемые материалы. Влияние добавок, как к примеру, внесение в цементное тесто двуокиси углерода, позволяют производить древесно-цементные композиты в гораздо более короткие сроки [4]. Добавки кремнеземной или изоцианатной смолы, извести гидротатной, жидкого стекла также продемонстрировали улучшение свойств продукта. Так же хлорид и нитрат кальция, нитрит-нитрат-хлорид кальция, сернокислый глинозем, хлорид кальция плюс оксид кальция ускоряют процесс твердения цемента. Использование древесных составляющих вносит в процесс получения композита определенные сложности, это связано со сложностью стандартизации природных материалов, древесины и лигноцеллюлозы по компонентам, и степени несовместимости растительной дисперсии с цементом. Испытание материалов, определение методов производства и изменение технологиче-

ских режимов, выполняется для каждого вида растительного сырья. В литературных источниках имеются данные показателях степени несовместимости, основанные на тепловых характеристиках процесса схватывания и физических свойствах композитов, степени гидратации портландцемента. Проблема химической совместимости дерева и цемента иногда приводит к задержке или полному отсутствию схватывания. Для увеличения адгезии может применяться разбавленный щелочной раствор, для ускорения отверждения цемента, вводят добавки хлоридов металлов олова, железа, алюминия, магния или кальция [5-8].

Одно из современных направлений, это разработка и производство композитных строительных материалов. Арболит, древесно –цементный композит во многом отвечает данным требованиям. Этот композит можно назвать целлюлозосодержащим материалом на основе цемента. Для получения качественного материала. Отвечающего заданным характеристикам, необходимо проводить исследования всех компонентов, условий и технических режимов. В производстве строительных композитов широко применяются растительные и древесные отходы. Производства, включающие применение древесины, сопровождаются образованием большого количества отходов, которые можно рентабельно использовать в производствах стройматериалов. Древесина легко обрабатывается, обладает достаточно высокой прочностью, имеет высокий коэффициент конструктивного качества, малой коэффициент теплопроводности. Из недостатков, высокая гигроскопичность, влагоемкость, горючесть и загниваемость. Так же свойствам, осложняющих производство можно отнести наличие различных структурных включений, сучков, трещин, разнослойности, а также усушку и набухание. Обработка древесины позволяет значительно улучшить качество древесины, т.е. частично устранить присущие ей недостатки и полностью устранить отходы при ее переработке. Изменение свойств и характеристик древесины влияет на изменение других физико-механических свойств получаемых материалов, для стандартизации технологии важна характеристика влажности, отслеживаемая в продолжении всего технологического цикла, поэтому все результаты приводятся к условной 15 % влажности. Испытанию древесины в лабораториях всегда предшествует определение влажности образцов. При производстве арболитов так же важна удельная поверхность частиц древесного наполнителя и структура древесины. Для производства арболита применяют различные органические заполнители, целлюлозосодержащий растительный продукт, свойства которого, влияет на процессы структурообразования, структурно-механические и теплотехнические свойства материала [9].

Древесина имеет сложный состав и некоторые компоненты оказывают влияние на свойства цементов. Отрицательное влияние на цемент оказывают вещества: фенолы, полисахара, дубильные вещества, кислоты, хиноны. Углеводы и дубильные вещества, входящие в состав древесины, являются поверхностно-активными гидрофилизирующими веществами и препятствуют сцеплению частичек древесного наполнителя с цементом. Для повышения качества древесно-цементных композиционных материалов, содержащиеся в древесине водорастворимые вещества, «Цементные яды», обезвреживаются минерализацией, обработкой, пропиткой растворами хлорида кальция, сернокислого глинозема, растворимым стеклом. Строение, достаточно хорошо видимое невооруженным глазом или при слабом увеличении, называется макроструктурой, а видимое при сильном увеличении в микроскоп -микроструктурой. Макроструктура древесины. Исследованием макроструктуры определяется зрелая древесина, все древесные породы подразделяют на я дровые, имеющие ядро и заболонь, заболонные, имеющие только заболонную древесину, и спело древесные, имеющие заболонь и спелую древесину [10]. Для технологии предпочтительно использовать летнюю, а не весеннюю древесину. Относительно пород древесины, лучшая щепа получается из хвойных, сосны и ели, хорошие показатели и у лиственницы, осины, бука, березы, тополя. Размеры устанавливаются опытным путем, максимально длиной до

40мм, и оптимальная длина 25 мм при ширине 10 мм. По содержанию коры до 10%, мелкая фракция, и крупные включения отсортировываются, не желательно примеси плесени и гнили. Из такого сырья получаются самые прочные арболитовые блоки. Испытание древесины. Исследуются характеристики сырья, которые могу повлиять на технологический процесс. Влажность является важным показателем. По степени влажности сырье древесины классифицируют, как древесину свежесрубленную, влажность 35 % и выше; воздушно-сухую влажность 15-20 %; комнатно-сухую влажность 8-13 %, мокрую, с большой влажность до 100 % и более [10].

Материалы и методы. Состояние равновесной влажности в древесине достигается при нахождении постоянных температура - влажностных условиях длительное время. Зависит от упругости паров воды окружающего воздуха и упругости паров воды на поверхности древесины. Строятся графики зависимости и определяются заданные характеристики. Влажность и температура воздуха определяется по психрометрическим таблицам с помощью лабораторного психрометра. Для достижения равновесной влажности, древесина должна находится на воздухе с постоянными относительной влажностью и температурой, долгое время, при равности упругости паров окружающего воздуха, а упругости паров поверхности древесины, достигается влажность, называемая равновесной. Часто постоянная влажность и температура, при которой хранится древесина недостижима, при уличном складировании, для определения влажности древесины, находящейся в условиях с различной температурой и влажностью окружающего воздуха, используют графическую зависимость влажности от температуры, при построении откладывают по ординате влажность воздуха, по абсциссе - температуру воздуха, влажность древесины определяют по графикам, имеющим вид наклонных линий. Графики, построенные по данной зависимости, позволяют определить влажность с точностью до 0,75 %. Есть метод прямого определения, параметры рассчитываются по формуле (1).

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m} \times 100 \quad (1)$$

где

m – масса бюксы, г;

m1 - масса влажного образца с бюксой, г;

m2 - масса сухого образца с бюксой, г;

Определение усушки древесины.

Расчет влажности при прямом измерении. При необходимости более точного определения параметров, влажность древесины определяется взвешивание прямым путем. Древесина высушивается в сушильном шкафу,

разница между взвешиванием определяется экспериментально. Эксперимент проводят в бюксе, в предварительно взвешенную бюксу помещают проба древесины, снова взвешивается, затем происходит сушка с пробы в сушильном шкафе. Пробу сушит не закрывая, эксперимент проводят до постоянной массы. Значит древесина высушилась. Взвешивается с точностью до 0,001 г. Температура в сушильном шкафе выдерживается 100˚С. Бюкса с образцом взвешивается после остывания и на протяжении определенного времени после сушки, это время различается для различного вида древесного сырья. При высушивании образцов мягких пород образцы вместе с бюксой и крышкой взвешиваются первый раз через 6 часов и для образцов твердых пород - 10 часов. Далее, по методике проводят взвешивания через определенные промежутки до постоянной массы, допускается некоторое расхождение массы, до 0,002 г. Для точности эксперимента берут несколько образцов, минимум три.

$$y_0 = \frac{V_1 - V_2}{V_2} \times 100 \quad (2)$$

где

V_1 - объем образца до высушивания, см;

V_2 - объем образца после высушивания, см.

По методике определяется влажность – точка насыщения волокон, значение 25-35 %. Если влажность имеет большее значение, более 25-30 %, значит вода размещается в порах древесины, и при высушивании ниже точки насыщения волокон, менее 25 %, будет наблюдаться уменьшение размеров древесины, за счет испарения воды. испаряется из клеток.

Определение усушки производится на образцах размером 20х20х30 мм. Усушка характеризуется коэффициентом объемной усушки. Измерение проводятся в лабораторных условиях, по различным направлениям образца, так как древесина неоднородный материал, и по разным сечениям проходят разные изменения. В радиальном направлении 3 – 6 %, в тангентальном направлении 7-12 %, вдоль волокон 0,1-0,3 %. Эксперименты и измерения проводят по определенным методикам, с применением измерительных устройств, прочность должна быть не менее 0,01 мм. Рассчитывается среднее арифметическое полученных результатов [11].

Определение плотности древесины. Плотность древесины – физическое свойство, характеризующее отношение массы сухого материала к его объему. Плотность древесины определяется на трех образцах размерами 20х20х30 мм при их естественной влажности и затем по эмпирической формуле пересчитывается на условную стандартную влажность 12 %. Плотность учитывается при перевозке, обработке и применении дерева. Плотность древесины используется при проведении физико-математических расчетов во время сортировки сырья. Единицей измерения плотности древесины является гм/см3 или кг/м3. Плотность древесины определяется стереометрическим способом параллельно с определением усушки. Для подсчета плотности используются величины масс образцов, древесина в естественном состоянии всегда содержит то или иное количество влаги и плотность древесины зависит от влажности древесины в момент ее определения

$$P_{m(12)} = P_{m(w)} \times [1 + 0.01(1 - K_0)(12 - W)] \quad (3)$$

где

$P_{m(12)}$ – плотность древесины при 12 % влажности, г/см^3;

$P_{m(w)}$ – плотность образцов при естественной влажности, г/см^3;

W – влажность образцов, %;

K_0 – коэффициент объемной усушки, %.

Плотность абсолютно сухой древесины характеризует массу древесинного вещества, содержащегося в единице объема древесины при отсутствии в ней влаги.

Значение K_0 можно принять ориентировочно: Значения есть в таблицах и справочниках, для каждой породы, например 0,6 – для березы, бука, лиственницы;0,5 – для всех остальных пород.

Важные показатели сырья:

1. плотность влажной и абсолютно сухой древесины;

2. плотность при нормализованной влажности;

3. пористость древесины и базисную плотность древесины. По исследованию плотности можно предположить качество сырья, так как для примера, деформация и нагрузка имеет линейную зависимость, деформации увеличиваются быстро при незначительном увеличении нагрузки, в результате образец спрессовывается и уплотняется, при наличии в нем пороков, сучков и трещин, он разрушится, что говорит о низком качестве.

Базисная плотность древесины выражается отношением массы абсолютно сухого образца M_0 к его объему при влажности, равной или выше предела насыщения клеточных стенок W_{max}. Для определения плотности образец взвешивается, рассчитывается его объем определяются его размеры. Точность измерений 0,01 мм.

Плотность, (г/см^3) рассчитывается по формуле: отношения массы к объёму. В случае влажных образцов, это значение массы влажного образца, деленное на значение его объёма. Определение предела прочности при сжатии вдоль волокон. К технологическим и эксплуатационным свойствам древесины относятся свойства, имеющие значение при практическом использовании древесины, характеристики конструкционного материала и сырья. Испытания могу проводится с приложение усилия могут быть приложены к дереву вдоль волокон и поперек них. В соответствии с этим различают сжатие вдоль и поперек волокон. Испытание образцов древесины на сжатие вдоль волокон производят на прессе в виде прямоугольной призмы размерами 20х20х30 мм. Образцы испытываются на сжатие при их естественной влажности и при влажности древесины 12 %. Расчеты и испытания проводят в соответствии с методиками, описанными в ГОСТ 11494.

Сжатие образца производится вдоль волокон с определенной скоростью, представленной в справочных материалах и методике, до полного прекращения сопротивления образца. Испытываются три образца. Предел прочности при сжатии каждого образца определяется по формуле:

$$R_w = \frac{P_{\max}}{ab} \qquad (4)$$

где

P_{max} – максимальное разрушающее усилие, кг/с;

a, b – размеры поперечного сечения образца, см.

Для испытания на растяжение из дерева изготовляют образцы специальной формы. После испытания образцов на сжатие, определяется их влажность обычным методом и среднее значение предела прочности приводится к стандартной 12 % влажности по формуле. Для хвойных пород перерасчет на влажность не производят, используют поправочный коэффициент, равный 0,05 – для сосны, кедра, лиственницы, бука, ясеня, березы; 0,04 – для ели, дуба и др. лиственных пород.

Предел прочности для образцов измеряют в кгс/см2 или МПа, где R12 – предел прочности при 12 % влажности, R_w – предел прочности, образцов с естественной влажностью [11-12].

Арболит - это композиционный материал, относящийся к группе крупнопористых легких бетонов, произведенным на основе органического наполнителя и минерального вяжущего. Для определения характеристик и качества композита имеется ГОСТ Р 54854-2011 и инструкция по проектированию, изготовлению и применению конструкций и изделий из арболита СН 549-82. Бетоны легкие на органических заполнителях растительного происхождения, относится к классу легких бетонов на органических заполнителях растительного происхождения.

Требования к строительным материалам, условия производства и усовершенствование оборудования предполагает изменения в составе, физико-механических характеристиках и свойствах сырья и технологических добавок. Совершенствуется деревообрабатывающее оборудование, изменяются характеристики древесного сырья, как заполнителей растительного происхождения для древесно-цементного композита. Изменения характеристик наполнителей, предложения по минеральным добавкам, модификаторам и компонентам цементной смеси предполагает проведение исследований с целью выпуска качественного современного продукта с низкой стоимостью, что является актуальным для строительной индустрии и важным для социальных программ. Кроме того, новые микро- и наномодификаторы, улучшают качество и долговечность композитов, и их применение повышает конкурентоспособность древесно-цементных материалов. На данный момент времени не существует полной теории и регламента, позволяющих прогнозировать прочность, жесткость и долговечность производимого строительного материала при эксплуатационных воздействиях без проведения исследований [13-14].

Технология производства арболита состоит в приготовление арболитовой смеси, формирования изделий, затем происходит твердение заготовленных форм, сушка. Изделия покрываются защитным покрытием. Для приготовления сме-

си подготавливается органический наполнитель, древесные отходы дробятся, отсеиваются мелкие и крупные фракции. Органический наполнитель может быть составлен из древесных отходов и костры конопли и льна, стеблей хлопчатника. Органический наполнитель проходит циклы подготовки, для исключения или снижения действия «цементных ядов» сырье выдерживают не менее двух месяцев при положительной температуре или подвергают специальной обработке. В зависимости от сорта древесины, времени заготовки, длительность выдержки может быть разная. Древесину в форме щепы хранят в специальных рыхлых штабелях с вентиляционными оттоками.

Минеральные вяжущие составляются в соответствии с рецептурой, дозировкой составляющих. Основой минерального вяжущего материала являются портландцемент, портландцемент с минеральными добавками, сульфатостойкий цемент. Различные марки цемента используются для арболитов, применяемых как теплоизоляционный материал, и как конструктивный. Для улучшения свойств арболитовой смеси используют химические добавки, хлорид и нитрат кальция, сернокислый глинозем, стекло натриевое жидкое. Добавки – ингибиторы коррозии стали, повышающие бактерицидные и инсектицидные свойства. Для получение качественного продукта необходимо весовое дозирование смеси, равномерное распределение ее по форме и регулирование заполнение форм по высоте. Приготовленная смесь считается качественной, если частицы заполнителя полностью покрыты цементным тестом и цементное ”молоко” не стекает при формировании изделий. Были проведены исследования по влиянию добавок микрокремнезема прочность древесно-цементного материала, анизотропии механических свойств [15-16].

Результаты и обсуждение. Для создания равнопрочной и равноплотной структуры композита были проведены лабораторные исследования. Объект исследования: образцы древесно-цементного композита. Были исследованы смеси с добавлением золы ТЭЦ. Опыты проводили с изменение состава для каждой серии образцов. Допустимое нормативное отклонение по длине и ширине: 4 мм. По высоте допустимое отклонение не должно превышать 3 мм. Испытания одноосного сжатия выполнены на испытательной машине «Shimadzu GmbH» (Япония), представленной на рисунке 1. Готовность образцов блоков арболита на 28 сутки. Образцы выполнены в форме куба. Образца раскалываются диагонально в давлении поперек укладки цементного теста. Данные по составу арболитной смеси представлены для изготовления образцов представлены ниже.



Рис.1 - Образец №1 на основе портландцемента

Образец № 1: органический наполнитель - СН 549-82, опилки древесные массой 365 кг; вяжущее – портландцемент М400 массой 317 кг; добавки – известь гидратная 16 кг, жидкое стекло 43 кг, сульфат алюминия 20 кг; армирование – полипропиленовое фиброволокно длиной 18 мм, массой 1 кг; влажность составляет 32-38%, водоцементное отношение примерно 0,8 (вода 250 дм^3).

Образец № 2: органический наполнитель – СН 549-82, опилки древесные массой 365 кг; вяжущее – портландцемент М400 массой 317 кг; добавки – известь гидратная 16 кг, жидкое стекло 43 кг, сульфат алюминия 20 кг; армирование отсутствует; влажность составляет 32-38%, водоцементное отношение равно 1,0.

Образец № 3: органический наполнитель – опилки древесные массой 350 кг; вяжущее – портландцемент М400 массой 300 кг, зола ТЭЦ 12; добавки – известь гидратная 45 кг, жидкое стекло 45 кг, сульфат алюминия 15 кг; армирование – полипропиленовое фиброволокно длиной 18 мм, массой 1 кг; влажность составляет 32-38%, водоцементное отношение 1,1 (вода 330 дм^3).

Образец № 4: органический наполнитель – опилки древесные массой 350 кг; вяжущее – портландцемент М400 массой 300 кг, зола ТЭЦ 5; добавки – известь гидратная 45 кг, жидкое стекло 45 кг, хлорид кальция 15 кг; армирование отсутствует; влажность составляет 32-38%, водоцементное отношение 1,1 (вода 330 дм^3).

Образец № 1. Форма заполнялась послойно, каждый слой уплотнен, визуально смесь полусухая. Образец вынимали из формы через 24 часа. Исследования проводили при температуре 20 0С. Длительность 28 дней (рисунок 1).

Изменение массы наблюдали в течении 28 суток, данные предоставлены на графике зависимости массы от времени (рисунок 2). Масса образца изменилась с 0,91 кг до 0,598 кг. Среднее значение плотности материала образцов в возрасте 28 суток равно 595 кг/м^3.

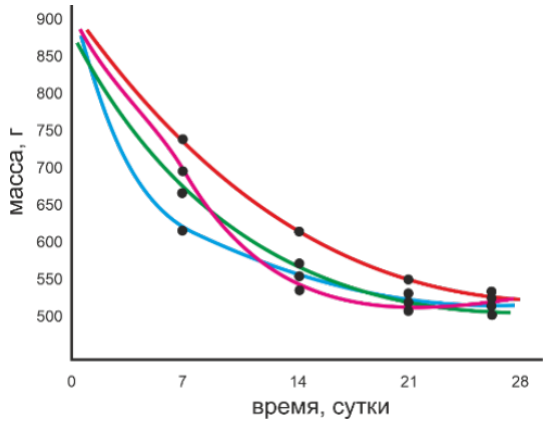


Рис.2 - Зависимость изменения массы арболита от длительности эксперимента

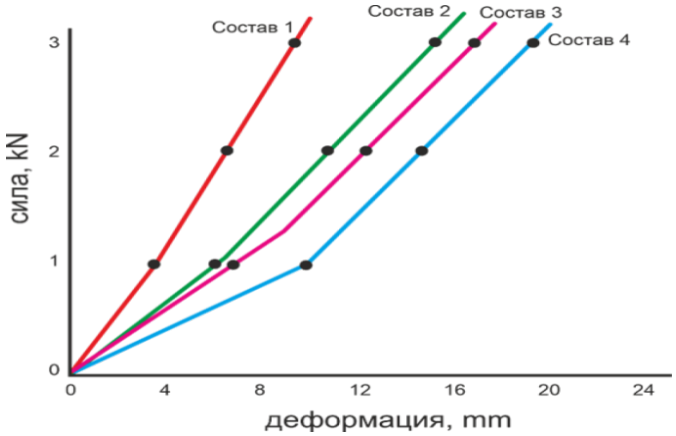


Рис.3 - Зависимость сжатия образцов от укладки смеси

Образец был подвергнут сжатию вдоль и поперек слоям укладки цементного теста. Образцы 1, 2, 3 разрушены, образец 4 показал прессование и остаточные деформации.

Результаты испытаний для трех образцов приведены на графике зависимости сила-деформация на рисунке 3. Зависимость прочности композитов от направления укладки смеси при изготовлении важно для строительных работ. Результаты исследований представлены на рисунке 3.

Образец №1. В качестве добавки был использован хлорид кальция, вместо сульфата алюминия. В результате значительно увеличились прочность и жесткость образцов.

Образец №2. Прочность образца ниже, чем №1. Жесткость уменьшилась.

Образец №3 При совместном использование извести и жидкого стекла прочность образцов уменьшилась.

Образец №4 При совместном использование цемента и золы ТЭЦ. Добавки золы ТЭЦ положительно влияют на свойства.

Основываясь на данные из литературных источников, были проведены исследованию по использованию в качестве минеральной добавки порошка талькохлора, который является отходом. Результаты испытаний показали, что порошок талькохлорита могут заменить известь, и прочность образцов увеличивается, тогда как применение смеси извести и порошка талькохлорита снижает прочность и жесткость образцов. Увеличение водоцементного отношения отрицательно сказывается на прочностных характеристиках, хлорид кальция продает большую прочность арболиту, чем сульфат алюминия. По ГОСТ Р 54854-2011 по критерию средней плотности соответствует D600, это конструкционно теплоизоляционный материал. По результатам исследований, класс прочности на сжатие соответствует марке М10. Полученные данные соответствуют известным данным о закономерностях изменения механических свойств древесно-цементных материалов, к которым относится арболит [17-18].

Технология изготовления арболита

Ежегодно в Казахстане образуется более 15 млн. м^3 древесных отходов. Современные экологические требования и возможность современных технологий ориентированы как на утилизацию этих отходов, так и на использование их в составе различных современных материалов. Применяемые композиционные материалы на основе отходов древесины имеют разнообразное назначение во многих отраслях экономики страны, в том числе для в древесно-цементных смесям для изготовления теплоизоляционных и конструкционных строительных материалов. При этом материал должен отвечать требованиям экологической чистоты в процессе изготовления, эксплуатации и утилизации. Создание новых эффективных, экологически чистых композиционных древесных материалов и разработка технологии их получения, расширяет область использования древесных отходов [19-20].

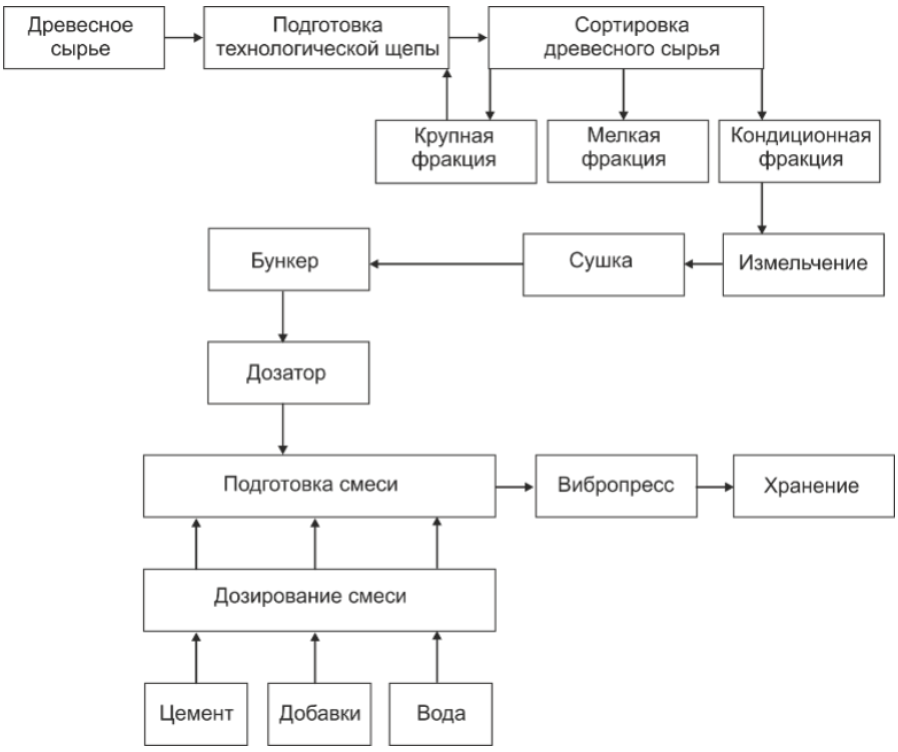


Рис.4 - Блок-схема технологического процесса арболитных блоков

Разработанная технология изготовления композиционного древесно-цементного материала на основе древесных отходов содержит небольшое количество основных технологических операций. Это приготовление стружки, приготовление смеси для арболита и формирование продукта в формы с вибропрессованием. Предварительно древесное сырье выдерживается в помещении с плюсовой температурой более 2-х месяцев. Блок-схема технологического процесса представлена на рисунке 4.

Для производства арболитных блоков, учитывая результы проведенных иссследований по подбору компонентов смеси и проведенных испытаний образцов, была выбрана рецептура для прочных и недорогих блоков. В качестве минеральной добавки выбрали гидратную известь, хотя порошок талькохлора показал лучшие результаты по прочности, данных по применению пока недостаточно. Плотность готового влажного арболита должна быть в пределах 900-980 кг/м^3; Плотность абсолютно сухого арболита в пределах 620-750 кг/м3. Последовательность введения компонентов в смеситель:

дробленку, водный раствор извести перемешивают, затем вводят раствор сернокислого алюминия, цемент и остаток воды, смесь перемешивают 1,5-2 часа. Смесь содержит: портландцемент М 400 – 25-30; известь гидратная – 30-435; сернокислый алюминий – 10-20; древесная стружка – до30; вода – 20-30.

Разработанная технология обладает простотой, экологической безопасностью и универсальностью в части возможности изготовления арболита на основе древесных отходов с широким спектром физико-механических свойств путем варьирования компонентным составом с целью удовлетворения требований условий эксплуатации готового изделия.

Выводы. На основании представленных результатов по исследованию рецептуры, технологии и свойств изделий из арболита, можно сделать вывод о перспективности производства подобных древесно-цементных композитов, лёгкими, прочными и с высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами.

Проведены исследования компонентного состава смеси, влияния минеральных добавок на адгезионные свойства и прочность готовой продукции. Установлена эффективность применения золы ТЭЦ экибастузскикого угля для получения композитных строительных материалов. Исследовано влияние влажности, крупности и качественных характеристик древесного наполнителя на качество цементной смеси и прочностные характеристики изделий.

Анализируя полученные результаты, установлено, что по большинству показателей, в частности: звукоизоляционным свойствам, легкому весу, пористости, низкой теплопроводности, теплоемкости, огнеустойчивости, неподверженности биоразложению, изделия из арболита соответствуют требованиям, предъявляемым подобным строительным материалам.

Определена возможность получения готовых строительных блоков по упрощенной технологии, с формированием изделий на вибростоле, что позволяет использовать различные формы и производить изделия различных размеров, использовать многокомпонентные, разные по характеристикам смеси, дает возможности применения армирующих волокон и конструкций, что увеличивает ассортимент продукции, без значительного дополнительного оборудования.

В опытно-экспериментальном металлургическом производстве АО «ИМиО» было запущено производство ФТП, на данное время производственная мощность предприятия составляет 15 000 м^2 теплоизолирующей продукции в год.

Урбанизация предполагает рост строительства жилых зданий и промышленных помещений, увеличивается спрос на недорогие, качественные и экологичные строительные материалы. Возможность увеличения качества, функциональности стройматериалов при сохранении невысокой стоимости за счет использования вторичного сырья соответствующего качества, предполагает актуальность дальнейшего проведения исследований технологий и организации производства композитов.

***Финансирование**. Данное исследование выпол-*

нено при поддержке ТОО «URBAN GROUP» в рамках проекта DP21681444 «Организация безотходного производства композиционных материалов из древесных отходов».

References

1. Ребиндер П. А., Щукин Е. Д. Поверхностные явления в твердых телах в процессах их деформации и разрушения //Успехи физических наук.-1972.-Т. 108(9). - С.3-42. DOI 10.3367/UFNr.0108.197209a.0003

2. Новицкий А. Г., Ефремов М. В. «Особенности получения непрерывного химически стойкого базальтового волокна» // Хімічна промисловість України.2003. № 1. С.24-27. https://novitsky1.narod.ru

3. Толмачев С. Н., Беличенко Е. А., Холодный А. Г. Технологические, механические и структурные характеристики цементных систем с углеродными коллоидными частицами // Строительные материалы. -2010.-№.9. - С.96-100 https://cyberleninka.ru

4. Wang L. et al. Value-added recycling of construction waste wood into noise and thermal insulating cement-bonded particleboards //Construction and Building materials. -2016.-Vol.125. - P.316-325. DOI 10.1016/j.conbuildmat.2016.08.053

5. Moslemi, A.A., Y.T. Lim. Compatibility of southern hardwoods with Portland cement // Forest Prod. J. - 1984. – Vol.34(8).- P.22-26.

6. American Society for Testing and Materials. Heat of hydration of hydraulic cement. ASTM // ASTM, West Conshohocken.2017. – P.186-191. https://ru.scribd.com

7. Sauvat, N., R. Sell, E. Mougel, A. Zoulalian. A study of ordinary Portland cement hydration with wood by isothermal calorimetry // Holzforschung. - 2005. - № 53(1). – P.104-108. DOI 10.1515/HF.1999.016

8. Лесовик В. С., Гридчина А. А. Монолитные бетоны на основе расширяющих добавок и химических модификаторов //Строительные материалы.-2015.-№.8. - С.81-83.

9. Сеничев В.П., Воропай Л.М., Осипов Ю.Р., Шлыков С. А. Влияние фракционного состава древесного заполнителя на физико-механические показатели арболита.//Вестник Череповецкого государственного университетаю-2015.- № 6.-С.47-50.

10. Новицкий А. Г., Ефремов М. В. «Аспекты применения базальтовой фибры для армирования бетонов» // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка.- 2010.-№ 36.-С.22-26.

11. Попов К.Н. Оценка качества строительных материалов / К.Н.Попов, М.Б.Каддо, О.В. Кульков. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 2004.- 287 с. ISBN5-06-004283-9

12. Микульский В.Г., Куприянов В.Н., Сахаров Г.П. Строительные материалы.- М.: Изд-во АСВ, 2000. – 536 с. ISBN 5930930414.

13. Aigbomian E.P., Fan M. Development of Wood-Crete from Hardwood and Softwood Sawdust // Open Construction and Building Technology Journal.-2013.-Vol.7.-P.108–117. DOI 10.2174/1874836801307010108

14. Филичкина М.В., Абрамов В.В., Самошин Д.С., Фролов Г.А. Особенности опилок как наполнителя при производстве материалов из древесных отходов // Лесотехнический журнал.-2013.-№ 2 (10).-С.26–30.

15. Лукутцова Н.П., Горностаева Е.Ю., Карпиков Е.Г. Древесно-цементные композиции с минеральными микро-наполнителями // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова.- 2011. -№ 3.-С.21-23

16. Цепаев, В. А. О предельном уровне напряжения сжатия в кладке из опилкобетона // Жилищное строительство. - 2008. -№ 9. - С.8-9.

17. Копарев В. С. Перспективы использования скопа в качестве сырья для производства древесно-цементной композиции //Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика.- 2014.-Т.2(3), ч.2.- С.92-95

18. Субботина Н.В., Саркисов Ю.С., Горленко Н.П., Чернов Е.Б. Влияние состава и структуры жидкости затворения на свойства древесно-цементных композиций // Вестник науки Сибири.- 2012.-Т.5 (6).- С.261–268.

19. Чемоданов А.Н., Горинов Ю.А., Сафин Р.Г. Композитный теплоизоляционно-балластный материал на основе древесных отходов // Безопасность жизнедеятельности.- 2015. - № 3. - С.63-67.

20. Андреев Г., Корженецкий А., Молчанова Л. Строительство Балхашской ТЭС: современные технологии для устойчивого развития региона и снижения уровня риска для здоровья населения // Энергетика. - 2014. - № 1(48). – С.26-31.

Information about authors

Ilmaliev Zh.B. - Senior Researcher, Senior Researcher, «URBAN GROUP» LLP , Almaty, Kazakhstan, e-mail: jans2009@mail.ru;

Kurtibay K.A. - Master' s student, Research Associate of «Scientific and Production Center of Ecological and Industrial Biotechnology» LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: kurtibayqb@gmail.com;

Kappassuly A. - Master of Engineering and Technology, Research Associate, «Scientific and Production Center of Ecological and Industrial Biotechnology» LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: kappasuly@mail.ru;

Zhatkanbayev Ye.Ye. - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan, e-mail: erlan.ntp@mail.ru;

Ilmalieva G.B. - candidate of chemical sciences, researcher, «URBAN GROUP» LLP Almaty, Kazakhstan, e-mail: g.ilmaliyeva@qazindustry.gov.kz;

Zhunussova E.B. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business named after K.Kulazhanov, Astana, Kazakhstan, e-mail: tahmina.66@mail.ru;

Zhumabekova A.K. - Kazakh University of Technology and Business, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Astana, Kazakhstan, e-mail: zhumabekova_ak@mail.ru

Сведения об авторах

Ильмалиев Ж.Б. - старший научный сотрудник, ТОО «URBAN GROUP», Алматы, Казахстан, e-mail: jans2009@mail.ru;

Куртибай Қ.А.- магистрант естественных наук, научный сотрудник ТОО «Научно-производственный центр экологической и промышленной биотехнологии», Астана, Казахстан, e-mail: kurtibayqb@gmail.com;

Қаппасұлы Ә. - магистр техники и технологии, научный сотрудник ТОО «Научно-производственный центр экологической и промышленной биотехнологии», Астана, Казахстан, e-mail: kappasuly@mail.ru;

Жатканбаев Е.Е. - д.т.н., ассоциированный профессор, Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: erlan.ntp@mail.ru;

Ильмалиева Г.Б. - к.х.н., научный сотрудник ТОО «URBAN GROUP», Алматы, Казахстан, e-mail: g.ilmaliyeva@qazindustry.gov.kz;

Жунусова Э.Б. - кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: tahmina.66@mail.ru;

Жумабекова А.К. - кандидат химических наук, ассоциированный профессор, Казахский университет технологии и бизнеса, г. Астана, Казахстан, e-mail: zhumabekova_ak@mail.ru.

IRSTI 61.01.11 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-698**

ANALYSIS OF METHODS TO IMPROVE THE STRENGTH AND HEAT RESISTANCE OF COMPOSITE MATERIALS

[1]L. Tolymbekova, [2]A. Kolpek, [3]E. Kopishev, [4]A. Tursynova, [5]G. Seitenova

L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Corresponding author: tursynova_ak@enu.kz, seitenova_gzh@enu.kz

Modern composites occupy an important place in the production of high-strength materials due to their lightness, strength, heat resistance, ability to retain their performance properties and the possibility of modification for certain tasks. The article presents modern methods of improving mechanical properties and heat resistance of metal and polypropylene-based composites, their key characteristics, as well as modern processing technologies and innovative combinations with other materials. Particular attention is paid to the prospects for the development of composites with high temperature resistance through the introduction of reinforcing refractory particles, the use of carbon fibers and nanotubes, phosphorus-containing flame retardants, lignin, elastomers, thermoplastics, which opens up new opportunities for their exploitation.

Modification of polypropylene using various fillers, such as polyamides, chalk fillers, and carbon nanoparticles, significantly improves its performance characteristics, including strength, thermal stability, and electrical conductivity. This opens up new horizons for the use of polypropylene composites in conditions of high loads and high temperatures, which is important for the sustainable development of the electronics industry and other high-tech areas.

Metal and polypropylene-based composites have the potential for application in high temperatures and aggressive environments due to the possibility of modifying their structure and composition. The methods and technologies presented in the article allow expanding their functional capabilities, including integration with innovative components.

Keywords: composite materials, heat resistance, polypropylene, nanocomposites, carbon nanotubes, fibers, thermoplastic elastomers, adhesion.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ И ТЕРМОСТОЙКОСТИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

[1]Л. Толымбекова, [2]А. Колпек, [3]Е. Копишев, [4]А. Турсынова, [5]Г. Сейтенова

Евразийский национальный университет им. Л. Н. Гумилева, Астана, Казахстан,
e-mail: tursynova_ak@enu.kz, seitenova_gzh@enu.kz

Современные композиты занимают важное место в производстве высокопрочных материалов благодаря их легкости, прочности, термостойкости, способности сохранять свои эксплуатационные свойства и возможности модификации под определенные задачи. В статье представлены современные методы улучшения механических свойств и термостойкости композитов на основе металла и полипропилена, их ключевые характеристики, а также современные технологии обработки и инновационные сочетания с другими материалами. Особое внимание уделяется перспективам разработки композитов с высокой термостойкостью за счет введения армирующих тугоплавких частиц, использования углеродных волокон и нанотрубок, фосфорсодержащих антипиренов, лигнина, эластомеров, термопластов, что открывает новые возможности для их эксплуатации.

Модификация полипропилена с использованием различных наполнителей, таких как полиамиды, меловые наполнители и углеродные наночастицы, значительно улучшает его эксплуатационные характеристики, включая прочность, термостойкость и электропроводность. Это открывает новые

горизонты для использования полипропиленовых композитов в условиях высоких нагрузок и температур, что важно для устойчивого развития электронной промышленности и других высокотехнологичных областей.

Композиты на основе металлов и полипропилена имеют потенциал для применения в условиях высоких температур и агрессивных сред благодаря возможности модификации их структуры и состава. Представленные в статье методы и технологии позволяют расширить их функциональные возможности, в том числе за счет интеграции с инновационными компонентами.

Ключевые слова: композиционные материалы, термостойкость, полипропилен, нанокомпозиты, углеродные нанотрубки, волокна, термопластичные эластомеры, адгезия.

КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ БЕРІКТІГІ МЕН ЫСТЫҚҚА ТӨЗІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ӘДІСТЕРІН ТАЛДАУ

[1]Л. Толымбекова, [2]А. Көлпек, [3]Е. Копишев, [4]А. Турсынова✉, [5]Г. Сейтенова✉

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
e-mail: tursynova_ak@enu.kz, seitenova_gzh@enu.kz

Заманауи композиттер жоғары беріктігі бар материалдарды өндіруде маңызды орын алады, олардың жеңілдігі, беріктігі, ыстыққа төзімділігі, пайдалану қасиеттерін сақтау қабілеті және белгілі бір міндеттерге өзгерту мүмкіндігі. Мақалада металл және полипропилен негізіндегі Композиттердің механикалық қасиеттері мен ыстыққа төзімділігін жақсартудың заманауи әдістері, олардың негізгі сипаттамалары, сондай-ақ заманауи өңдеу технологиялары және басқа материалдармен инновациялық комбинациялар ұсынылған. Арматуралық отқа төзімді бөлшектерді енгізу, көміртекті талшықтар мен нанотүтіктерді, құрамында фосфор бар отқа төзімді заттар, лигнин, эластомерлер, термопластиктерді қолдану арқылы жоғары температураға төзімді композиттерді әзірлеу перспективаларына ерекше назар аударылады, бұл оларды пайдаланудың жаңа мүмкіндіктерін ашады.

Полипропиленді полиамидтер, бор толтырғыштары және көміртекті нанобөлшектер сияқты әртүрлі толтырғыштарды қолдану арқылы өзгерту оның беріктігін, термиялық тұрақтылығын және электр өткізгіштігін қоса алғанда, оның өнімділігін айтарлықтай жақсартады. Бұл электронды өнеркәсіптің және басқа да жоғары технологиялық салалардың тұрақты дамуы үшін маңызды болып табылатын жоғары жүктемелер мен жоғары температура жағдайында полипропилен композиттерін қолданудың жаңа көкжиектерін ашады.

Металдар мен полипропилен негізіндегі Композиттердің құрылымы мен құрамын өзгерту мүмкіндігіне байланысты жоғары температура мен агрессивті ортада қолдану мүмкіндігі бар. Мақалада ұсынылған әдістер мен технологиялар олардың функционалдығын, соның ішінде инновациялық компоненттермен интеграциялау арқылы кеңейтуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: композициялық материалдар, ыстыққа төзімділік, полипропилен, нанокомпозиттер, көміртекті нанотүтікшелер, талшықтар, термопластикалық эластомерлер, адгезия.

Introduction. Modern industry is placing increasingly stringent demands on materials, especially in areas such as automotive, aerospace and construction. Traditional materials such as pure metal, plastic or carbon often cannot meet the requirements for a combination of lightness, strength and resistance to extreme temperatures. Composite materials bring out the best properties of different components with unique characteristics. Improving the mechanical properties and thermal resistance of composites such as polypropylene, metal and carbon fiber composites is an important factor in expanding their application and performance.

Composites are materials made up of two or more components depending on the natural conditions to achieve a unique advantage. The most widely

used types of composites include polymer, metal and carbon composites. However, their performance properties are often limited by fragility, insufficient heat resistance, or poor adhesion between phases [1-2].

The main components of composites include matrix (base), responsible for bonding and dependence, and reinforcing material (filler), increasing strength and mechanical performance. At the present stage of industrial development, composites are widely used in a wide variety of fields such as construction, metallurgy, transportation, medicine, electronics, etc. [3-6] The list of main types of composites is diverse and wide. These are reinforced polymers, composites for pipelines and fittings, metal matrix composites (MMC), heat resistant composites, carbon fiber and glass fiber composites, biocomposites, materials for surgical instruments, etc. [7-10].

Current composites have their own problems and limitations, which includes insufficient interfacial adhesion, brittleness under impact loading, limited thermal resistance, difficulty in processing and disposal, initial cost, lack of liquidity data, difficulty in developing hybrid materials and lack of uniform standard qualities [11-13].

Solving these problems requires a comprehensive solution, including the development of new technologies, optimizing production processes, improving environmental friendliness and reducing the cost of materials.

Despite this, composites remain in demand due to their excellent properties, such as high strength, lightness, corrosion resistance and the ability to create products with specified performance characteristics. Constant development of technologies, development of new types of composites and improvement of methods of their production allow to regulate the scope of their application, reduce costs and eliminate possible problems.

Materials and methods. *Metal-based composites.* Metal-based composites attract great interest. Their structure, which combines a metallic matrix with inclusions of non-metallic nature, allows them to overcome the boundaries of high strength, lightness, corrosion resistance and other unique properties unattainable for traditional materials. Such properties make them in demand in various industries including aerospace, automotive, energy and construction sectors [14-16]. The most common matrices are aluminum, magnesium, titanium, and iron. Reinforcing materials can be ceramic particles, fibers, carbon nanostructures and oxide compounds.

One of the main advantages of metal composites is the ability to fine-tune their properties by changing their composition and structure. This is a way to optimize synthesis processes such as powder metallurgy, mechanical alloying, reinforcement casting and additive technologies. For example, the addition of carbon nanotubes to an aluminum matrix can increase the density of a strong material without significantly increasing its mass [17-19].

Special attention is paid to the study of mechanical, thermal and electrical properties of metal composites, as well as their behavior under extreme operating conditions. Studies of thermal resistance and durability open new horizons for the application of materials in aggressive environments or at high temperatures [20-21].

One of the promising structural materials with improved characteristics are materials obtained by means of various types of reinforcement, such as metal matrix CMs (composite materials) consisting of a metal or alloy as a continuous matrix and a reinforcing component in the form of particles, as well as short or continuous fibers [22-26]. In metal matrix CM, the main metal matrices are aluminum, titanium, copper, and magnesium alloys. According to literature data, in CMs with aluminum matrix reinforced with carbon fiber, wetting of fibers is carried out to a sufficient extent, which can improve mechanical properties [27-30].

Metal composites based on titanium matrix have high specific strength and elastic modulus, high temperature resistance and low density, which makes them attractive for aerospace, automotive and military applications, but the use of titanium alloys as structural materials under conditions of high friction and wear is limited due to their low tribological properties [31-32]. Nevertheless, the

addition of refractory particles to titanium and its alloys is an effective way to improve mechanical and wear properties.

The paper [33] presents studies on fabrication and evaluation of the effect of the content of various reinforcing elements on the properties of metal composite materials (MCMs) based on titanium alloys. Introduction of refractory particles TiB_2, B_4C, SiC and TiC into titanium and its alloys is an effective way to increase mechanical, wear-resistant and corrosion-resistant properties with simultaneous reduction of material density, and also contributes to the expansion of the area of application of MCMs. The size and distribution of reinforcing particles in the matrix and their chemical activity have a great influence on the microstructure and mechanical properties. Carrying out heat treatment process helps to increase the mechanical properties. Metal composites reinforced with solid particles have an advantage (compared to MCMs reinforced with continuous fibers) in the form of isotropic properties, are cheaper to produce and can be further processed.

In [34], the compound B_4C was used as a reinforcing element to improve the mechanical, corrosion, and tribological properties of the titanium alloy of the composition Ti-6Al-4V (hereinafter referred to as the alloy composition in % (by mass)), noting its thermodynamic stability and high mechanical properties. The alloy of composition Ti-6Al-4V and ceramic powder B_4C with an average particle size of 30 microns were used for the production of MCM samples by powder metallurgy. MCM samples were made with the content of 5 and 10 % (by mass) of B_4C. As a result of the study of physical and mechanical properties of the samples, it was found that the density of MCM decreases with increasing content of reinforcing particles, but the difference between theoretical and experimental density increases with increasing B_4C content, which is explained by the increase in porosity with increasing content of B_4C particles (Fig.1, a). The hardness and corrosion resistance increase with increasing amount of reinforcing B4C particles (Fig.1, b).

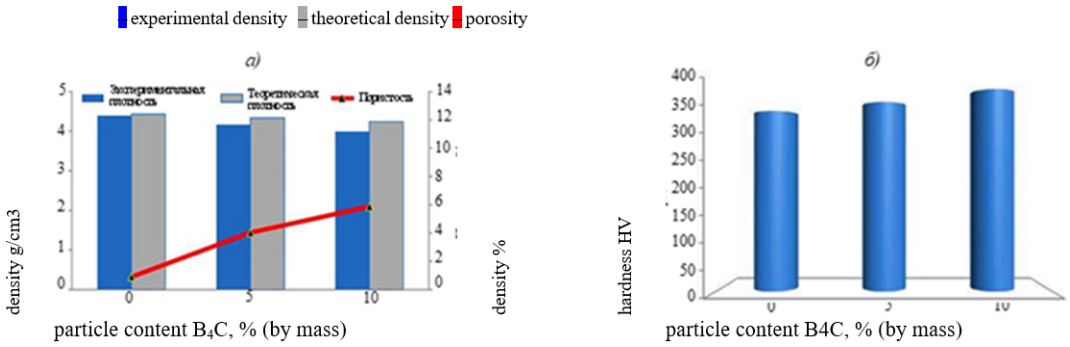


Fig.1 - Effect of the content of ceramic B_4C particles on the properties of MCM composition (Ti-6Al-4V) + B_4C on density (a) and hardness (b) [34]

Similar studies [35-37] confirmed that the wear rate of the composite material decreases with increasing in situ formed TiB and TiC particles, and concluded that TiB and TiC particles improve the wear properties of the composite material.

The influence of sintering temperature and the content of B_4C particles on the properties of composite material obtained by powder metallurgy was investigated in [38]. The increase in hardness and compressive strength of the composite material increases with increasing sintering temperature and increasing the content of reinforcing component.

In [39] the influence of B_4C particles and laser energy density on microhardness of composite material of Ti-6Al-4V composition obtained by selective laser sintering was investigated. When obtaining the composite material, B_4C particles react with titanium and in the in situ process TiC and

TiB particles are formed in different proportions, the microhardness increases by 30-80 % depending on the laser energy density.

Currently, high-modulus carbon fibers are the most suitable material for creating composites with titanium matrix. Selective reinforcement of titanium plates of small thickness allows to provide control of high reactivity of "titanium/carbon" compound and to create suitable processing methods [40-42].

Laminated structures consisting of alternating layers of metal sheets and fiber-reinforced polymer-matrix composites are also used in aircraft parts structures. Compared to conventional monolithic metals, they have high specific strength and stiffness, excellent fatigue resistance characteristics, and increased fire resistance [43].

To improve the mechanical properties of CMs with layered structure, including metal plastic layer and intermetallic layer (Ti-Al3Ti), various continuous fibers - carbon (C), silicon carbide (SiC) and aluminum oxide (Al_2O_3) - are introduced. Using various processing techniques, a number of intermetallic metallic layered CMs of systems such as Ti-Al, Ni-Al, Nb-Al and Ti-Cu are obtained. It is believed that the application of such titanium-aluminum layered CMs with high physical and mechanical properties is potentially possible in aerospace and armor protection applications. Using a novel rapid prototyping technique, ultrasonic consolidation was applied to fabricate three-dimensional structures via additive manufacturing from metal foil. During the ultrasonic consolidation process, ultrasonic frequency vibration combined with nominal force was used to generate static and oscillating shear forces between the metal foil layers that formed a solid-state bond. Moreover, ultrasonic consolidation was used to join dissimilar materials such as Ti-Al, Cu-Al, and Fe-Al at low temperatures (~480 °C). Thus, ultrasonic consolidation can be used as an auxiliary method to disperse fiber bundles into individual fibers in the alloy matrix prior to CM formation [44-46].

In [47], studies were conducted to determine the mechanical characteristics of CM produced by die casting method using AA6061 matrix aluminum alloy, which is reinforced with carbon fiber. The studies showed that increasing the content of reinforcing component from 0 to 10% (vol.) allows increasing the torque from 24.5 to 52 N-m, tensile strength from 283 to 315.5 MPa, as well as increasing the impact strength at 10% (vol.) of carbon fiber up to 12.2 J [47].

The microstructure of the CM of AA6061 grade aluminum alloy and carbon fiber shows that the carbon fibers are evenly distributed in the matrix, and interfacial adhesion is present (Figure 2).

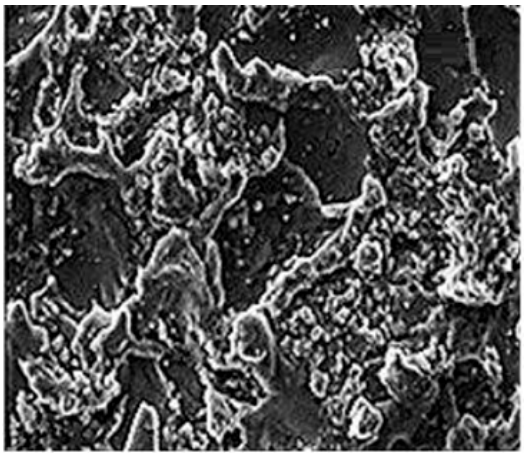


Fig.2 - Microstructure of composite material made of aluminum alloy AA6061 and carbon fiber [47]

In similar works [48-50] the authors describe in detail the physical and mechanical characteristics of materials with different matrix alloys (content of reinforcing carbon fibers - from 5 to 50 % (vol.)) and the mechanisms of failure of composites after the tests. In [48-49], studies of thermophysical and mechanical properties of CMs obtained by powder metallurgy on the basis of aluminum matrix reinforced with carbon fibers were carried out. It was found that when the volume content of carbon fiber increases, hardness, electrical conductivity and strength decrease: from 71 to 56 HB, from 30.9 to 14.5 cm and from 529 to 214 MPa, respectively, thermal conductivity increases to 155 W/(m-K), and the temperature coefficient of linear expansion (TCLE) decreases - from 36-10-6 to 8-10-6 K-1 [48].

Among the basic properties of composite materials, heat resistance and heat resistance, the ability of a material to retain its original strength

at high temperature, are of particular importance for the most common structures [51-53]. For other types of heat-resistant materials, such as those based on minerals (ceramics, refractories with various mineral fillers and binders), the concept of refractoriness is applicable, i.e. the ability of the material to resist destruction without deforming during operation at temperatures not lower than 1580 °C [54]. Composite materials with ceramic matrix have high heat resistance, relatively high compressive strength, but tensile strength and impact strength have low values. The scientific direction of solving the problem of increasing the strength of composite material is the necessity of transferring a significant part of the load to reinforcing elements [55-57].

It is of scientific and practical interest to solve the problem of increasing the strength and heat resistance of composite material of the metal-ceramic system by changing the macrostructure of the introduced reinforcing material and matrix composition.

The most common methods of molding composite materials are pressing and sintering, which in some cases is not economical, for example, molds are difficult to manufacture, this disadvantage significantly increases the cost of products. The use of slurry with hydrophilic tooling to remove moisture and give primary technological strength to the composite material, provides cost reduction and increased cost-effectiveness [58-60].

In work [61], the analysis of properties of composite materials is given, increase of heat resistance and heat resistance of composite material on the basis of stabilized silica, wastes of metallurgical and glass industries, was achieved by improving the structure of composite material, introduction of reinforcing elements. For the production of composite material was used an economical method of molding into hydrophilic tooling.

Slip is a suspension in the form of liquid dispersion medium and solid fine-dispersed phase, for example, in the form of SiO2 and Fe, crushed to the size of 0.5...10 microns, as well as additives: stabilizing volumetric transformations of SiO2 during heating or cooling (Na2O); increasing sedimentation stability of slip (refractory clay). This material is fluid in the stage of preparation and pouring, plasticity while in the mold and strength after partial dehydration of the slip, for example, in a gypsum mold. The combination of stabilized silica-based slurry, reinforcing components, glass production waste and hydrophilic tooling reduces energy consumption by 18% and increases the cost-effectiveness of manufacturing products of the metal-ceramic system in comparison with traditional methods of composite materials forming [61].

Despite the obvious advantages, the development of metal-based composites involves obtaining a criterion for uniform distribution of reinforcing particles and the need to accurately determine the interactions between components. However, modern advances in computer modeling, nanotechnology, and experimental techniques offer new opportunities to overcome these difficulties. Thus metal-based composites continue to be the basis of research that will shape the development of high-tech materials in the future. Their unique properties and potential applications in a wide range of regions make them the object of close attention of the scientific community and industry.

Polypropylene-based composites. Today, polymer composites are of particular interest and are being actively introduced into various fields due to their unique properties, including high elasticity, strength, stiffness and high specific strength.

Polypropylene is one of the most widely used polymers in the world. Since its commercial introduction in the 1950s, polypropylene has established a reputation for its unique properties and versatility in application [62].

Polypropylene can be easily molded and extruded to produce complex shapes. It is able to retain its size and shape when exposed to high temperatures and loads. It combines low density and high strength, making it ideal for use in the manufacture of lightweight but strong products [63].

Modern technologies make it possible to combine polypropylene with natural and synthetic fibers. This

opens up new possibilities for creating materials with improved thermal and mechanical properties. The addition of synthetic fibers and fillers (such as carbon or glass fibers) can improve the strength and stiffness of polypropylene products, which expands their application [64].

The improvement of these materials through the addition of carbon nanotubes (CNTs) and fibers is an active area of research aimed at improving their performance [65].

Modification of polypropylene with carbon nanotubes and fibers allows to significantly improve the mechanical properties of composites, in particular, their impact resistance and stiffness. It was found that the addition of carbon nanotubes can increase the impact resistance of the composite up to seven times, which makes such materials competitive with more expensive analogs. Mechanical stiffness and resistance to deformation under load are also significantly increased by the inclusion of continuous carbon fibers, which expands their application areas, including high and low temperature conditions [66].

The need to use carbon nanotubes arises due to their unique properties, including high thermal conductivity, strength and the ability to form conductive networks within the polypropylene structure. Studies show that the introduction of CNTs into PP composites leads to a significant improvement in mechanical properties due to a more homogeneous distribution of reinforcing additives and their strong interaction with the polymer matrix [67].

Many CNT modification techniques, including covalent and non-covalent modification, are used to achieve the best results in the creation of composites. These methods help to improve the dispersion of fillers in the polymer matrix, allowing for more robust interfacial interactions. CNT modification allows the attachment of functional groups such as epoxy, hydroxyl and carboxyl groups, which also helps to improve the bond strength between the matrix and filler [68].

In addition, oxidation of carbon nanotubes carried out using various oxidizing agents such as H_2SO_4, $KMnO_4$, H_2O_2 and HNO_3 allows the introduction of functional groups on their surface. This leads to the formation of defective sites, which can adversely affect the engineering properties, but this approach significantly improves the adhesion of CNTs in the polymer matrix, which is the cornerstone of an efficient composite structure [69].

The introduction of nanotubes into the structure of polypropylene composites provides improvements in properties such as strength, heat resistance and mechanical stiffness, making them competitive with more expensive materials [70].

Studies show that PP and nanotube-based composites exhibit significant improvements in mechanical properties such as impact resistance and stiffness. Carbon nanotubes contribute to increased strength and resistance to deformation under loading due to their high strength and ability to form conductive networks within the polymer matrix. In particular, the use of metallocene polypropylene in combination with carbon fillers improves the strength and ductility of composites [71].

Melt extrusion is the preferred method of producing PP-CNT composites because of its ability to create homogeneous materials through mixing of components at high temperatures. However, lack of control during the extrusion process can lead to thermal fracture and residual stresses that negatively affect the properties of the composites. To increase the dispersion of CNTs in the polymer matrix, various modifications and blending methods are actively investigated, indicating the importance of controlling the extrusion process to achieve optimal performance [72].

Modifications of carbon nanotubes are necessary to ensure high-quality interfacial adhesion between PP and CNTs. The grafting of maleic anhydride (MA) onto polymer chains significantly improves the compatibility of CNTs with the polymer matrix and also helps to reduce the surface tension. This allows for better dispersion of CNTs and formation of efficient percolation networks. Studies show that the use of modified compatibilizers such as styrene-ethylene/butylene-styrene copolymer leads to a significant improvement in the mechanical and thermal properties of composites [73].

The high flammability of polypropylene limits its use in applications requiring fire resistance. To solve this problem, active research is directed to the use of phosphorus-containing flame retardants (phosphorus fire retardant additives), which show high efficiency in reducing the flammability of polymeric materials [74].

Phosphorus flame retardants have unique properties that provide low toxicity and the ability to form a protective layer on the surface of the material when exposed to high temperatures. This protective layer promotes thermal decomposition of the flame retardant, forming a carbon residue that serves as a barrier to flame propagation. These mechanisms of action make it possible to significantly increase the fire resistance of polypropylene composites [75].

Studies conducted by various research groups have confirmed that the addition of phosphorus flame retardants to PP significantly improves its mechanical and thermal properties. The addition of phosphorus flame retardants to PP increases the tensile strength and stiffness of composites at high temperatures, which improves their performance without degrading the basic properties [76].

Phosphorus-containing flame retardants are a promising alternative to halogen-containing flame retardants, which were previously widely used but criticized for their toxicity and negative environmental impact. In contrast, phosphorus-containing additives help to reduce flammability while remaining safer for humans and nature [77].

The retrofitting of polypropylene with phosphorus-containing flame retardants opens new horizons for the application of composites in products that require high fire resistance. For example, the study of new methods of modifying composites, such as blending with carbon nanotubes (CNTs), improves thermal stability and mechanical properties while maintaining environmental safety [78].

To achieve higher performance characteristics of polypropylene composites with phosphorus-containing flame retardants, it is necessary to continue the optimization of compositions and technologies of their processing. This includes the study of new polymer modifications and the use of alternative fillers, which can lead to the creation of stable and functional materials that meet modern requirements [79].

Polypropylene is one of the most popular thermoplastics with good mechanical and physical properties. However, various modification methods are being investigated to enhance its functionality and performance, including the use of biopolymers such as lignin and chitosan. These additives not only improve the mechanical properties of composites but also make them more environmentally friendly [80].

Modification of polypropylene with chitosan fibers can significantly improve its strength and impact resistance. Chitosan, being a biopolymer with good adhesion to the polymer matrix, contributes to the improvement of tensile and impact performance. Experiments have demonstrated that composites with modified fibers provide a significant improvement in mechanical properties compared to unmodified samples [81].

The use of esterified lignin as a modifier is important for achieving high adhesion between composite components. Lignin, being a secondary natural polymer, shows excellent binding properties, which improves the structure of the final material. Studies show that the presence of lignin helps to create strong interfacial interactions between chitosan and polypropylene, which enhances the strength and durability of the composite [82].

The process of mixing the components at high temperatures, such as 190°C, ensures uniform distribution of fillers in the polypropylene matrix. Homogeneity of distribution is critical to achieving optimum strength and strain resistance. Studies in this area show that lack of homogeneity can lead to poor mechanical performance and reduced material stability [83].

The resulting polypropylene-based composites with modifiers such as lignin and chitosan have a wide range of potential applications in industries such as packaging and construction. These fields require lightweight and strong materials that can withstand mechanical stresses. The improved

performance of modified composites opens up new opportunities for their use in various sectors including automotive and consumer products [84].

Composites based on thermoplastic elastomers have attracted considerable attention due to their unique properties that provide high flexibility, strength and resistance to external influences. Of particular interest is the combination of styrene thermoplastic elastomers with polypropylene, which makes them promising for applications in the construction industry and other areas where high strength and durability of materials are required [85].

Thermoplastics are classes of polymers that combine the properties of thermoplastics and elastomers. They are recyclable, making them convenient for manufacturing processes, while providing the elasticity characteristic of rubber bands. Studies show that blends of styrene thermoplastic elastomers and polyolefin elastomers can improve the performance of materials, which has initiated a number of scientific studies in this area [86].

One of the key tasks in improving composites based on thermoplastic elastomers is to increase their resistance to thermal oxidative degradation. Studies show that the introduction of antioxidants, heat-resistant fillers and modifiers can significantly improve the performance characteristics of materials and their durability [87].

Improving the fire resistance of thermoplastic elastomers is also an important aspect for their use in building structures. The use of minerals such as aluminum hydroxide and other flame-retardant additives shows promising results in improving the fire-retardant properties of composites, making them safer for use in high temperature environments [88].

The problem of rubber waste utilization remains relevant, and the use of crumb rubber as a filler for thermoplastics provides an opportunity not only to solve environmental problems, but also to expand the application area of such composites. Studies have proven that the addition of crumb rubber to polyethylene and polypropylene can improve certain mechanical characteristics such as impact strength and flexibility [89].

The key factors affecting the mechanical properties of composites are matrix characteristics, filler particle size and the level of adhesion between components. Optimization of these properties can be achieved by various methods such as changing the mixing technology, using modifiers and adhesion promoters [90].

The study of composites based on thermoplastic elastomers, particularly their blends with polypropylene and styrene thermoplastic elastomers, has become an important aspect because of the increasing demands for durability and safety of building materials [91].

Thermoplastic elastomers, including blends with polyolefin elastomers, have flexible, strong and resistant properties. This allows them to find applications in the construction, medical and automotive industries, where high strength and durability of materials are required [92].

Also the practical significance of the research lies in the development of new formulations of composites based on thermoplastic elastomers, which allows to create materials with improved performance characteristics. The created composites are characterized by high resistance to thermo-oxidative degradation and reduced flammability, which makes them suitable for the production of window seals, cable products, roofing membranes and other construction products [93].

The introduction of crumb rubber into the composition of thermoplastics solves the problems of utilization of waste rubber products and expands the practical applications of plastics. The resulting rubber plastics are used in waterproofing, production of roofing materials and rubber tiles, while optimizing their mechanical properties [94].

Studies show that different temperatures and rubber filler content significantly affect the deformation and strength of composites. In particular, certain concentrations of crumb rubber contribute to the transition of the material from brittle fracture to macrouniform plastic deformation, which opens up opportunities for

targeted modification of the properties of rubber plastics [95-96].

Incorporation of waste-derived graphene into polymer composites can increase their mechanical and thermal performance while improving flexural and tensile strength. This supports the trend towards lighter and greener materials, which helps to reduce the carbon footprint in the automotive and other industries [97].

Results and Discussion. Research into polymers with improved conductive properties opens new horizons for flexible electronics. The development of conductive polymer nanocomposites can contribute to the creation of more reliable and durable flexible electronic devices, which will be a significant step forward in technology development [98].

Modification of polypropylene using various fillers such as polyamides, chalk fillers and carbon nanoparticles significantly improves its performance characteristics including strength, thermal stability and electrical conductivity. This opens new horizons for the application of polypropylene composites in high stress and high temperature environments, which is important for the sustainable development of the electronics industry and other high-tech fields [99].

Research and development of polypropylene-based nanocomposites using various fillers open new horizons in the construction industry, improving the mechanical characteristics and thermal stability of materials. Special fillers help to accelerate crystallization processes and increase resistance to environmental influences, which makes such composites competitive for use not only in construction, but also in the packaging and automotive industries [100].

Thus, polypropylene composites are a promising area in materials production due to their versatility, availability and modification possibilities, such as carbon nanotubes, phosphorus-containing flame retardants, lignin, elastomers, thermoplastics and others. These modifications allow to significantly improve mechanical properties, heat resistance, flame retardancy and expand their application in high-tech and industrially important areas.

Conclusions. Research in the field of increasing the strength and heat resistance of composite materials is one of the promising areas in the field of chemical technologies and materials science, opening up wide opportunities for the development of innovative solutions.

Metal and polypropylene-based composites have the potential for application in high temperatures and aggressive environments due to the possibility of modifying their structure and composition. The methods and technologies presented in the article allow expanding their functional capabilities, including integration with innovative components.

The review shows that the use of modern modification methods, such as the introduction of reinforcing refractory particles, improvement of interfacial interaction, the use of carbon fibers and nanotubes, phosphorus-containing flame retardants, lignin, elastomers, thermoplastics allows to significantly increase the strength characteristics and heat resistance of composites.

The prospectivity of developments in this direction is due to the growing requirements for materials used in the metallurgical industry, construction, transportation, energy. Special attention should be paid to the development of hybrid materials that combine the advantages of polymers, metals and carbon fibers. Future research should be aimed at optimizing upgrading technologies and studying their performance characteristics of composites.

Funding: *BR24992883 Establishment of a science and technology park for petrochemicals and polymer materials to provide services and implementation of applied Research Work results in priority sectors of the country' s economy (2024-2026).*

References

1. Kolosova A.S., Sokolskaya M.K., Vitkalova I.A. Sovremennye polimernye kompozicionnye materialy i ih primenenie // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental' nyh issledovanij. - 2018. – No. 5. –

S. 245-256. [in Russian]

2. Lebedeva O.V., SipkinaE.I. Polimernye kompozity i ih svojstva // Izvestija vuzov. Prikladnaja himija i biotehnologija. – 2022. – Tom 12. – No. 2. – S. 192-207. DOI 10.21285/2227-2925-2022-12-2-192-207. [in Russian]

3. Gurbanov N.A., Sidorov D.B., Ismailova K.H. Composite materials, general properties and usage areas // Sciences of Europe. – 2021. – No. 78. – P. 25-27. DOI 10.24412/3162-2364-2021-78-1-25-27

4. Hull D., Clyne T.W. An Introduction to Composite Materials. – Cambridge: Cambridge University Press. 1996. – 326 p. ISBN 978-0521388559. DOI 10.1017/CBO9781139170130

5. Schwartz M.M. Composite Materials: Properties, Non-Destructive Testing and Repair, Polymer, Ceramic, Metal Matrices. – USA: Prentice Hall Inc., 1997. – 423 p. ISBN-10 100133000478, ISBN-13 978-0133000474

6. Sumithra G., Reddy R., Kumar G, Ojha S., Jayachandra G., Raghavendra G. Review on composite classification, manufacturing, and applications // Materials Today: Proceedings. – 2023. – P. 45-51. DOI 10.1016/j.matpr.2023.04.637

7. Ashrith H.S. , Jeevan T.P., Xu Jinyang. A Review on the Fabrication and Mechanical Characterization of Fibrous Composites for Engineering Applications // J. Compos. Sci. – 2023. 7, 252. DOI 10.3390/jcs7060252

8. Novye materialy [Tekst] / V.N. Anciferov [i dr.]; red. Ju.S. Karabasov. - M.: MISIS, 2002. - 736 s. ISBN 5-87623-114-2. [in Russian]

9. Resego Phiri, Sanjay Rangappa, Suchart Siengchin. Advances in lightweight composite structures and manufacturing technologies: A comprehensive review// Heliyon. – 2024. – Vol. 10, Issue 21. – 24 p. DOI 10.20998/2074-272X.2017.6.01

10. Wanberg J. Composite Materials: Fabrication Handbook #2. – USA: Wolfgang Publications, Inc., 2010. – 144 p. ISBN 1929133936.

11. Jah’ jaeva H.Sh., Zajkov G.E., Deberdeev T.R., Ulitin N.V. Strukturnye osnovy mezhfaznoj adgezii v polimernyh kompozitah // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. – 2012. – T. 15. – No. 5. – S. 68-70. [in Russian]

12. Smirnova O.E., Pichugin A.P., Hritankov V.F. Adgezionnaja prochnost’ v strukture kompozicionnyh materialov na osnove organicheskogo syr’ ja // Stroitel’ nye materialy. – 2024. – No. 5. –S. 17-21. DOI 10.31659/0585-430X-2024-824-5-17-21. [in Russian]

13. Mel’ nichenko M. A., Ershova O. V., Chuprova L. V. Vlijanie sostava napolnitelja na svojstva polimernyh kompozicionnyh materialov // Molodoj uchenyj. – 2015. – No. 16 (96). – S. 199-202. [in Russian]

14. Milejko S.T. Novye kompozity s metallicheskoj matricej // Mezhotraslevoj seminar pamjati prof. T.D. Karimbaeva ”Primenenie kompozicionnyh materialov v dvigatelestroenii”. Moskva, Rossija. – 2023. – S. 7-10. [in Russian]

15. Ivanov V.A. Metody vosstanovlenija tehnologicheskogo i vspomogatel’ nogo oborudovanija iznosostojkimi kompozicionnymi materialami: diss. ... kand. tehn. nauk: 05.02.13 - Mashiny, agregaty i processy (ljogkaja promyshlennost’). – Moskva. – 2014. –166 s. [in Russian]

16. Milejko S.T. Jentoni Kelli i kompozitnye materialy segodnja. Chast’ 2: Kompozity s metallicheskoj matricej // Kompozity i nanostruktury. 2021. –T. 13. – No. 3-4 (51-52). – S. 59-107. DOI 10.36236/1999-7590-2021-13-3-4-59-107. [in Russian]

17. Senjushkin N.S., Jamaliev R.R., Jalchibaeva L.R. Primenenie kompozicionnyh materialov v konstrukcii bespilotnyh letatel’ nyh apparatov // Molodoj uchenyj. 2011. –T. 1. – No. 4 (27). 1. –S. 59-61. [in Russian]

18. Even C., Arvieu C., Quenisset J.M. Powder route processing of carbon fibers reinforced titanium matrix composites // Composites Science and Technology. – 2008. – Vol. 68(6). – P. 1273-1281. DOI 10.1016/j.compscitech.2007.12.014.

19. Saldias C., Bonardd S., Quezada C., Radic D., Leiva A. The role of polymers in the synthesis of noble metal nanoparticles: a review // Journal of Nanoscience and Nanotechnology. –2017. – Vol. 17. – P. 87-114. DOI 10.1166/jnn.2017.13016

20. Prokopec A.D. Stroenie i mehanicheskie harakteristiki sloistogo kompozicionnogo materiala na osnove MAH-fazy Ti_3AlC_2, poluchennogo metodom svobodnogo SVS-szhatija / A.D. Prokopec, P.M. Bazhin, A.S. Konstantinov, A P. Chizhikov, P.A. Stolin // Neorganicheskie materialy. – 2021. – T. 57. – No. 9. – S. 986–990. DOI 10.31857/S0002337X2109013X. [in Russian]

21. Sabadaha E.N., Prokopchuk N.R., Shutova A.L. Termostabil' nye kompozicionnye materialy // Trudy BGTU. – 2017. – Serija 2. – No. 2. – S. 108-115. [in Russian]

22. Grashhenkov D.V. Strategija razvitija nemetallicheskih materialov, metallicheskih kompozicionnyh materialov i teplozashhity // Aviacionnye materialy i tehnologii. -2017. - No. S. -S. 264-271. DOI 10.18577/2071-9140 -2017-0-S-264-271. [in Russian]

23. Akmeev A.R., Guljaev I.N., Il' ichev A.V., Ivanov N.V. Issledovanie mehanicheskih svojstv metallokompozita (Aljuminij-ugleplastik) s adaptivnoj shemoj armirovanija // Aviacionnye materialy i tehnologii. – 2017. – No. 3 (48). – S. 43-49. DOI 10.18577 /2071 -9140-2017-0-3-43-49. [in Russian]

24. Jakovlev A.L., Nochovnaja N.A., Putyrskij S.V., Krohin V.A. Titanopolimernye sloistye materialy // Aviacionnye materialy i tehnologii. – 2016. – No. S2 (44). – S. 56-62. DOI 10.18577/2071-9140-2016-0-S2-56-62. [in Russian]

25. Arislanov A.A., Goncharova L.Ju., Nochnaja N.A., Goncharov V.A. Perspektivy ispol' zovanija titanovyh splavov v sloistyh kompozicionnyh materialah // Trudy VIAM. – 2015. – No. 10. – S. 20-23. DOI 10.18577/2307-6046-2015-0-10-4-4. [in Russian]

26. Valueva M.I., Zelenina I.V., Haskov M.A., Guljaev A.I. Podgotovka uglerodnogo volokna k naneseniju interfaznogo pokrytija dlja kompozicionnyh materialov s keramicheskoj matricej// Trudy VIAM. – 2017. – No. 10 (58). – S. 79-89. DOI 10.18577/2307-6046-2017-0-10-9-9. [in Russian]

27. Bedmar J., Torres B., Rams J. Manufacturing of Aluminum Matrix Composites Reinforced with Carbon Fiber Fabrics by High Pressure Die Casting // Materials. – 2022. 15(9). 3400. – P. 2-18. DOI 10.3390/ma15093400

28. Jian-jun Sha, Zhao-zhao Lü, Ru-yi Sha., et al. Improved wettability and mechanical properties of metal coated carbon fiber-reinforced aluminum matrix composites by squeeze melt infiltration technique // Transactions of Nonferrous Metals Society of China. – 2021. – Vol. 31. Issue 2. – P. 317-330. DOI 10.1016/S1003-6326(21)65498-5

29. Lee Y., Park S., Han J. Carbon Fiber/Aluminum Composite Fabrication Using Wettability Control // Composites Research. – 2015. – Vol. 28. Issue 5. – P. 254-259. DOI 10.7234/composres.2015.28.5.254

30. Choi Y., Meng X., Xu Z. Manufacturing process of short carbon fiber reinforced Al matrix with preformless and their properties // Scientific Reports. – 2021. – 11:23385 – P. 1-8. DOI 10.1038/s41598-021-02915-7

31. Tian Y.S., Chen C.Z., Chen L.B., Liu J.H. Wear properties of alloyed layers produced by laser surface alloying of pure titanium with B4C and Ti mixed powders // Journal of Materials Science. – 2005. – Vol. 40. – P. 4387-4390. DOI 10.1007/s10853-005-0736-2

32. Fouvry S., Paulin C., Deyber S. Impact of contact size and complex gross-partial slip conditions on

Ti-6Al-4V/Ti-6Al-4V fretting wear // Tribology International. – 2009. – Vol. 42(3). – P. 461-474. DOI 10.1016/j.triboint.2008.08.005

33. Krasnov E.I., Serpova B.M., Hodykin L.F., Gololobov A.B. Metallicheskie kompozicionnye materialy na osnove titanovyh splavov, armirovannyh tugoplavkimi chasticami (Obzor) // Trudy VIAM. – 2021. – No. 6 (100). – S. 36-45. DOI 10.18577/2307-6046-2021-0-6-36-45. [in Russian]

34. Soorya Prakash K., Gopal P.M., Anburose D., Kavimani V. Mechanical, corrosion and wear characteristics of powder metallurgy processed Ti-6Al-4V/B4C metal matrix composites // Ain Shams Engineering Journal. – 2018. – Vol. 9(4). – P. 1489–1496. DOI 10.1016/j.asej.2016.11.003

35. Qin Y.L., Geng L. Dry sliding wear behavior of titanium matrix composites hybrid-reinforced by in situ TiB whisker and TiC particle // Journal of Materials Science. – 2011. – Vol. 46. – P. 4980-4985. DOI 10.1007/s10853-011-5415-x

36. Balaji V.S., Kumaran S. Dry sliding wear behavior of titanium (TiB + TiC) in situ composite developed by spark plasma sintering // Tribology Transactions. – 2015. – Vol. 58(4). – P. 698–703. DOI 10.1080/10402004.2014.993780

37. Zheng B., Dong F., Yuan X. et al. Microstructure and tribological behavior of in situ synthesized (TiB + TiC)/Ti6Al4V (TiB/TiC = 1/1) composites // Tribology International. – 2020. – Vol. 145: 106177. DOI 10.1016/j.triboint.2020.106177

38. Yoganandam K., Mohanavel V., Vairamuthu J, Kannadhasan V. Mechanical properties of titanium matrix composites fabricated via powder metallurgy method // Materials Today: Proceedings. – 2020. – Vol. 33(7). – P. 3243-3247. DOI 10.1016/j.matpr.2020.04.569

39. Fereiduni E. Selective laser melting of hybrid ex-situ/in-situ reinforced titanium matrix composites: Laser/powder interaction, reinforcement formation mechanism, and non-equilibrium microstructural evolutions / E. Fereiduni, A. Ghasemi, M. Elbestawi // Materials & Design. – 2019. – Vol. 184:108185. DOI 10.1016/j.matdes.2019.108185

40. Peters M. Titanium Metal Matrix Composites: An Overview / Leyens C., Kumpfert C., Nickel R. B. // Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. – 2019. – Vol. 121. – P. 418-438. DOI 10.1016/j.compositesa.2019.04.005

41. Arvieu, C. Interaction between titanium and carbon at moderate temperatures [Text] / C. Arvieu, J.P. Manaud, J.M. Quenisset // Journal of Alloys and Compounds. – 2004. – Vol. 368 (1-2). – P. 116-122. DOI 10.1016/j.jallcom.2003.08.051

42. Sidorov D.V. Issledovanie mezhfaznogo vzaimodejstvija na granice razdela v sisteme Ti-C s otechestvennymi titanovymi splavami α+β i psevdo-α / D.V. Sidorov, V.M. Serpova, A.V. Zavodov, A.A. Shavnev // Fizika i himija obrabotki materialov. – 2020. – No. 5. – S. 75-81. DOI 10.30791/0015-3214-2020-5-75-81. [in Russian]

43. Jiao F. Continuous carbon fiber reinforced Ti/Al3Ti metal-intermetallic laminate (MIL) composites fabricated using ultrasonic consolidation assisted hot pressing sintering / F. Jiao, M. Liu, F. Jiang [et al.] // Materials Science & Engineering A. – 2019. – Vol. 765: 138255. DOI 10.1016/j.msea.2019.138255.

44. Han, Y. Fabrication, interfacial characterization and mechanical properties of continuous Al2O3 ceramic fiber reinforced Ti/Al3Ti metal-intermetallic laminated (CCFR-MIL) composite / Y. Han, C. Lin, X. Han [et al.] // Materials Science & Engineering A. – 2017. – Vol. 688. – P. 338–345. DOI 10.1016/j.msea.2017.02.024

45. Ji. C., Wang. B., Hu. J., et al. Effect of different preparation methods on mechanical behaviors of carbon fiber-reinforced PEEK-Titanium hybrid laminates // Polymer Testing. – 2020. – Vol. 85: 106462.

DOI 10.1016/j.polymertesting.2020.106462.

46. Vecchio, K.S., Jiang, F. Fracture toughness of Ceramic-Fiber-Reinforced Metallic-Intermetallic-Laminate (CFR-MIL) composites // Materials Science & Engineering A. – 2016. – Vol. 649. – P. 407–416. DOI 10.1016/j.msea.2015.10.018.

47. Mahaviradhan, N., Sivaganesan, S., Sravya, N.P., Parthiban, A. Experimental investigation on mechanical properties of carbon fiber reinforced aluminum metal matrix composite // Materials Today: Proceedings. – 2021. – Vol. 39(1). – P. 743–747. DOI 10.1016/j.matpr.2020.09.443

48. Deshpande, M., Gondil, R., Rahul, S.V.S., et al. Processing and characterization of carbon fiber reinforced aluminium 7075 // Materials Today: Proceedings. – 2018. – Vol. 5(2). – P. 7115–7122. DOI 10.1016/j.matpr.2017.11.376

49. Deshpande, M., Ramesh, S.V.S., Gondil, R., et al. Studies on 7075 aluminum alloy MMCs with milled carbon fibers as reinforcements // Transactions of the Indian Institute of Metals. – 2018. – Vol. 71(4). – P. 993–1002. DOI 10.1007/s12666-017-1233-4

50. Tamilarasan U., Karunamoorthy L., Palanikumar K. Mechanical properties evaluation of the carbon fiber reinforced aluminum sandwich composites // Materials Research. – 2015. – Vol. 18(5). – P. 1029–1037. DOI 10.1590/1516-1439.017215.

51. Shljamnev A.I. i dr. Korrozionnye, zharoprochnye i vysokoprochnye stali i splavy. – M.: Intermet Inzhiniring-Ring, 2000. – 232 s. ISBN 5-89594-028-5. [in Russian]

52. Hudjakov M.A. Materialovedenie: ucheb. posobie / M-vo obrazovanija i nauki Ros. Federacii, Feder. agentstvo po obrazovaniju, Gos. obrazovat. uchrezhdenie vyssh. prof. obrazovanija ”Ufim. gos. neftjanoj tehn. un-t”. - Ufa : Monografija. – 2006 (Ufa : Ufimskij poligraficheskij kombinat). – 237 s. ISBN 5-94920-048-9 (V per.)

53. Korotkih M.T. Tehnologija konstrukcionnyh materialov i materialovedenie: Uchebnoe posobie. – Sankt-Peterburg.: SPPU. – 2004. – 104 s. [in Russian]

54. Tolkacheva A.S., Pavlova I.A. Obshhie voprosy tehnologii tonkoj keramiki: uchebnik. – Ekaterinburg: Izd-vo Ural’ skogo universiteta. – 2018. – 184 s. ISBN: 978-5-7996-2393-7. [in Russian]

55. Bolton U. Strukturnye materialy: metally, splavy, polimery, keramika, kompozity / Per. s angl. – M.: Dodeka-XXI. – 2007. – 319 s. ISBN: 978-5-94120-109-9. [in Russian]

56. Ivanov D.A., Sitnikov A.I., Shljapin S.D. Kompozicionnye materialy / Pod red. avtor: A.A. Il’ in. – Moskva: Izdatel’ stvo Jurajt. – 2024. – 253 s. ISBN: 978-5-534-11618-2. [in Russian]

57. Spravochnik po kompozicionnym materialam: v 2-h kn. Kn. 1 / Pod red. Dzh. Ljubina; Per s ang. A.B. Gellera, M.M. gel’ monta; pod red. B.Je. Gellera. – M.: Mashinostroenie. – 1988. –488 s. ISBN 5-217-00225-5. [in Russian]

58. Ajler, Ral’ f K. Himija kremnezema: rastvorimost’, polimerizacija, kolloidnye i poverhnostnye svojstva, biohimija: v 2 chastjah / R. Ajler; per. s angl. L. T. Zhuravleva, pod red. V. P. Prjanishnikova. Ch. 1. – Moskva: Mir. – 1982. – 416 s. (V per.)

59. Kosicyn N.O. Povyshenie zharostojkosti i termostojkosti kompozicionnogo materiala sistemy metallo-keramika // Vostochnoevropejskij zhurnal peredovyh tehnologij. – 2013. – No. 10 (66). -S. 61–65. [in Russian]

60. Nekrasov G.B., Odarchenko I.B. Osnovy litejnoj tehnologii. Plavka, zalivka metalla, lit’ e pod davleniem. – Minsk: Vysshaja shkola, 2013. – 223 s. ISBN: 978-985-06-2365-2. [in Russian]

61. Ibadullaev A., Teshabaeva Zh., Kaharov B., Nigmatova D. Composite elastomeric materials filled with modified mineral fillers// E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 264 –. S. 1-9. DOI

10.1051/e3sconf/202126405006

62. Matthews F.L., Rawlings R.D. Composite Materials: Engineering and Science. – CRC Press. – 1999. – 480 p. ISBN: 978-1-85573-473-9

63. Simamora P. Mechanical properties of polypropylene composites with different reinforced natural fibers – a comparative study / P. Simamora, J. Simanjuntak, K. Sinulingga, A. D. Laksono // Journal of Ecological Engineering. – 2023. – Vol. 24(7). – P. 311–317. DOI 10.12911/22998993/164757

64. Mohammed J.K., Oleiwi A.M., Jawad A.J.M., et al. A Review on the Advancement of Renewable Natural Fiber Hybrid Composites: Prospects, Challenges, and Industrial Applications // Journal of Renewable Materials. – 2024. – Vol. 12(7). – P. 1237–1290. DOI 10.32604/jrm.2024.051201

65. Nurazzi M.N., Moklis M.H., Demon S.Z.N., et al. Carbon nanotubes: functionalisation and their application in chemical sensors // The Royal Society of Chemistry. – 2020. – Vol. 10(71). – P. 43704–43732. DOI 10.1039/d0ra09438b

66. Nedorezova P.M., Kljamkina A.N., Palaznik O.M., Shevchenko V.G. Kompozicionnye materialy na osnove polipropilena i uglerodnyh nanonapolnitelej, poluchennye metodom polimerizacii in situ // Nauka o polimerah. – 2024. – T. 66. – No.2. – S. 121–139. DOI 10.31857/S2308113924020044. [in Russian]

67. Lebedeva O.V., Sipkina E.I. Polimernye kompozity i ih svojstva. // Izvestija vuzov. prikladnaja himija i biotehnologija. - 2022. – T. 12. – No. 2. – S. 192-207. DOI 10.21285/2227-2925-2022-12-2-192-207. [in Russian]

68. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. –5th ed. – Hoboken : John Wiley & Sons, Inc., 2000. DOI 10.1002/0471238961

69. Czakaj J., et al. Mechanical and Thermal Properties of Polypropylene, Polyoxymethylene and Polymethyl methacrylate Modified with Adhesive Resins // Journal of Composites Science. -2024. -Vol. 8(10). – P. 384–392. DOI 10.3390/jcs8100384

70. Alsabri A., Tahir F., Al-Ghamdi S.G. Environmental impacts of polypropylene (PP) production and prospects of its recycling in the GCC region // Materials Today: Proceedings. – 2022. – Vol. 56. – P. 2245–2251. DOI 10.1016/j.matpr.2021.11.574

71. Uyor U.O., et al. A review of recent advances on the properties of polypropylene-carbon nanotubes composites // Journal of Thermoplastic Composite Materials. – 2023. – Vol. 36(9). – P. 3737–3770. DOI 10.1177/08927057221077868

72. Pötschke P., Mothes F., Krause B., et al. Melt-Mixed PP/MWCNT Composites: Influence of CNT Incorporation Strategy and Matrix Viscosity on Filler Dispersion and Electrical Resistivity // Polymers. – 2019. – 11(2). – P. 1-13. DOI 10.3390/polym11020189

73. Daulath Banu R., Karunanithi R., et al. Synthesis, characterization, thermal and mechanical behavior of polypropylene hybrid composites embedded with $CaCO_3$ and graphene nano-platelets for structural applications // AIMS Materials Science. – 2024. – Vol. 11(3). – P. 463–494. DOI 10.3934/matersci.2024024

74. Krasnov K.V. Razrabotka kompozitov na osnove termojelastoplastov s uluchshennymi jekspluatacionnymi svojstvami: dis. ... kand. tehn. nauk / K.V. Krasnov. -Moskva : Rossijskij himiko-tehnologicheskij universitet im. D.I. Mendeleeva. – 2023. — 110 s. [in Russian]

75. Serenko O.A., Goncharuk G.P., Nasrullaev I.N., Magomedov G.M. i dr. Vlijanie temperatury na mehanizm razrushenija kompozita polijetilen-rezina. // Vysokomolekuljarnye soedinenija. – 2003. – T.45. – No.11. – S.1900-1908. [in Russian]

76. Meng Ye, Mauro Pasta, Xing Xie. Charge-Free Mixing Entropy Battery Enabled by Low-Cost Electrode

Materials // ACS Omega. – 2024. – Vol. 4(7). – P. 11785-11790. DOI 10.1021/acsomega.9b00863

77. Zhong Hu, Haiping Hong. Review on Material Performance of Carbon Nanotube-Modified Polymeric Nanocomposites // Recent Progress in Materials. – 2023, 5(3). P. 1-43. DOI 10.21926/rpm.2303031

78. Koca A, Ureyen M, Yuksel G. Effects of Carbon Nanotube-Phosphorus Based Flame Retardant Combinations on Flammability of Polypropylene // International Periodical of Recent Technologies in Applied Engineering. – 2019. – P. 19-24. DOI 10.35333/porta.2019.21

79. Hisham A. Maddah. Polypropylene as a Promising Plastic: A Review // American Journal of Polymer Science. – 2016. – Vol. 6(1). – P. 1-11. DOI 10.5923/j.ajps.20160601.01

80. Changbo Zhang, Yongfang Jiang, Sh enghua Li, et al. Recent trends of phosphorus-containing flame retardants modified polypropylene composites processing // Heliyon. – 2022. – Vol. 8. – P. 102–115. DOI 10.1016/j.heliyon.2022.e11225

81. Rogovina S.Z., Prut Je.V. Berlin A.A. Kompozicionnye materialy na osnove sinteticheskih polimerov, armirovannyh voloknami prirodnogo proishozhdenija// Vysokomolekuljarnye soedinenija, – 2019. – T. 61. – No. 4. – S. 291-315. DOI 10.1134/S2308112019040084. [in Russian]

82. Tanjung F., Kuswardani R., Karim A. Characterization of mechanical and thermal properties of esterified lignin modified polypropylene composites filled with chitosan fibers // Polymers and Polymer Composites. – 2022. – Vol. 30. DOI 10.1177/09673911221082482

83. Salmah H., Faisal A., Kamarudin H. Chemical Modification of Chitosan–Filled Polypropylene (PP) Composites: The Effect of 3-aminopropyltriethoxysilane on Mechanical and Thermal Properties // International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials. – 2011. – Vol. 60(7). – P. 429-440. DOI 10.1080/00914037.2010.531812

84. Nazrun T. Application of biopolymers as sustainable cladding materials: a review / T. Nazrun, Md K. Hassan, Md D. Hossain, B. Ahmed, Md R. Hasnat, S. Saha // Sustainability. – 2024. - Vol. 16. DOI 10.3390/su16010027

85. Alam M.I., Maraz K.M., Khan R.A. A review on the application of high-performance fiber–reinforced polymer composite materials // GSC Advanced Research and Reviews. – 2022. – Vol. 10(2). – P. 20–36. DOI 10.30574/gscarr.2022.10.2.0036

86. Kakhramanov N., Allahverdiyeva K., Gahramanli Y., Martynova G. Physical–mechanical properties of multifunctional thermoplastic elastomers based on polyolefins and styrene-butadiene elastomer // Journal of Elastomers & Plastics.– 2022. – Vol. 55, Issue 2. – P. 279-302. DOI 10.1177/00952443221147030

87. Mărieș GRE, Abrudan A.M.. Thermoplastic polymers in product design // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2018. – Vol. 393: 012118. DOI 10.1088/1757-899X/393/1/012118

88. Alshammari B.A., Alsuhybani M.S., Almushaikeh A.M., et al. Comprehensive Review of the Properties and Modifications of Carbon Fiber–Reinforced Thermoplastic Composites // Polymers. – 2023. – Vol. 13(15): 2474. DOI 10.3390/polym13152474

89. Shirvanimoghaddam, K. Balancing the toughness and strength in polypropylene composites / K. Shirvanimoghaddam, K. V. Balaji, R. Yadav, O. Zabihi, M. Ahmadi, P. Adetunji, M. Naebe // Composites. Part B, Engineering. – 2021. – Vol. 223: 109121. DOI 10.1016/j.compositesb.2021.109121

90. Varga L.J., Baranyi T. Development of recyclable, lightweight polypropylene–based single polymer composites with amorphous poly–α–olefin matrices // Composites Science and Technology. – 2021. – Vol. 201:108535. DOI 10.1016/j.compscitech.2020.108535

91. Zhao W. Flame retardant treatments for polypropylene: strategies and recent advances / W. Zhao, C. K. Kundu, Z. Li, X. Li, Z. Zhang // Composites. Part A, Applied Science and Manufacturing. – 2021. –

Vol. 145: 106382. DOI 10.1016/j.compositesa.2021.106382

92. Mojtaba Ajorloo, Maryam Ghodrat, Won-Hee Kang. Incorporation of Recycled Polypropylene and Fly Ash in Polypropylene-Based Composites for Automotive Applications // Journal of Polymers and the Environment. – 2021. – Vol. 29. – P. 1298–1309. DOI 10.1007/s10924-020-01961-y

93. Khan T, M.S. Irfan, M. Ali, Y. Dong, S. Ramakrishna, R. Umer. Insights into Low Electrical Percolation Thresholds of Carbon-Based Polymer Nanocomposites // Carbon. – 2021. – Vol. 176. – P. 602-631. DOI 10.1016/j.carbon.2021.01.158

94. Umarov Sh.Sh., Kasimov Sh.A., Dzhalilov A.T. Napolnitel" dlja poluchenija polimera na osnove metalloorganicheskih soedinenij // Universum: tehnicheskie nauki: jelektron. nauchn. zhurn. – 2022. – No. 5(98). DOI 10.32743/UniTech.2022.98.5.13636. [in Russian]

95. M.V. Bazunova, A.V. Smirnov, A.R. Sadritdinov. Poluchenie i Svojstva Polimernyh Kompozitov na Osnove Polipropilena i Oksida Aljuminija // Vestnik Bashkirskogo Universiteta. – 2021. – T. 26. – No.1. – S. 79–83. DOI 10.33184/bulletin-bsu-2021.1.13. [in Russian]

96. Grinysa A., Sivilevicˇiusb H., Pupeikisa D., Ivanauskasc E. Fracture of concrete containing crumb rubber. // Journal of Civil Engineering and Management. – 2013. – Vol. 19(3). – P.447-455 DOI 10.3846/13923730.2013.782335

97. Belal Aleemou, M.H. Yaacob, Lim H.N, Mohd Rosadi Hassan. Review of Electrical Properties of Graphene Conductive Composites // International Journal of Nanoelectronics and Materials. – 2018. – Vol. 11(4). – P. 371–398

98. Laura D.M., Keskkula H. Effects of rubber particle size and rubber type on the mechanical properties of glass fiber reinforced, rubber-toughehed nylon 6 // Polymer. – 2000. – Vol. 41(19). –P. 7165-7174. DOI 10.1016/S0032-3861(00)00049-5

99. Abdukarimova S.A., Bozorova N.H., Turaev Je.R. Uluchshenie fiziko-mehanicheskih svojstv polipropilena s pomoshh' ju steklovolokna // Universum: tehnicheskie nauki: jelektron. nauchn. zhurn. – 2021. – No. 6(87).

100. Ingole S. B. Enhancing mechanical and thermal properties of polymer matrix nanocomposites through tailored nanomaterial architectures / S. B. Ingole, P. Sharma, R. Verma, S. Chowdhury, P. P. Patil, S. P. Dwivedi, A. K. Khan // E3S Web of Conferences : proc. of the Int. Conf. "Advanced Materials for Green Chemistry and Sustainable Environment" (AMGSE-2024). – 2024. – Vol. 511: 01016. DOI 10.1051/e3sconf/202451101016

Information about the authors

Tolymbekova L. – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Chemistry, Faculty of Natural Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: tolymbekova_lb@enu.kz;

Kolpek A. – Candidate of Chemistry Sciences, Associate Professor, Department of Chemistry, Faculty of Natural Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: aynagulk@mail.ru;

Kopishev E. – Candidate of Chemistry Sciences, Department of Chemistry, Faculty of Natural Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: kopishev_eye@enu.kz;

Tursynova A. – Candidate of Chemical Sciences, acting associate professor, Department of Chemistry, Faculty of Natural Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: tursynova_ak@enu.kz;

Seitenova G.– Candidate of Chemistry Sciences, Associate Professor, Department of Chemistry, Faculty of Natural Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: seitenova_gzh@enu.kz.

Сведения об авторах

Толымбекова Л.Б. – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Химия», факультет естественных наук, Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: tolymbekova_lb@enu.kz;

Колпек А. – кандидат химических наук, доцент кафедра «Химия», факультет естественных наук, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: aynagulk@mail.ru;

Копишев Э.Е. – кандидат химических наук, кафедра «Химия», факультет естественных наук, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mai: lkopishev_eye@enu.kz;

Турсынова А.К. – кандидат химических наук, и.о доцента кафедры «Химия», факультет естественных наук, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: tursynova_ak@enu.kz;

Сейтенова Г.Ж. – кандидат химических наук, доцент, кафедра «Химия», факультет естественных наук, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: seitenova_gzh@enu.kz.

IRSTI 61.31.57 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-908**

HYDROGEN STORAGE IN POROUS CARBON MATERIALS OBTAINED BASED ON KAZAKHSTAN COALS

[1,2]M.K. Kazankapova✉, [1,2]B.T.Yermagambet, [1,2]Zh.M. Kassenova, [1,2]A.B. Malgazhdarova, [1,3]Zh.T. Dauletzhanova, [1,2]U.M. Kozhamuratova, [1,2]G. K.Mendaliyev, [1]A.S. Akshekina

[1]«Institute of Coal Chemistry and Technology» LLP, Astana, Kazakhstan,
[2]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
[3]Kazakh university of technology and business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan
✉Корреспондент-автор: maira_1986@mail.ru, coaltech@bk.ru

The study is devoted to the investigation of hydrogen sorption properties of activated carbon adsorbents made of coals from the Kazakhstan deposits ”Shubarkol” and ”Shoptykol”. To activate the samples, KOH treatment in a ratio of 1:0.5 was used, followed by thermal activation at a temperature of 900 °C. The specific surface area of the samples was determined using the BET method, and their ability to absorb hydrogen at different temperature conditions was assessed. The study showed that the largest specific surface area (926.67 m^2/g) and maximum hydrogen sorption capacity (1.48 wt.%) at a temperature of 77 K are demonstrated by the powdered adsorbent ”Shoptykol;KOH” (ratio 1:0.5, treatment temperature 900 °C). Adsorption-desorption isotherms of these materials classify them as type I and type II, which indicates the mesoporous structure of extruded adsorbents and the more developed microporous texture of powder analogs. Temperature studies have revealed that lowering the temperature increases both the specific surface area and the adsorption capacity for hydrogen, reaching a peak of sorption at cryogenic temperatures. In this regard, powdered ”Shoptykol:KOH” (1:0.5, 900°C) is recognized as the optimal material for storing hydrogen due to its high specific surface area, developed microporous structure and exceptional ability to absorb hydrogen.

Key words: coal, adsorbent, porosity, carbonization, adsorption, hydrogen.

ҚАЗАҚСТАН КӨМІРЛЕРІНЕН АЛЫНҒАН КЕУЕКТІ КӨМІРТЕКТІ МАТЕРИАЛДАРДА СУТЕКТІ САҚТАУ

[1,2]М.Қ. Қазанқапова✉, [1,2]Б.Т.Ермағамбет, [1,2]Ж.М. Касенова, [1,2]А.Б. Малғаждарова, [1,3]Ж.Т. Даулетжанова, [1,2]Ұ.М. Қожамұратова, [1,2]Г.К. Мендалиев, [1]Ә.С. Акшекина

[1]«Көмір химиясы және технология институты» ЖШС, Астана, Қазақстан,
[2]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
[3]Қ.Құлажанов атындағы қазақ технология және бизнес университеті, Astana, Kazakhstan,
e-mail: coaltech@bk.ru, maira_1986@mail.ru

Зерттеу Қазақстанның «Шұбаркөл» және «Шоптыкөл» кен орындарының көмірлерінен алынған белсендірілген көмір адсорбенттерінің сутегіні сорбциялау қасиеттерін зерттеуге арналған. Үлгілерді белсендіру үшін 1:0,5 қатынасында KOH-мен өңдеу, содан кейін 900 °C температурада термиялық белсендіру қолданылды. Үлгілердің меншікті бетінің ауданы БЭТ әдісімен анықталды және олардың сутегін сіңіру қабілеті әртүрлі температура жағдайында бағаланды. Зерттеу көрсеткендей, ең үлкен меншікті бетінің ауданы (926,67 $м^2/г$) және сутегінің максималды сорбциялық қабілеті (1,48 мас.%) 77 К температурада «Шоптыкөл:KOH» ұнтақ адсорбентімен (қатынасы 1:0,5, өңдеу температурасы 900 °C) көрсетілген. Бұл материалдардың адсорбциялық-десорбциялық изотермалары экструдталған адсорбенттердің мезокеуекті құрылымын және ұнтақ аналогтарының неғұрлым дамыған микрокеуекті құрылымын көрсете отырып, оларды I және II типке жатқызылды. Температуралық зерттеулер температураны төмендету меншікті бетінің ауданын да, сутегінің адсорбциялық қабілетін де арттырып, криогендік температурада сорбциялық шыңға жететінін анықтады. Осыған байланысты «Шоптыкөл:KOH» ұнтағы (1:0,5, 900°C) жоғары меншікті бетінің ауданына, дамыған

микрокеуекті құрылымына және сутекті сіңіру қабілетіне байланысты сутегін сақтау үшін оңтайлы материал болып танылды.

Түйін сөздер: көмір, адсорбент, кеуектілік, карбонизация, адсорбция, сутегі.

ХРАНЕНИЕ ВОДОРОДА В ПОРИСТЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛАХ ПОЛУЧЕННЫХ НА ОСНОВЕ УГЛЕЙ КАЗАХСТАНА

[1,2]М.Қ. Қазанқапова✉, [1,2]Б.Т.Ермағамбет, [1,2]Ж.М. Касенова, [1,2]А.Б. Малғаждарова, [1,3]Ж.Т. Даулетжанова, [1,2]Ұ.М. Қожамұратова, [1,2]Г.К. Мендалиев, [1]Ә.С. Акшекина

[1]ТОО «Институт химии угля и технологии», Астана, Казахстан,
[2]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,
[3]Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, Казахстан,
e-mail: coaltech@bk.ru, maira_1986@mail.ru

Исследование посвящено изучению водородосорбционных свойств активированных углеродных адсорбентов, изготовленных из углей Казахстанских месторождений «Шубарколь» и «Шоптыколь». Для активирования образцов использовалась обработка КОН в соотношении 1:0,5, а затем термическая активация при температуре 900 °С. Определены удельная поверхность образцов с помощью метода БЭТ, а также проведена оценка их способности поглощать водород при разных температурных режимах. Исследование показало, что наибольшую удельную поверхность (926,67 м^2/г) и максимальную водородосорбционную емкость (1,48 мас.%) при температуре 77 К демонстрирует порошкообразный адсорбент ”Шоптыколь;КОН” (соотношение 1:0,5, температура обработки 900 °С). Изотермы адсорбции-десорбции этих материалов классифицируют их как тип I и тип II, что свидетельствует о мезопористой структуре экструдированных адсорбентов и более развитой микропористой текстуре порошкообразных аналогов. Температурные исследования выявили, что понижение температуры повышает как удельную поверхность, так и адсорбционную способность к водороду, достигая пика сорбции при криогенных температурах. В связи с этим, оптимальным материалом для хранения водорода признан порошкообразный ”Шоптыкол:КОН” (1:0,5, 900°С) благодаря его высокой удельной поверхности, развитой микропористой структуре и исключительной способности поглощать водород.

Ключевые слова: уголь, адсорбент, пористость, карбонизация, адсорбция, водород.

Introduction. Future energy security is under threat due to the depletion of fossil fuel resources and the environmental impact associated with their use. To address these challenges, significant efforts have been made to develop efficient renewable energy systems, including geothermal, wind, solar, biomass, and hydrogen energy. Among these alternatives, hydrogen has garnered considerable attention as a potential replacement for fossil fuels, offering both high energy efficiency and environmental sustainability. This is attributed to its high gravimetric energy density and the production of only environmentally benign byproducts [1].

Hydrogen (H_2) is the most abundant element in the universe and the lightest, with a high energy content of 142 MJ/kg (higher heating value), making it a sustainable and non-toxic energy carrier. The chemical energy of hydrogen is nearly three times higher than that of other chemical fuels on a gravimetric basis [2,3]. However, in terms of volumetric energy density, hydrogen is significantly lower compared to gasoline and other hydrocarbon fuels. For instance, the average energy density of liquid hydrocarbons is approximately 43 MJ/kg on a gravimetric basis. Specifically, gasoline has an energy density of 31.7 MJ/l, whereas compressed hydrogen (at 70 MPa) possesses only 4.7 MJ/l, which is nearly one-sixth of that of gasoline [4-6].

Although various methods for hydrogen storage exist, meeting the requirements related to efficiency, size, capacity, safety, and cost in transportation remains challenging. Generally, hydrogen is stored

using one of four primary methods: high-pressure compression, liquefaction in a cryogenic tank, solid-state storage in metal hydrides, and adsorption in porous materials [7,8]. While compression and liquefaction have traditionally been the most common approaches, the storage of hydrogen molecules in porous materials has been considered an attractive alternative due to its rapid reaction kinetics, high adsorption capacity, and enhanced safety compared to compressed gas storage.

Moreover, hydrogen liquefaction presents several challenges, including high energy consumption and explosion risks, as it requires extremely low temperatures. In the case of chemical storage using metal hydrides, practical application is hindered by several factors, such as hysteresis effects between adsorption and desorption reactions, high reaction enthalpy, and the low thermal conductivity of metal hydrides, all of which negatively impact overall efficiency [9].

Among various hydrogen storage materials, carbon-based porous materials, particularly porous carbon adsorbents, have attracted significant attention as promising candidates due to their large pore volume, high surface area, tunable textural properties, low gas-solid interaction, and excellent chemical and thermal stability [10]. Hydrogen storage via physisorption on carbon materials does not require high pressures but necessitates cryogenic temperatures. This method exhibits rapid kinetics with a fully reversible adsorption-desorption process, offering relatively higher hydrogen storage capacities.

Porous carbon materials are of great importance due to their wide-ranging applications, including industrial adsorption in air and water purification, pollutant removal, gas separation, templating components, electrode materials, catalyst supports, chromatographic columns, and gas capture and storage. Activated carbon adsorbents have been widely utilized for centuries in various applications due to their low cost and high adsorption capacity. Variants of activated carbon with enhanced properties can be synthesized through chemical activation [11]. Structurally, activated carbon primarily consists of curved aromatic sheets with a locally variable slit-shaped microporous structure, which is formed as a result of activation processes [12].

Materials and methods. There are various methods for producing carbon materials, including preparation and modification of the initial carbon, carbonization and subsequent activation with a gas or chemical reagent. One of the promising methods for producing porous carbon materials from carbon-containing raw materials is the use of alkaline activators in heat treatment processes. The increase in the KOH potential is due to the large ionic radius of potassium (0.267 nm) compared to sodium (0.190 nm).

The activation medium (N_2, CO_2 or H_2O) also affects the structural properties of activated carbon. Nitrogen has been found to be a good alternative as an activation medium compared to CO_2 and water vapor. When the mixture is heated, the alkali melts (the melting points of NaOH and KOH under standard conditions are 318°C and 360°C, respectively). Among a large number of accompanying reactions, the main reaction can be written as:

$$6MOH + 2C \rightarrow 2M + 2H_2 + 2M_2CO_3$$

Here M is Na or K.

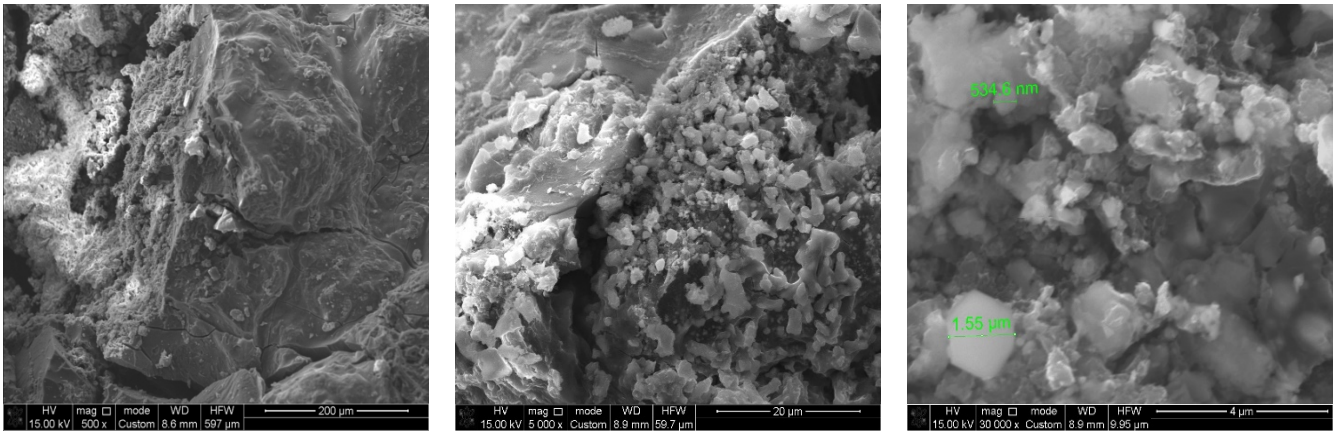
With increasing alkali-to-carbon mass ratio, heating temperature and holding time, the porosity of the carbon increases and the specific surface area of the resulting carbon increases. Potassium formed during activation with KOH is incorporated between the graphene layers of the carbon crystallite. This bond becomes more pronounced in the case of highly ordered carbon materials. The formation of alkali metal carbonates and their subsequent decomposition at high temperatures (> 800 °C) with the release of CO and CO_2 is a common feature of KOH activation.

It is known that as a result of atmospheric action in reservoir conditions, the organic mass of coal acquires a new set of various oxygen-containing groups, the presence of such functional groups determines the high reactivity of coal with respect

to the activator. (for example, KOH), which has a positive effect on the process of chemical activation in this process. The aim of the work is to study the method for obtaining carbon sorbents from oxidized coal ”Shoptykol” of the Maikoben basin and coal ”Shubarkol” with a developed structure and high adsorption characteristics, as well as the use of the obtained adsorbents for hydrogen storage.

Chemical analysis and surface morphology were studied by energy-dispersive X-ray spectroscopy using a SEM (Quanta 3D 200i) with an EDAX energy-dispersive analysis attachment. Specific surface area analysis was performed using a 3Flex 3500 high-performance adsorption analyzer (Micromeritics, USA) with a standard SmartVacprep programmable degasser.

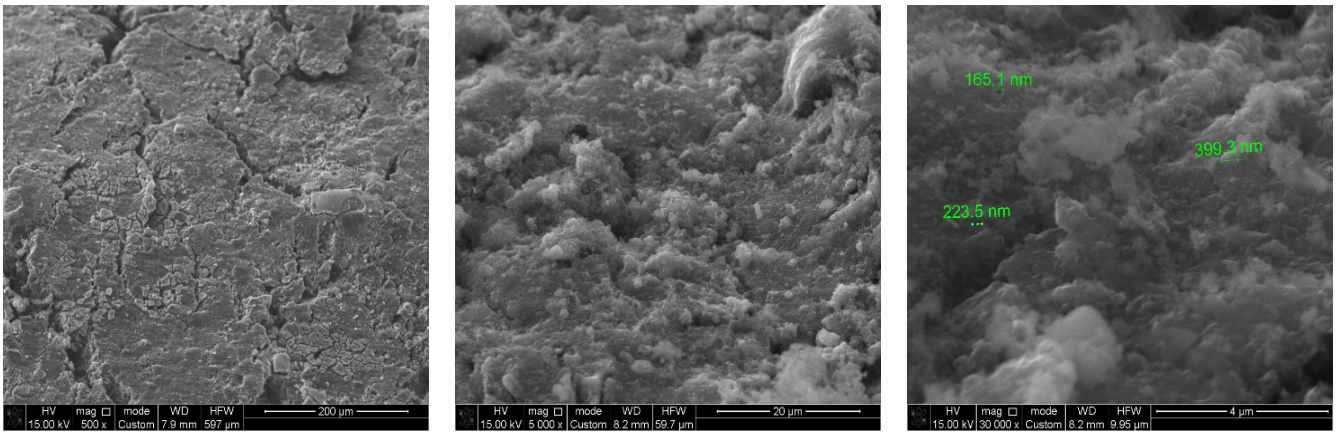
Results and discussion. The morphology of the obtained adsorbents was investigated at various scales using scanning electron microscopy (SEM). Figures 1 and 2 present the SEM analysis results for the powdered activated adsorbent ”Shubarkol-KOH” (1:0.5, 900°C) and the extruded activated adsorbent ”Shubarkol-KOH” (1:0.5, 900°C).



a **b** **c**

Fig.1 - SEM results for the powdered activated adsorbent ”Shubarkol-KOH” (1:0.5, 900°C):

a-x500; b-x5000; c-x30000



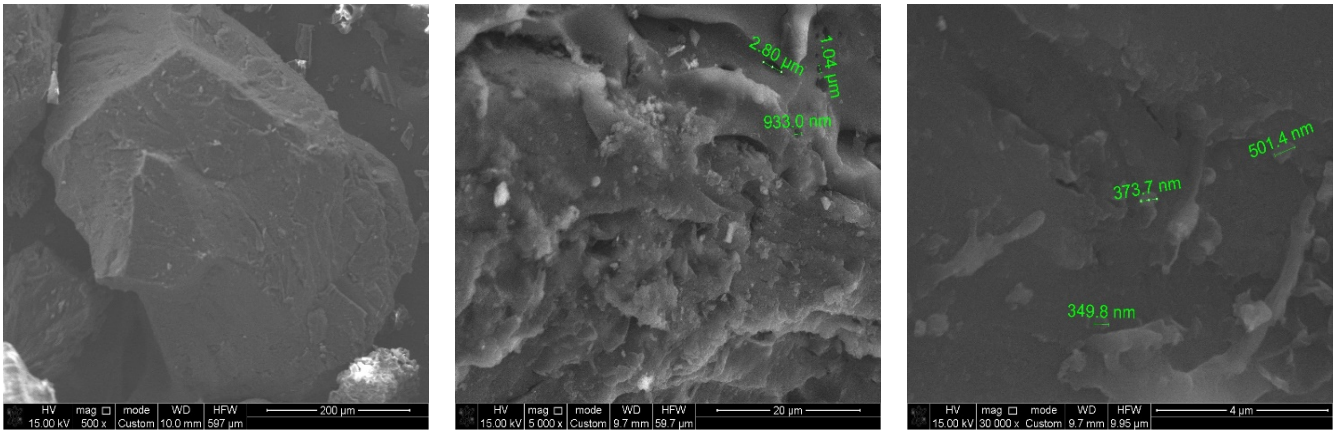
a **b** **c**

Fig.2 - SEM results for the extruded activated adsorbent ”Shubarkol-KOH” (1:0.5, 900°C):

a-x500; b-x5000; c-x30000

The morphological analysis of the obtained adsorbents revealed that the particle sizes of the surface of the adsorbents ranged from 534.6 nm to 1.55 μm for the powdered activated adsorbent ”Shubarkol-KOH” (1:0.5, 900°C), and from 165.1 nm to 399.3 nm for the extruded activated adsorbent ”Shubarkol-KOH” (1:0.5, 900°C), exhibiting a heterogeneous structure.

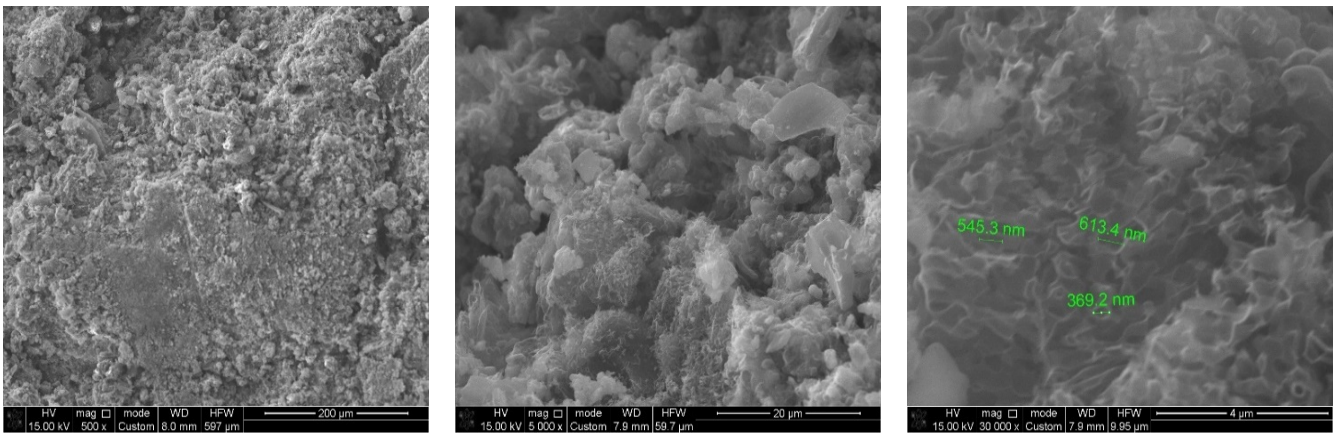
Figures 3 and 4 present the SEM analysis results for the powdered activated adsorbent ”Shoptykol-KOH” (1:0.5, 900°C) and the extruded activated adsorbent ”Shoptykol-KOH” (1:0.5, 900°C).



a **b** **c**

Fig.3 - SEM results for the powdered activated adsorbent ”Shoptykol-KOH” (1:0.5, 900°C):

a-x500; b-x5000; c-x30000



a **b** **c**

Fig.4 - SEM results for the extruded activated adsorbent ”Shoptykol-KOH” (1:0.5, 900°C):

a-x500; b-x5000; c-x30000

The morphological analysis of the obtained adsorbents revealed that the particle sizes of the surface of the adsorbents ranged from 349.8 nm to 501.4 nm for the powdered activated adsorbent ”Shoptykol-KOH” (1:0.5, 900°C), and from 369.2 nm to 613.4 nm for the extruded activated adsorbent ”Shoptykol-KOH” (1:0.5, 900°C), both exhibiting a heterogeneous structure.

The results of the elemental composition and physicochemical characteristics of the samples are presented in Tables 1 and 2.

Table 1 - Results of the elemental analysis of the samples

Name	Elemental content, mass %									
	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe
”Shubarkol-KOH” (1:0.5, 900°C) the powdered activated adsorbent	71.15	11.78	1.94	0.49	9.57	0.19	0.11	1.33	1.12	2.31
”Shubarkol-KOH” (1:0.5, 900°C) extruded activated adsorbent	89.61	8.11	0.08	0.04	0.44	0.96	0.01	0.48	0.10	0.17
”Shoptykol-KOH” (1:0.5, 900°C) the powdered activated adsorbent	88.19	7.60	0.15	0.40	0.11	0.15	0.24	0.73	1.65	0.77
”Shoptykol-KOH” (1:0.5, 900°C) extruded activated adsorbent	78.87	10.79	0.08	0.13	1.87	3.16	0.17	3.25	0.97	0.70

At elevated temperatures, potassium hydroxide reacts with carbon, leading to the formation of gaseous carbon oxides. This reaction promotes the development of a porous structure within the carbon material and increases its surface area. Additionally, the reduction of metal ions intercalated between carbon layers to their metallic state is observed. Subsequent treatment with water further contributes to the formation of pores. It is also important to note that during the activation process with potassium hydroxide, inorganic components, particularly silicon, form water-soluble potassium silicates. This results in a reduction of ash content following activation and washing.

Elemental analysis indicates that the relatively highest carbon content was observed in the extruded activated adsorbent ”Shubarkol-KOH” (1:0.5, 900°C) and the powdered activated adsorbent ”Shoptykol-KOH” (1:0.5, 900°C).

Table 2 - Characteristics of adsorbents obtained from coal from the ”Shubarkol” and ”Shoptykol” deposits

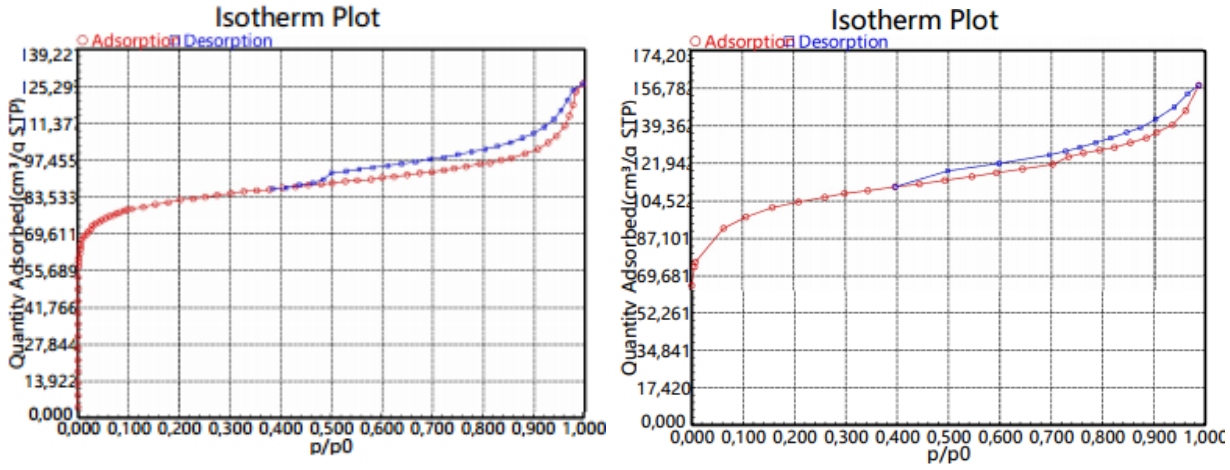
Name of activated adsorbent	W_t^r,%	A^r,%	V^d, %	$V_{\sum (water)}$, cm^3/g	ρ_{bulk}, g/cm^3	$pH_{aqueous\ extract}$	$A_{m.o.}$, mg/g	$A_{m.b.}$, mg/g	A_{iodine}, %
”Shubarkol-KOH” (1:0.5, 900°C) the powdered activated adsorbent	25.14	8.65	52.95	0.54	0.51	7.01	30.1	44.4	34.54
”Shubarkol-KOH” (1:0.5, 900°C) extruded activated adsorbent	10.83	21.44	62.61	0.56	0.62	7.37	52.0	89.8	31.42
”Shoptykol-KOH” (1:0.5, 900°C) the powdered activated adsorbent	8.66	20.45	54.09	0.61	0.48	7.52	24.2	45.4	38.72
”Shoptykol-KOH” (1:0.5, 900°C) extruded activated adsorbent	16.81	45.41	138.75	0.72	0.54	7.25	68.5	87.5	30.86

In terms of methyl orange adsorption, the Shoptykol-KOH extruded adsorbent demonstrated the highest capacity (68.5 mg/g). For methylene blue, the best performance was observed for the Shubarkol-KOH extruded adsorbent (89.8 mg/g), indicating its high sorption capacity for large

molecular weight dyes. Regarding iodine adsorption, the highest capacity was found in the Shoptykol-KOH powdered adsorbent (38.72 mg/g), suggesting a well-developed microporous structure.

Table 3- Specific surface area values of pores of adsorbents obtained from coal from the "Shubarkol" and "Shoptykol" deposits

Name of activated adsorbent	BET Surface Area, m^2/a	Cumulative adsorption surface area (BJH) for pores with a width from 17,000 Å to 3,000,000 Å, m^2/g	BJH adsorption cumulative pore volume for pores with a width from 17,000 Å to 3,000,000 Å, cm^3/g	BJH adsorption average pore width (4V/A), Å
"Shubarkol-KOH" (1:0.5, 900°C) the powdered activated adsorbent	507.2986	59.4994	0.12044	80.972
"Shubarkol-KOH" (1:0.5, 900°C) extruded activated adsorbent	316.8146	62.64589	0.09226	21.372
"Shoptykol-KOH" (1:0.5, 900°C) the powdered activated adsorbent	926.6728	130.0567	0.13067	40.191
"Shoptykol-KOH" (1:0.5, 900°C) extruded activated adsorbent	381.3587	123.41338	0.14172	21.459



a b

Fig.5 – BET isotherm of the specific surface area of the extruded activated adsorbent (a – "Shubarkol-KOH" 1:0.5, 900°C, b – "Shoptykol-KOH" 1:0.5, 900°C)

Extruded adsorbents generally exhibited higher efficiency in removing organic dyes, particularly methylene blue. Shoptykol-based adsorbents showed superior adsorption of iodine, indicating a more developed microporous structure. The choice of adsorbent should depend on the target application: Shubarkol-KOH (extruded) is more effective for dye removal, while Shoptykol-KOH (powdered) is better suited for the adsorption of small molecules such as iodine.

Figure 5 shows the BET isotherm of the specific surface area of the extruded activated adsorbents "Shubarkol-KOH" (1:0.5, 900°C) and "Shoptykol-KOH" (1:0.5, 900°C).

Figure 6 shows the types of adsorption-desorption isotherms.

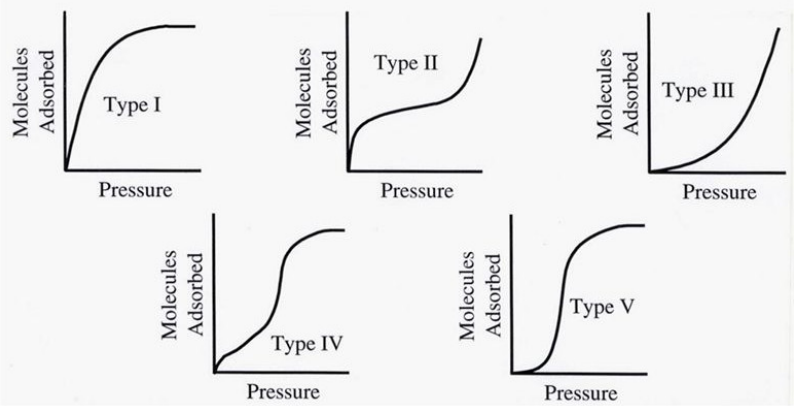


Fig.6 - Types of adsorption-desorption isotherms

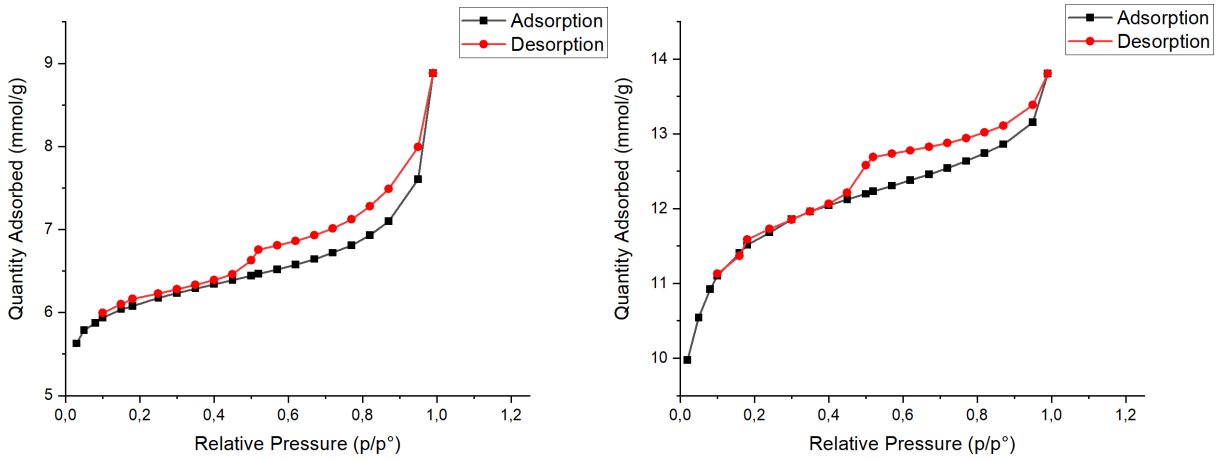


Fig.7 – BET isotherm of the specific surface area of the powdered activated adsorbent (a – "Shubarkol-KOH" 1:0.5, 900°C, b – "Shoptykol-KOH" 1:0.5, 900°C)

The types of adsorption-desorption isotherms of the obtained adsorbents were determined, and conclusions were drawn. The adsorption-desorption isotherms of the mesopores of the "Shubarkol-KOH" (1:0.5, 900°C) extruded activated adsorbent and the "Shoptykol-KOH" (1:0.5, 900°C) extruded activated adsorbent correspond to Type I and Type II isotherms.

Type I – "Langmuir-type" isotherm is characterized by the cessation of adsorption growth

at low and medium relative pressures. This type of isotherm occurs in two cases:

During monomolecular adsorption on macroporous adsorbents, where strong adsorbate-adsorbent interactions are observed.

During adsorption in microporous adsorbents. Unlike the first case, in the presence of micropores, a sharp increase is observed at low relative pressure values ($p/p_s < 0.1$), which is due to the high adsorption potential. Additionally, the specific surface area of microporous samples significantly exceeds that of macroporous or non-porous materials.

Type II – ”S-shaped” isotherm indicates the formation of polymolecular adsorption. Typically, this form of isotherm is characteristic of dispersed macroporous and non-porous materials.

The obtained isotherms of the samples belong to type I - a microporous material; there is also a type IV hysteresis loop, also characteristic of a microporous material with slot-like pores, characteristic of the layered structure of coals.

Among the powdered activated adsorbents, ”Shoptykol-KOH” (1:0.5, 900°C) exhibits the highest BET surface area (926.67 m^2/g), significantly higher than ”Shubarkol-KOH” (507.30 m^2/g). Among the extruded activated adsorbents, ”Shoptykol-KOH” (381.36 m^2/g) again outperforms ”Shubarkol-KOH” (316.81 m^2/g) in terms of specific surface area. In both cases, the powdered form of the adsorbents shows a higher surface area than the extruded form, indicating that pelletization may lead to some loss of porosity.

”Shoptykol-KOH” (1:0.5, 900°C) powdered activated adsorbent demonstrates the highest BET surface area (926.67 m^2/g), which is a critical factor for gas adsorption. The hydrogen storage capacity of this adsorbent is 77% with a K-value of 1.48, indicating strong potential for hydrogen adsorption. A higher surface area typically correlates with improved hydrogen uptake due to enhanced microporosity and available adsorption sites.

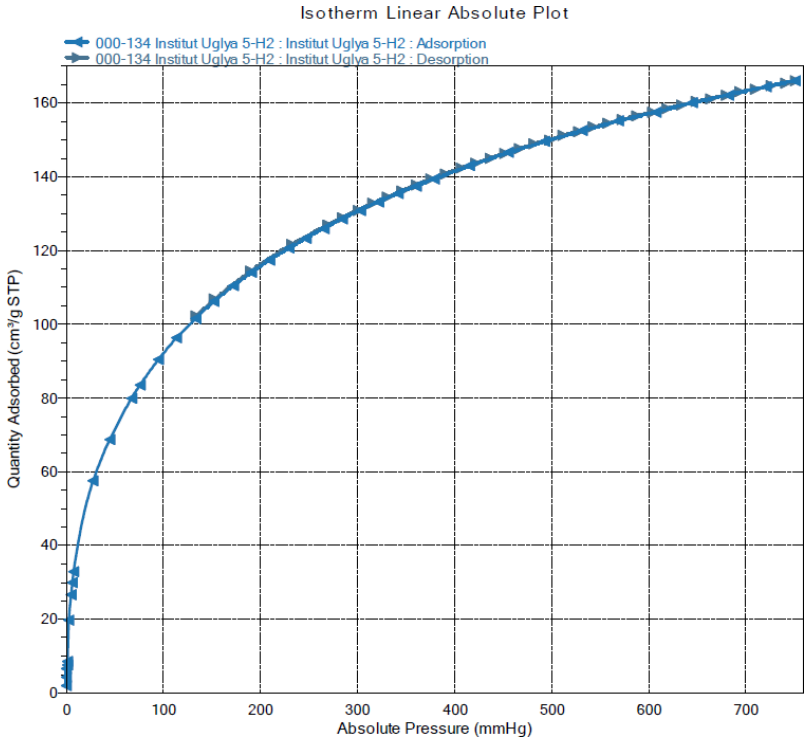


Fig.8 - Adsorption curve of the powdered activated adsorbent ”Shoptykol:KOH” 1:0.5, 900ºC (H_2)

Hydrogen sorption was carried out at 3 different temperatures.

Table 4 - Results of the study of hydrogen sorption with PCM

Name	S(DFT) specific, m^2/g	Mass H2, % 77 K	Mass H2, % 273 K	Mass H2, % 298 K	Heat of adsorption of H2, kJ/mol
Shoptykol: KOH = 1:0.5	1184,29	1,48	0.021	0.0084	17,31

For the case of 77 K, it is also possible to determine the specific surface area and pore distribution using DFT methods for carbon materials. Unfortunately, the method has not been developed for other temperatures and heterogeneous surfaces which these samples belong to. As logically follows, an increase in temperature significantly reduces the sorption of hydrogen. From the capacitance values obtained at 3 different temperatures, the heat of adsorption of hydrogen molecules can be determined.

A comparison table comparing the specific surface area $S_{(BET)}$ for N_2, CO_2 and H_2 is presented in Table 5.

Table 5 - Comparative table comparing the specific surface area $S_{(BET)}$ for N_2, CO_2 and H_2

Temperature, K	S(BET), m^2/g (based on N2)	Equivalent surface area (S), m^2/g (based on CO2)		Specific surface S(DFT), m^2/g (according to H2)	Amount of adsorbed H2 gas		Heat of adsorption of H2, kJ/mol
		Dubinin-Radushkevich	Dubinin-Astakhov		%	mg/g	
Powdered activated adsorbent Shoptykol:KOH (1:0.5) 900^0C							
77	926,6728	706,124	1605,444	1184,29	1,48	14,8203	17,31
273,15	-	-	-	-	0,021	0,21024	-
298	-	-	-	-	0,0083	0,08570	-

Due to the smaller radius and transverse radius of the hydrogen molecule, the specific surface area and porosity values will be higher compared to nitrogen sorption. Classical BET methods in the case of H_2 will be incorrect, since the saturation pressure value was used as a constant (760 Torr) to calculate the pore distribution, the theoretical model of hydrogen sorption DFT HS H_2 Carbon heterogeneous, taking into account the heterogeneity of the carbon surface. For most samples, this model showed good agreement; the nitrogen limitation to fill pores with a radius of less than 0.35 nm was also taken into account. To calculate the heat of adsorption in the case of hydrogen, the affinity coefficient parameter was considered equal to 0.165 according to [13], for nitrogen β=0.33.

The change in specific surface area using the (BET) method for hydrogen (%) and the amount of adsorbed hydrogen versus temperature for activated adsorbents are presented below in Figure 9,10.

The data indicate that low temperatures (-200°C) are optimal for maximizing both specific surface area and hydrogen adsorption capacity.

As the temperature increases, the surface area reduces, leading to a significant decline in hydrogen adsorption efficiency.

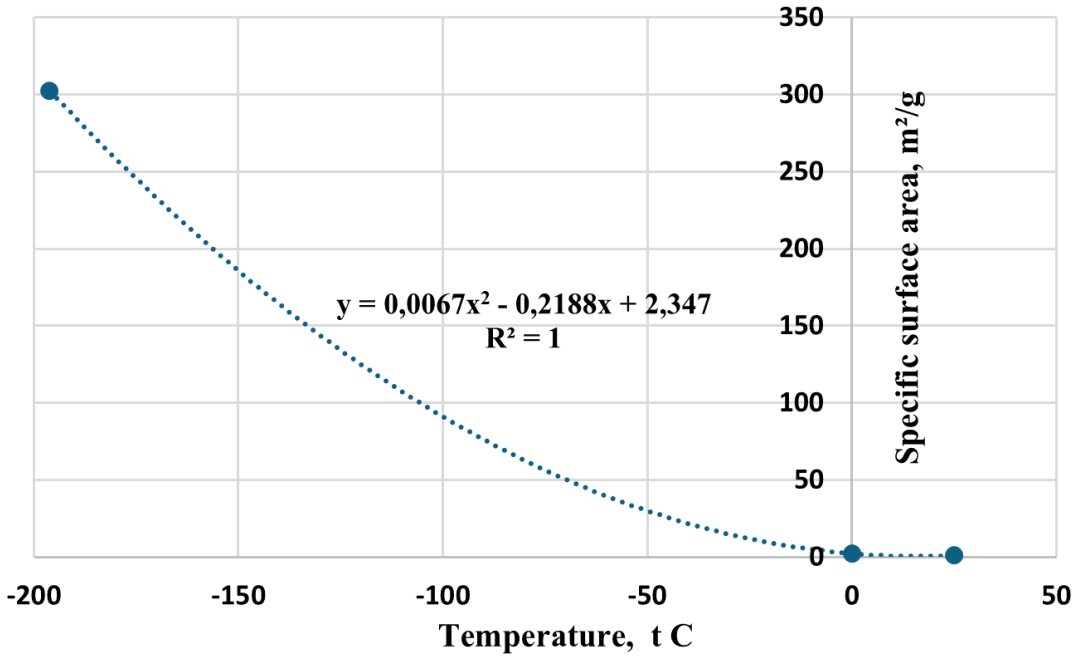


Fig.9 - Change in specific surface area using the (BET) method for hydrogen (%) from the temperature of the powdered activated adsorbent "Shoptykol: KOH" (1:0.5) at 900ºC

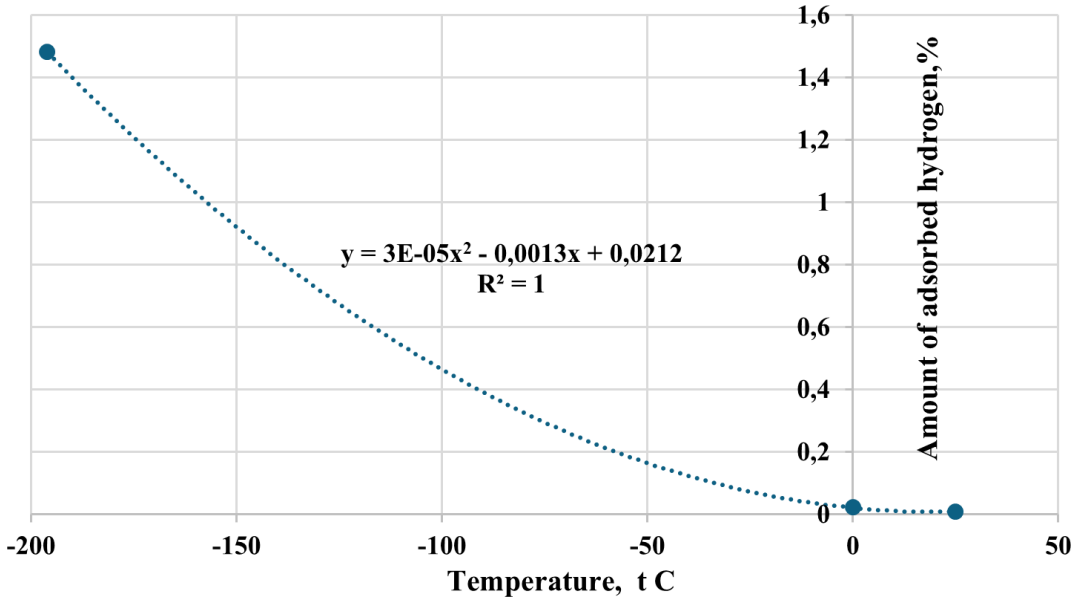


Fig.10 - Change in the amount of adsorbed hydrogen as a function of temperature for the powdered activated adsorbent "Shoptykol: KOH" (1:0.5) at 900ºC

Conclusion. This study comprehensively investigated the hydrogen sorption properties of activated carbon adsorbents derived from coals from the Kazakhstan deposits "Shubarkol" and "Shoptykol." The research focused on the effect of activation conditions, material structure, and surface

characteristics on hydrogen adsorption efficiency. The findings demonstrate that the activation process using KOH in a 1:0.5 ratio, followed by thermal treatment at 900°C, significantly enhances the porous structure of the resulting carbon materials, increasing their specific surface area and adsorption capacity.

Among the obtained adsorbents, the powdered ”Shoptykol-KOH” (1:0.5, 900°C) material exhibited the highest BET surface area (926.67 m^2/g) and the greatest hydrogen storage capacity (1.48 wt.% at 77 K). The results suggest that the porous carbon adsorbents prepared under these conditions possess a well-developed microporous structure, which is crucial for hydrogen adsorption through physisorption mechanisms. The adsorption-desorption isotherm analysis further classified the materials into Type I and Type II, indicating the presence of both microporous and mesoporous structures, making them suitable for various gas storage applications.

Temperature-dependent hydrogen sorption studies revealed a strong correlation between adsorption efficiency and operating temperature. Hydrogen uptake was maximized at cryogenic temperatures (77 K), confirming that low temperatures significantly enhance adsorption due to increased van der Waals interactions. However, at room temperature (298 K), the adsorption capacity dropped considerably, underscoring the challenge of efficient hydrogen storage under ambient conditions.

In summary, the powdered ”Shoptykol-KOH” (1:0.5, 900°C) adsorbent has been identified as the most promising material for hydrogen storage due to its high specific surface area, well-developed microporous structure, and superior hydrogen adsorption capacity at low temperatures. These findings contribute to the ongoing development of efficient and sustainable hydrogen storage technologies. Future studies should focus on optimizing activation conditions, exploring alternative activation agents, and functionalizing the adsorbent surface to enhance hydrogen uptake at ambient temperatures. Additionally, scaling up the production of these materials and evaluating their long-term stability in real-world hydrogen storage applications will be essential for their commercial implementation.

Funding*.This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP19577512 ”Development of scientific and technical bases for obtaining microporous carbon nanomaterials for hydrogen separation and storage”).*

References

1. Park J.H., Ramasamy P., Kim S., Kim Y.K., Ahilan V., Shanmugam S., Lee J.S. Hybrid metal—Cu2S nanostructures as efficient co-catalysts for photocatalytic hydrogen generation// Chem. Commun. -2017. - Vol.53 (22). - P.3277–3280. DOI 10.1039/C7CC00071E.

2. Moriarty, P.; Honnery, D. Hydrogen’s role in an uncertain energy future // Int. J. Hydrog. Energy. - 2009. Vol.34. -P.31 -39. DOI 10.1016/j.ijhydene.2008.10.060.

3. Schlapbach, L.; Züttel, A. Hydrogen-storage materials for mobile applications. Mater. Sustain //Energy. -2010. -P.265-270. DOI 10.1142/9789814317665_0038.

4. Dincer I. Environmental and sustainability aspects of hydrogen and fuel cell systems. Int J Energy Res. -2007. - Vol.31(1). - P.29-55. DOI 10.1002/er.1226.

5. Weinberger B, Lamari FD. High pressure cryo-storage of hydrogen by adsorption at 77K and up to 50MPa // International Journal of Hydrogen Energy. - 2009. - Vol.34(7). - P.3058-3064. DOI 10.1016/j.ijhydene.2009.01.093.

6. Hwang S.-H., Kim Y. K., Seo H.-J., Jeong S. M., Kim J., Lim S. K. The enhanced hydrogen storage capacity of carbon fibers: the effect of hollow porous structure and surface modification // Nanomaterials. - 2021. - Vol.11(7). - 1830. DOI 10.3390/nano11071830.

7. Xia Y., Yang Z., Zhu Y. Porous carbon-based materials for hydrogen storage: advancement and challenges // Journal of Materials Chemistry A. - 2013. -Vol.1 (33). - P.9365-9381. DOI 10.1039/c3ta10583k.

8. Bader N., Ouederni A. Optimization of biomass-based carbon materials for hydrogen storage // Journal of Energy Storage. - 2016. -Vol.5. - P.77-84. DOI 10.1109/IREC.2015.7110967.

9. Kopac T. Hydrogen storage characteristics of bio-based porous carbons of different origin: A comparative review // International Journal of Energy Research. - 2021. Vol.45(15). - P.20497-20523. DOI 10.1002/er.7130.

10. Minoda A., Oshima S., Iki H., Akiba E. Synthesis of KOH-activated porous carbon materials and study of hydrogen adsorption // Journal of Alloys and Compounds. - 2013. -Vol.580. - P. S301-S304. DOI 10.1016/j.jallcom.2013.02.085.

11. Zhang C., Geng Z, Cai M., et al. Microstructure regulation of super activated carbon from biomass source corncob with enhanced hydrogen uptake // International Journal of Hydrogen Energy. - 2013. - Vol.38(22). - P.9243-9250. DOI 10.1016/j.ijhydene.2013.04.163.

12. Dincer I, Acar C. Review and evaluation of hydrogen production methods for better sustainability // International Journal of Hydrogen Energy. - 2015. -Vol.40(34). - P.11094-11111. DOI 10.1016/j.ijhydene.2014.12.035.

13. Rzepka M., Lamp P., de la Casa-Lillo M. A. Physisorbption of hydrogen on Microporous Carbon and Carbon nanotubes // The Journal of Physical Chemistry. - 1998. - Vol.102 (52). - P.10894-10898. DOI 10.1021/jp9829602.

Сведения об авторах

Казанкапова М.К. — PhD, асс. профессор, чл.-корр. КазНАЕН, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией ТОО «Институт химии и технологии угля», Астана, Казахстан, e-mail: maira_1986@mail.ru

Ермагамбет Б.Т. — доктор химических наук, профессор, академик КазНАЕН, руководитель проекта, главный научный сотрудник, директор ТОО «Институт химии и технологии угля», Астана, Казахстан, e-mail: bake.yer@mail.ru

Касенова Ж.М. — кандидат химических наук, заместитель директора ТОО «Институт химии и технологии угля», Астана, Казахстан, e-mail: zhanar_k_68@mail.ru

Малғаждарова А.Б. — младший научный сотрудник ТОО «Институт химии угля и технологии», магистрант Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: malgazhdarova.ab@mail.ru

Даулетжанова Ж.Т. — доктор PhD, доцент Казахского университета технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, ведущий научный сотрудник ТОО «Институт химии угля и технологии», Астана, Казахстан, e-mail: kaliyeva_zhanna@mail.ru

Қожамұратова Ұ.М. — младший научный сотрудник ТОО «Институт химии угля и технологии», магистрант Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: kozhamuratova.u@mail.ru

Мендалиев Г.К. — младший научный сотрудник ТОО «Институт химии угля и технологии», магистрант Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: ganimen02@mail.ru

Акшекина Ә.С. — старший лаборант ТОО «Институт химии угля и технологии», магистрант Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: akshekina11@gmail.com

Information about the authors

Kazankapova M.K. — PhD in Philosophy, Associate Professor, Corresponding Member of KazNAEN, Leading Researcher, Head of Laboratory of LLP ”Institute of Coal Chemistry and Technology”, Astana, Kazakhstan, e-mail: maira_1986@mail.ru;

Yermagambet B.T. — Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of KazNAEN, Project Manager, Chief Researcher, Director of LLP ”Institute of Coal Chemistry and Technology”, Astana, Kazakhstan, e-mail: bake.yer@mail.ru;

Kassenova Zh.M. — Candidate of Chemical Sciences, Deputy Director of LLP ”Institute of Coal Chemistry and Technology”, Astana, Kazakhstan, e-mail: zhanar_k_68@mail.ru;

Malgazhdarova A.B. — Junior Researcher of LLP ”Institute of Coal Chemistry and Technology”, master student at L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: malgazhdarova.ab@mail.ru.

Dauletzhanova Zh.T. — PhD, Associate Professor at Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Leading Researcher at LLP ”Institute of Coal Chemistry and Technology”, Astana, Kazakhstan, e-mail: kaliyeva_zhanna@mail.ru;

Kozhamuratova U.M. — Junior Researcher of LLP ”Institute of Coal Chemistry and Technology”, master student at L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: kozhamuratova.u@mail.ru;

Mendaliyev G.K. — Junior Researcher of LLP ”Institute of Coal Chemistry and Technology”, master student at L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: ganimen02@mail.ru;

Akshekina A.S. — Senior Lab Assistant of LLP ”Institute of Coal Chemistry and Technology”, master student at L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: akshekina11@gmail.com.

МРНТИ 61.37.35 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-930**

МОЛЕКУЛЯРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕРМОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПЛЕКСОВ ВКЛЮЧЕНИЯ ГИДРАЗОНОВ ГИДРОКСИЗАМЕЩЕННЫХ БЕНЗОЙНЫХ КИСЛОТ С ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ

[1]З.М. Молдахметов, [1]С.Д. Фазылов✉, [1]О.А. Нуркенов, [2]А.Ж. Сарсенбекова, [2]И.А. Пустолайкина, [2]Ж.Б. Сатпаева, [3]Р.Е. Бакирова, [1]Ж.С. Нурмаганбетов, [4]Г.Н.Мусина, [1]А.К. Сыздыков

[1]Институт органического синтеза и углехимии, Караганда, Казахстан,
[2]Карагандинский университет им. Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан,
[3]Медицинский университет Караганды, Казахстан,
[4]Карагандинский технический университет им. А.Сагинова, Караганда, Казахстан
✉Корреспондент-автор: e-mail: iosu8990@mail.ru

В представленной работе методами молекулярного докинга и моделирования выполнено *in silico* изучение и рассмотрены механизмы образования клатратных комплексов включения 2- и 4-гидроксигидразидов бензойных кислот и их гидразонов с циклодекстринами (α-, β-, γ-циклодекстринов). Методом молекулярного докинга, с целью выбора наиболее эффективного комплексообразующего агента из трех циклодекстринов, было выполнено исследование комплексообразующих особенностей двух молекул для системы циклодекстрин-гидразон с равномолярным молярным соотношением. Все исследуемые гидразоны продемонстрировали наилучшее значение афинности связывания с β-циклодекстрином. Эффективность связывания исследуемых гидразонов с циклодекстринами обеспечивается прежде всего соответствием геометрических параметров связывающихся молекул, образующих единую клатратную систему. Комплексообразование 2- и 4-гидроксигидразидов бензойных кислот и их гидразонов с циклодекстринами протекает участием как внутренних H3 и H5 протонов циклодекстриновой полости, так и расположенных на внешней поверхности их конического конуса с образованием смешанных водорастворимых клатратных соединений. Соотношение геометрических параметров молекул 2- и 4-гидразидов бензойных кислот и их гидразонов с размерами полостей молекул α-, β- и γ-циклодекстринов, позволяет предположить возможность образования ими клатратных комплексов. Предложенные в работе оптимальные условия инкапсулирования гидразоновых производных бензойной кислоты олигосахаридами могут быть использованы при получении водорастворимых форм аналогичных соединений.

Ключевые слова: афиннность связывания, циклодекстрин, клатратный комплекс, гидразон, термографический анализ.

ГИДРОКСИАУЫСҚАН БЕНЗОЙ ҚЫШҚЫЛДАРЫНЫҢ ТҰЙЫҚДЕКСТРИНДЕРМЕН КЕШЕНДІ ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ МОЛЕКУЛАЛЫҚ МОДЕЛДЕЛУІ ЖӘНЕ ТЕРМОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

[1]З.М. Молдахметов, [1]С.Д. Фазылов✉, [1]О.А. Нұркенов, [2]А.Ж. Сарсенбекова, [2]И.А. Пустолайкина, [2]Ж.Б. Сатпаева, [3]Р.Е. Бакирова, [1]Ж.С. Нұрмағанбетов, [1]А.К. Сыздықов

[1]Органикалық синтез және көмірхимиясы институты, Қарағанды, Қазақстан,
[2] Е.А. Букетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды, Қазақстан,
[3]Қарағанды медицина университеті, Қарағанды, Қазақстан,
[4]Ә.Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан,
e-mail: iosu8990@mail.ru

Ұсынылған жұмыста молекулярлық қондыру және модельдеу әдістерін қолдана отырып, *in silico* зерттеу жүргізілді және бензой қышқылдарының 2- және 4-гидроксигидразидтерінің клатратты инклюзия кешендерінің және олардың циклодекстриндерімен (α-, β-, γ-циклодекстриндер) гидразондарының түзілу механизмдері қарастырылды. Молекулярлық қондыру әдісін қолдана отырып, үш

циклодекстриннің ішінен ең тиімді комплекс түзетін агентті таңдау үшін эквимолярлы молярлық қатынасы бар циклодекстрин-гидразон жүйесі үшін екі молекуланың комплекс түзу қасиеттеріне зерттеу жүргізілді. Барлық зерттелген гидразондар β-циклодекстринмен байланысуының ең жақсы мәнін көрсетті. Зерттелетін гидразондардың циклодекстриндермен байланысуының тиімділігі ең алдымен біртұтас клатрат жүйесін құрайтын байланыстырушы молекулалардың геометриялық параметрлерінің сәйкестігімен қамтамасыз етіледі. Бензой қышқылдарының 2- және 4-гидроксигидразидтерінің және олардың гидразондарының циклодекстриндермен комплекстенуі циклодекстрин қуысының ішкі H3 және H5 протондарының және олардың конустық конусының сыртқы бетінде орналасқан аралас суда еритін клатрат қосылыстарының түзілуімен жүреді. Бензой қышқылдарының 2- және 4-гидразидтерінің және олардың гидразондарының молекулаларының геометриялық параметрлерінің α-, β- және γ-циклодекстриндер молекулаларының қуыстарының өлшемдеріне қатынасы олардың клатраттық комплекс түзілу мүмкіндігін болжауға мүмкіндік береді. Жұмыста ұсынылған бензой қышқылының гидразон туындыларын олигосахаридтермен инкапсуляциялаудың оңтайлы шарттарын ұқсас қосылыстардың суда еритін формаларын алу үшін пайдалануға болады.

Түйін сөздер: байланысу афиндігі, тұйықдекстрин, клатратты кешен, гидразон, термографиялық талдау.

MOLECULAR MODELLING AND THERMOCHEMICAL PROPERTIES OF INCLUSION COMPLEXES OF HYDROXY-SUBSTITUTED BENZOIC ACIDS HYDRAZONES WITH CYCLODEXTRINS

[1]Z.M. Muldakhmetov, [1]C.D. Fazylov✉, [1]O.A. Nurkenov, [2]A.Zh. Sarsenbekova, [2]I.A. Pustolaikina, [2]J.B. Satpayeva, [3]R.E. Bakirova, [1]Zh.S. Nurmaganbetov, [1]A.K. Syzdykov

[1]Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry, Karaganda, Kazakhstan,
[2]E.A.Buketov University of Karaganda, Kazakhstan,
[3]Medical University of Karaganda, Karaganda, Kazakhstan,
[4]A.Saginov Karaganda technical university, Karaganda, Kazakhstan
e-mail: iosu8990@mail.ru

In the presented work, the methods of molecular docking and modeling were used to study in silico and consider the mechanisms of formation of clathrate inclusion complexes of 2- and 4-hydroxyhydrazides of benzoic acids and their hydrazones with cyclodextrins (α-, β-, γ-cyclodextrins). The method of molecular docking was used to study the complexing features of two molecules for the cyclodextrin-hydrazone system with an equimolar molar ratio in order to select the most effective complexing agent from three cyclodextrins. All the studied hydrazones demonstrated the best value of binding affinity with β-cyclodextrin. The efficiency of binding of the studied hydrazones with cyclodextrins is ensured primarily by the correspondence of the geometric parameters of the binding molecules forming a single clathrate system. Complexation of 2- and 4-hydroxyhydrazides of benzoic acids and their hydrazones with cyclodextrins occurs with the participation of both internal H3 and H5 protons of the cyclodextrin cavity and those located on the external surface of their conical cone with the formation of mixed water-soluble clathrate compounds. The ratio of the geometric parameters of the molecules of 2- and 4-hydrazides of benzoic acids and their hydrazones with the sizes of the cavities of the molecules of α-, β- and γ-cyclodextrins allows us to assume the possibility of their formation of clathrate complexes. The optimal conditions for the encapsulation of hydrazone derivatives of benzoic acid by oligosaccharides proposed in the work can be used to obtain water-soluble forms of similar compounds.

Keywords: binding activity, cyclodextrin, clathrate complex, hydrazone, thermographic analysis.

Введение. Гидразоновые производные бензойной кислоты обладают высокой биологической активностью, что стимулирует постоянный поиск и синтез их новых производных [1]. Фрагмент «гидразид-гидразон» присутствуют в структурном ряду многих лекарственных препаратов,

нашедших широкое применение в медицинской практике, как антибактериальные [2,3], противотуберкулезные [4], антималярийные [4], противовоспалительные средства [5]. Такой широкий спектр гидразоновых соединений вызывает интерес, как к разработке методов синтеза, так и к закономерностям количественного соотношения структура–активность. Среди биологических свойств этого класса соединений антибактериальная [2,6] активность является наиболее часто встречающейся в научной литературе. Привлекательность гидразид-гидразонов как биоактивных соединений обусловлена многогранностью их реакционной способности, а также практическим использованием их производных в качестве «*строительных-блоков*» в создании новых биоактивных средств и технических реагентов [7,8]. Однако многие гидразоновые вещества характеризуются низкой растворимостью в водной среде, что не позволяет провести широкие изучение их биологических свойств. Получение комплексов включений этих соединений с циклодекстринами (ЦД) может повысить растворимость и защитить исходного субстрата от преждевременного метаболизма [9]. Большинство известных препаратов в комплексах включения с молекулами ЦД или их производными приобретают новые полезные свойства, такие как водорастворимость, пролонгированность, что усиливает их лечебный эффект [10]. Возможность включения активной субстанции в капсулу циклодекстринов обусловлена слабыми ван-дер-Ваалсовыми, электростатическими и гидрофобными взаимодействиями между БАВ и комплексообразователем. В научной литературе мало исследований, касающихся комплексообразования водорастворимых олигосахаридов с гостевыми структурами, сходными со структурой 2- и 4-гидроксибензойных кислот [11]. В настоящей работе, в продолжение ранее проведенных исследований [12,13], представлены результаты по молекулярному моделированию и термохимическим свойствам комплексов включений новых гидразонов гидроксизамещенных бензойных кислот с циклодекстринами.

Материалы и методы. В качестве субстратов для получения комплексов включений были использованы синтезированные нами ранее [12] гидразиды (1) и (2), а также их гидразоновые производные: N-(4-(диэтиламино)-2-гидроксибензилиден)-2-гидроксибензо-гидразид (3), N-(4-(диэтиламино)-2-гидроксибензилиден)-4-гидроксибензогидразид (4). В качестве комплексообразователя был выбран β-циклодекстрин (β-ЦД) производства “Fluka” (США) (чистота 99%). Физико-химические характеристики и данные данные спектров ЯМР ^{1}H и ^{13}C комплексов гидразидов и их гидразонов снимали на спектрометре JNM-ECA 400 (399.78 и 100.53 МГц соответственно) с использованием растворителя ДМСО-d_6. Термогравиметрический (ТГ), дифференциальный термический (ДТГ) и дифференциально-сканирующий калориметрический (ДСК) анализ проводили на оборудовании ДТА/ДСК (Labsys EVO, Setaram, Франция) в динамическом режиме в диапазоне температур 30-500°С при скорости нагрева 100°С/мин в атмосфере азота.

Молекулярный докинг исследования. Первоначально структуры молекул α-, β-, γ-циклодекстринов (α-, β-, γ-ЦД) были скачаны из базы данных PubChem Substance and Compound (). Уникальные идентификаторы химической структуры: 444913 - α-циклодекстрин (α-ЦД).444041 β-циклодекстрин (β-ЦD), 5287407 γ-циклодекстрин (γ-ЦД). Молекулярные структуры циклодекстринов, гидразидов и гидразонов (1a-d) были экспортированы в 2D-редактор ChemDraw [13], после чего каждая молекула была преобразована в 3D-модель с помощью Chem3D программы, ее геометрия была оптимизирована по принципу минимизации энергии методом ММ2 [13] и сохранена в *.mol формате. Далее была выполнена DFT оптимизация геометрии молекул с помощью программы Gaussian-2016 [14], визуализация входных и выходных данных делалась с помощью программы GaussView 6.0.16 [14]. Для расчетов были использованы обменный корреляционный функционал B3LYP и базисный набор 6-31G, обеспечивающие достаточный уровень точности как было показано в работах [11,12]. Учет влияния растворителя (вода) был реализован в рамках макроскопической мо-

дели поляризуемого континуума CPCM с целью получения конформации молекул в водной среде. При оптимизации геометрии были использованы ключевые слова OPT+FREQ для оценки истинности полученной равновесной конформации с минимум полной энергии расчетной системы по отсутствию мнимой частоты. Процедура молекулярного докинга проводилась с использованием программного обеспечения AutoDock Vina и AutoDock MGL Tools 1.5.7 (Molecular Graphics Laboratory, the Scripps Research Institute, La Jolla, USA) [13-15]. The position of the binding site was determined based on PDB data, and the following grid coordinates of the receptor active site were used: (x = -0.0148, y = -0.11, z = -0.03) for the structure of α-CD, (x = -26.173, y = -30.009, z = -13.283) for the structure of β-CD and (x = -0.927, y = 5.86, z = 3.612) for γ-CD. На основании результатов докинга был выполнен сравнительный анализ афинности связывания и межмолекулярных взаимодействий образующихся комплексов включений.

Термогравиметрические измерения. Термодеструкция изучаемых образцов (1a-d) проводилась на дифференциального сканирующем калориметре LabsysEvoTG-DTA/DSC (США) в корундовых тиглях в интервале температур от 30 до 700°C в потоке аргона (при скорости потока защитного и продувочного газа 20 и 50 мл в минуту соответственно). Обработка результатов измерений была выполнена с помощью пакета программ «*OriginLab*» и дистрибутива «*Python Anaconda 3*» [16-18].

Результаты и обсуждение. В данной работе в качестве гостевых субстратов были взяты гидразиды и гидразоны 2- и 4-гидроксибензойной кислоты [12], (рисунок 1):

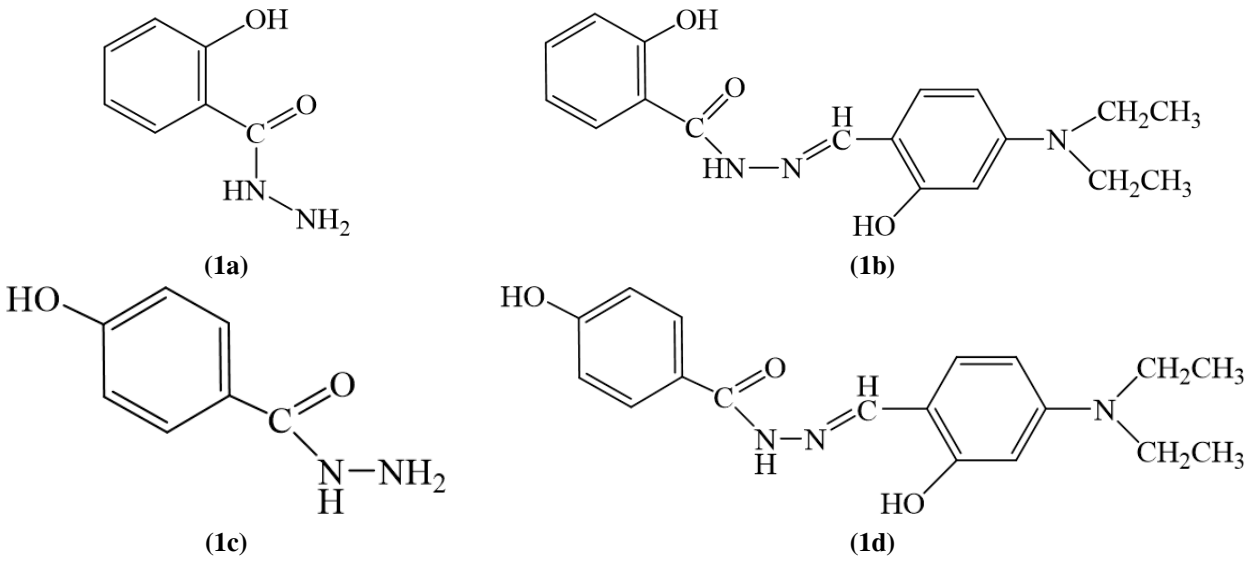


Рис.1 - Объекты исследования

С целью выбора наиболее эффективного комплексообразующего агента из трех ЦД-нов было выполнено исследование полученных комплексов включений для системы «циклодекстрин-гидразон» с молярным соотношением (1:1). Эти исследования проводились методом молекулярного докинга с оценкой афинности связывания. В качестве объектов исследования выступили молекулы гидразонов (1a-1d)», а также молекулярные контейнеры - α-, β- и γ-ЦД («хозяева»). В рамках подготовки молекулярных структур объектов исследования к докингу их геометрия была первоначально оптимизирована методом DFT RB3LYP/6-31G CPCM (water) для определения наиболее устойчивых конформаций и оценки их параметров [13-15] (рисунки 2 и 3).

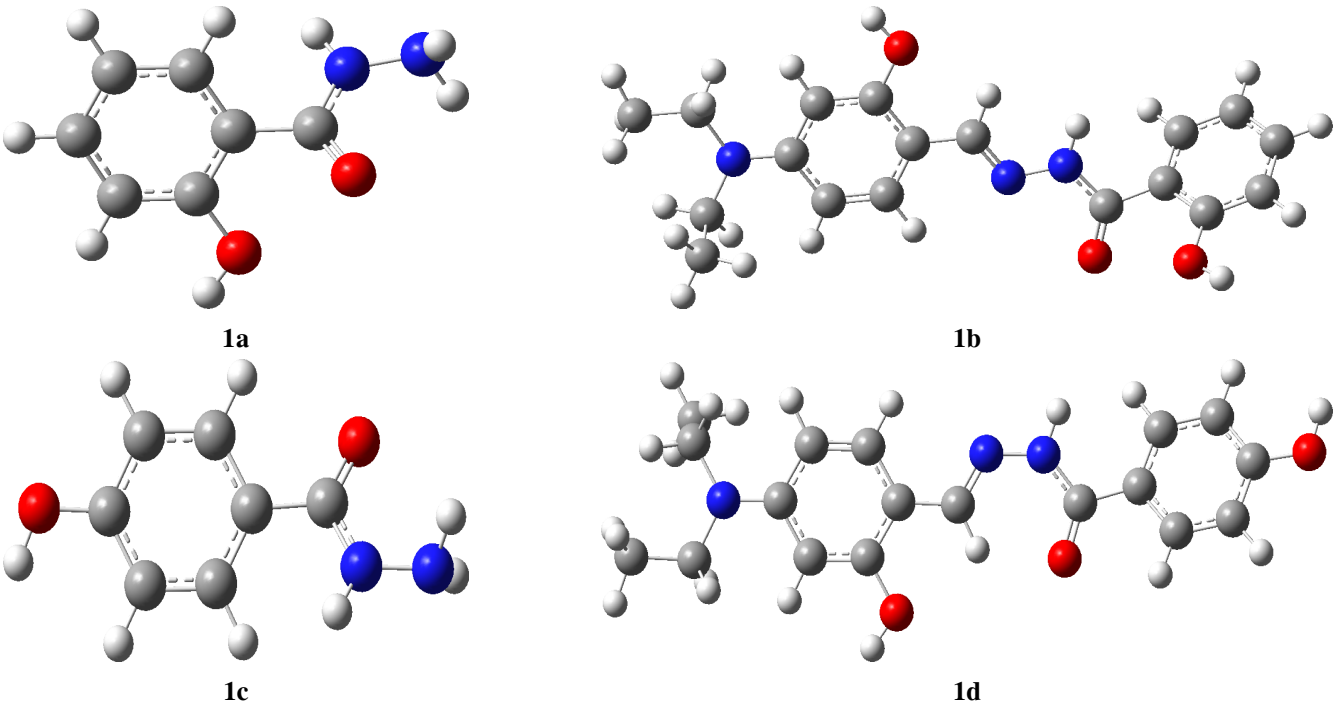
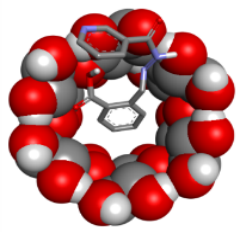
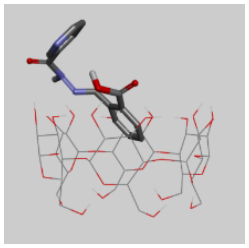
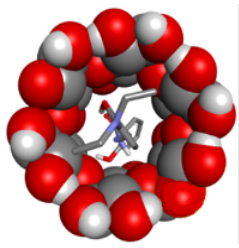
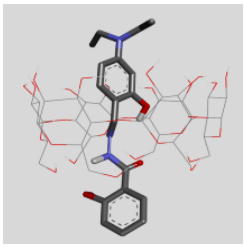


Рис.2 - Оптимизированные геометрии объектов исследования

Как следует из данных рисунка 2, каркас гидразоновых молекул характеризуется определенной жесткостью благодаря наличию устойчивых к конформационной деформации бензольных колец, а также наличию препятствующей свободному вращению C=N-N-группы. Такая двойственная природа структуры ЦД (гидрофобность и гидрофильность структуры) позволяет им включать гидрофобные молекулы-гости внутри себя, улучшая их растворимость и стабильность в водных растворах. Оптимизированные позы связывания гидразонов с α-, β- и γ-ЦД показаны на рисунке 3.

Соотношение геометрических параметров молекул гидразонов с размерами полостей молекул α-, β- и γ-ЦД-нов позволяет предположить наиболее эффективное связывание с β- и γ-ЦД-нами, так как «контейнер» молекулы α-ЦД слишком мал для вмещения молекул исследуемых гидразонов. Полученные в результате оптимизации геометрии объектов исследования были сконвертированы в *.pdb формат и использованы для выполнения процедуры молекулярного докинга комплексов включения по типу «контейнер-гость» с молярным соотношением 1:1 [13-15]. В качестве молекул «контейнера» использовались мономеры α-, β- и γ-циклодекстринов, в качестве молекул «гостей» - молекулы гидразонов. Полученные в результате молекулярного докинга данные афинности связывания молекул представлены в таблице 1.

			
Вид сверху	Вид сбоку	Вид сверху	Вид сбоку

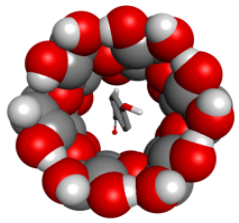
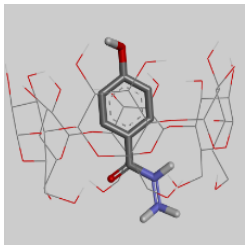
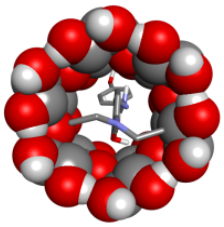
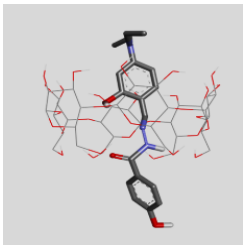
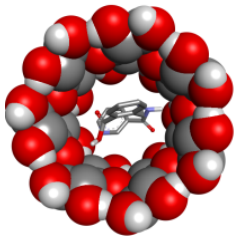
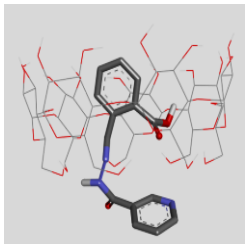
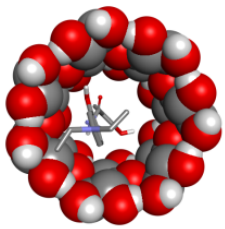
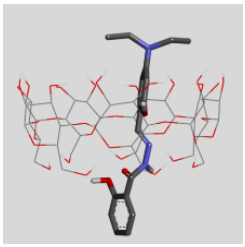
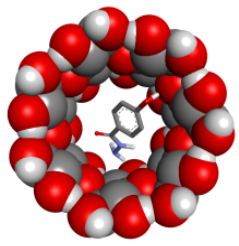
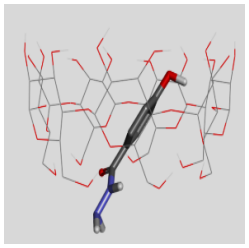
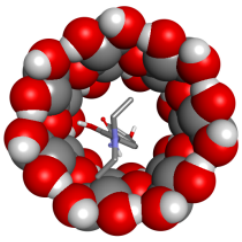
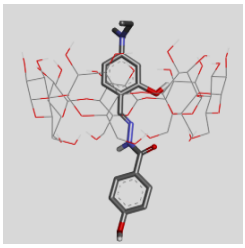
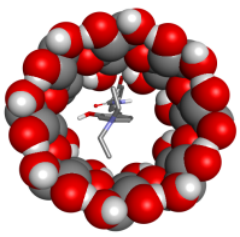
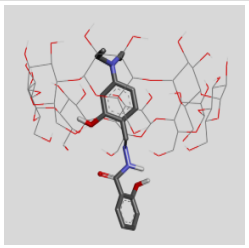
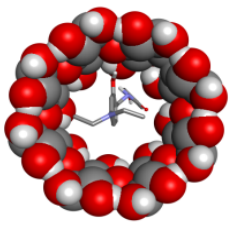
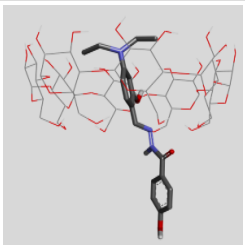
α-CD с 1a		α-CD с 1b	
			
Вид сверху	Вид сбоку	Вид сверху	Вид сбоку
α-ЦД с 1c		α-ЦД с 1d	
Лучшие позы с α-CDs			
			
Вид сверху	Вид сбоку	Вид сверху	Вид сбоку
β-ЦД с 1a		β-ЦД с 1b	
			
Вид сверху	Вид сбоку	Вид сверху	Вид сбоку
β-ЦД с 1c		β-ЦД с 1d	
Лучшие позы с β-CDs			
			
Вид сверху	Вид сбоку	Вид сверху	Вид сбоку
γ-ЦД с 1a		γ-ЦД с 1b	
Лучшие позы с γ-ЦД			

Рис.3 - Оптимизированные позы связывания гидразонов с α-, β- и γ-циклодекстринами

Как следует из представленных в таблице 1 данных, наилучшее связывание все изучаемые гидразоны проявили с β-ЦД-ном, чуть менее эффективное связывание в большинстве случаев было продемонстрировано с γ-ЦД-ном, за исключением гидразонов **1b** и **1c**, которые после β-ЦД более эффективно взаимодействовали с α-ЦД-ном.

Таблица 1 - Афинность связывания для комплексов гидразон–циклодекстрин (1:1), ккал/моль

Циклодекстрин Гидразон	α-CD	β-CD	γ-CD
1a	-4.2	-5.0	-4.5
1b	-5.3	-5.7	-5.1
1c	-5.0	-5.3	-4.8
1d	-4.2	-5.7	-4.3

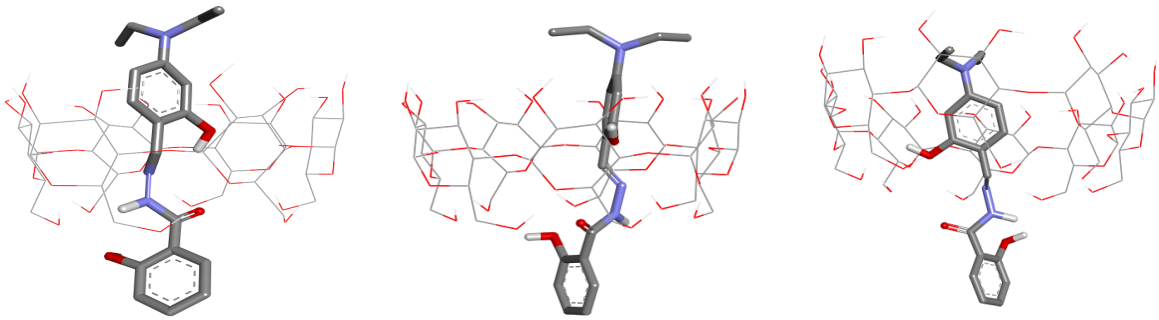
Наилучшее значение афинности связывания от -5,0 до -5,7 ккал/моль гидразоны (1a-d) продемонстрировали с β-ЦД-ном. Наихудшее связывание продемонстрировали гидразоны (1a) и (1d) с α-ЦД-ном, показав афиннность связывания -4,2 ккал/моль. Достаточно эффективное взаимодействие гидразонов (1b) и (1c) (афинность связывания -5,3 и -5,0 ккал/моль соответственно) с α-ЦД-ном, что по-видимому, обусловлено наличием в них длинного -C-N-N=C- мостика, а также полярных -C=O и -C-O-H, обеспечивающих проникновение и закрепление молекулы гостя в полость хозяина.

Для того чтобы лучше понять возможные режимы связывания исследуемых гидразонов с предпочтительными ЦД-нами, была выполнена визуализация наиболее эффективных комплексов включения. Анализ представленных на рисунке 4 геометрий комплексов гидразон-ЦД показывает, что с α-ЦД-ном гидразоны (1a) имеют поверхностное связывание, без проникновения молекулы гостя в полость хозяина, что проявляется в низких значениях афинности связывания [14,15]. Во всех остальных случаях гидразоны демонстрируют частичное или полное проникновение внутрь полости ЦД-нов. Интересно отметить, что в случае с γ-ЦД-ном, несмотря на проникновение молекул гидразонов внутрь полости тора, исследуемые гидразоны демонстрируют менее эффективное связывание чем в случае с β-ЦД-ном, что обусловлено, по-видимому, несоответствием размера полости тора γ-ЦД геометрическим параметрам молекул гидразонов - в ряде случаем можно отметить, как молекула «гостя» буквально «проваливается» сквозь полость γ-ЦД (рисунок 4).

В целом, моделирование с помощью инструментов молекулярного докинга позволило выявить β-ЦД как наиболее эффективный комплексообразующий агент для исследуемых гидразонов. Все исследуемые гидразоны продемонстрировали наилучшее значение афинности связывания с β-ЦД-ном. При этом для молекул (1b)**,** (1c) комплексообразователем второго выбора может быть рекомендован α-ЦД, а для остальных - γ-ЦД.

Термическая стабильность образованных комплексов включения гидразидов и их гидразоновых производных с β-ЦД-ном были исследованы методом термогравиметрического анализа [16]. Этот метод позволяет учитывать изменение массы супрамолекулярных комплексов включением субстратов от температуры и на основе ее пиков точно определять скорость термического разложения изучаемых образцов. Кривые, представленные на рисунке 5, отображают результаты термогравиметрического анализа (ТГА) и производного термогравиметрического анализа (ДТГ) для различных образцов: циклодекстрина (ЦД), его физических смесей с гидразоном, а также комплекса включения ЦД:1d. На ТГА-кривых (рисунок 5,а) показано изменение массы образцов (ТГ,

мг) в зависимости от температуры (°C), а на ДТГ-кривых (рисунок 5, b) – скорость изменения массы (мг/мин) по мере нагревания. Анализ включает три кривые (рисунок 5), обозначенные как (1) - для ЦД, (2) - для физических смесей ЦД с гидразоном и (3) – для включения комплекса ЦД:1d. Процесс термической деструкции ЦД, а также физической смесей ЦД с гидразоном и комплексным включением ЦД:1d протекает в несколько стадий, сопровождающихся потерями массы, фиксируемыми на кривых ТГ (термогравиметрический анализ) и ДТГ (дифференциально-термогравиметрический анализ) [16,17].



α-ЦД – 1b **β-ЦД – 1b** **γ-ЦД – 1b**

Рис.4 - Лучшие позы связывания гидразонов 1b с α-, β- и γ-ЦД

Как видно из рисунка 5, для ЦД и физических смесей с гидразоном потеря массы, связанная с удалением воды, происходит при ~105°C (7.22 мг, 1.10 мг), тогда как для комплекса включение ЦД:1d – при 102°C (4.52 мг), что свидетельствует о более сильном связывании воды в комплексе. Это подтверждается более выраженным низкотемпературным пиком на ДТГ-кривой (рисунок 5, b), что соответствует эндоэффектам (рисунок 5, III) при 122.84°C и 111.98°C, 161.88°C для 1-го образца (рисунок 5, I) и при 108.73°C для 2-го образца (рисунок 5, II). В интервале температуры 300–345°C ($ДСК_{max}$ = 337.18°C) для 1-го образца (ЦД), 333–364°C ($ДСК_{max}$ = 349.04°C; 362.35°C) для 3-го образца (ЦД:1d), а также 303–340°C ($ДСК_{max}$ = 332.52°C; 336.98°C) для химических смесей ЦД с гидразоном наблюдаются эндоэффекты, приводящие к резким потерям масс (таблица 2).

Таблица 2 - Данные термограмм комплексов β-ЦД, физические смеси ЦД с гидразоном и комплекса включения ЦД:1d

Параметр	β-ЦД	Физическая смесь ЦД с гидразоном	Комплекс включения ЦД:1d
Температура начала потери массы, °C	105°C	90°C	102°C
Температура максимальная скорость разложения (ДТГ max), °C	336°C	346°C	330°C
Потеря массы на начальном этапе (до 150°C), %	7.22 мг	1.10 мг	4.52 мг
Температурный диапазон основных разложений, °C	305–376°C	305–400°C	305–393°C
Остаточная масса при 600°C, %	68.63 мг	69.58 мг	53.33 мг

Эндотермические эффекты (наличие, температура), °C	211.88°C 337.18°C	322.52°C 336.98°C	241.89°C 322.66°C 349.57°C
Удержание воды (по потерям при ~100°C), мг	4.53 мг	0.55 мг	2.51 мг

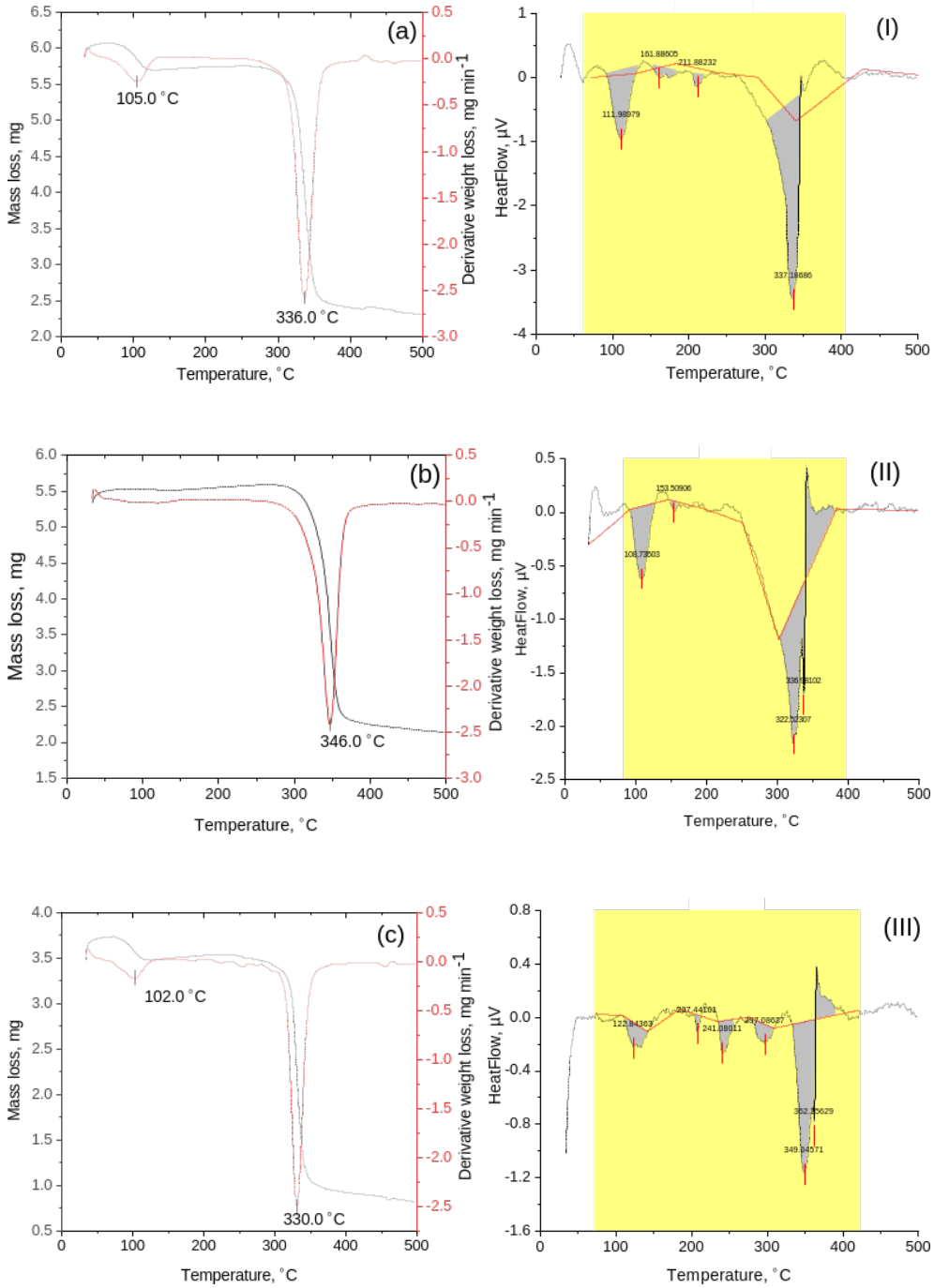


Рис.5 -Термические кривые: (a) – ЦД (I), (b) – физической смеси ЦД с гидразоном (II) и (c) – комплекса включения ЦД:1d (III)

Эти изменения приводят к началу процесса термической деструкции, при этом ТГ- и ДТГ-кривые показывает, что последовательное разложение комплекса включение ЦД:1d начинается при более низкой температуре ($ДТГ_{max}$ = 330°C), чем для физической смеси ЦД с гидразоном ($ДТГ_{max}$ = 346°C) [16-18]. Однако одновременно наблюдается, что комплекс включения ЦД:1d способствует усилению соединения воды в ЦД, но уменьшает термическую стабильность самого ЦД (таблица 2).

Выводы. Гидразид–гидразоновые производные бензойной кислоты составляют основу многих лекарственных препаратов и проявляют широкий спектр биологических активностей. В результате проведенных исследований получены новые водорастворимые капсулированные производные гидразонов 2- и 4-гидроксибензойной кислоты с β- и γ-циклодекстринами. Исследования полученных супракомплексов показало, что в обоих случаях образуются комплексы включения субстратов с молекулами комплексообразователя. Образование комплексообразования субстратов с рассмотренными комплексообразователями протекает в одинаковой степени с участием как внутренних протонов циклодекстриновой полости, так и расположенных на внешней поверхности конического конуса с образованием смешанных комплексов включений. Соотношение геометрических параметров молекул гидразонов с размерами полостей молекул α-, β- и γ-циклодекстринов позволяет предположить наиболее эффективное связывание с β- и γ-циклодекстринами, так как внутренний размер молекулы α-циклодекстрина слишком мал для вмещения молекул исследуемых гидразонов. Результаты анализа термодеструкции комплекса включения свидетельствуют о повышении термостабильности молекулы ЦД при включении в его полость биологически активного компонента.

Финансирование: *Научно-исследовательская работа осуществлена в рамках ПЦФ* BR24992921 *Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.*

References

1. Popiolek L. Hydrazide–hydrazones as potential antimicrobial agents:overview of the literature since 2010 // Med Chem. Res., 2016. - № 26(2). - P.287-301. DOI 10.1007/s00044-016-1756-y.

2. Papakonstantinou-Garoufalias S., Pouli N., Marakos P., ChytyroglouLadas A. Synthesis antimicrobial and antifungal activity of some new 3 substituted derivatives of 4-(2,4-dichlorophenyl)-5-adamantyl-1H-1,2,4-triazole // Farmaco.- 2002. - № 57. - P.973-977. DOI 10.1016/s0014-827x(02)01227-2

3. Belyaeva E.R., Yu V., Myasoedova N.M., Ishmuratova G., Ishmuratov Yu. // Russian Journal of Bioorganic Chemistry.- 2022. - № 48. - P. 1123. DOI 10.1134/S1068162022060085

4. Kaymakçıoğlu B.K., Rollas S. Synthesis, characterization and evaluation of antituberculosis activity of some hydrazones // Farmaco. 2002. - № 57. -P.595-599. DOI: 10.1016/s0014-827x(02)01255-7

5. Melnyk P., Leroux V., Sergheraert C., Grellier P. Design, synthesis and in vitro antimalarial activity of an acylhydrazone library//Bioorg. Med. Chem. Lett.- 2006.-№ 16.- P.31-35.

DOI 10.1016/j.bmcl.2005.09.058

6. Todeschini A.R., Miranda A.L.P., Silva K.C.M., Parrini S.C., Barreiro E.J. Synthesis and evalution of analgesic, anti-inflammatory and antiplatelet properties of new 2-pyridyalhydrazone derivatives // Eur. J. Med. Chem.- 1998.- № 33.- P.189-199. DOI 10.1016/s0223-5234(98)80008-1

7. Rollas S., Gulerman N., Erdeniz H. Synthesis and antimicrobial activity of some new hydrazones of 4-fluorobenzoic acid hydrazide and 3-acetyl-2,5-disubstituted-1,3,4-oxadiazolines // Farmaco.- 2002. - № 57. -P.171-174. DOI 10.1016/s0014-827x(01)01192-2

8. Zhou P.P., Sun X.B., Qiu W.Y. Nicotinic acid and its derivatives: synthetic routes, crystal forms and polymorphs//Current drug discovery technologies.-2014 .- № 11. -P.97.

DOI 10.2174/15701638116661402251526l0

9. Huang R., Jiang N, Geng X., Lin J., Zhou G.Q. et al. Fibroscan improves the diagnosis sensitivity of liver fibrosis in patients with chronic hepatitis B. // Experimental and Therapeutic Medicine.- 2016.-№ 11. - P. 1673-1677. DOI 10.3892/etm.2016.3135

10. Jansook P., Ogawa N., Loftsson T. Cyclodextrins: structure, physicochemical properties and pharmaceutical applications//International Journal of Pharmaceutics .- 2018.-№ 5. - P.535.

DOI 10.1016/j.ijpharm.2017.11.018.

11. Pinho E., Soares G., Henriques M. Cyclodextrin modification of gallic acid in vitro antibacterial activity // Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry .- 2015.-№ 81. - P.205-2014. DOI 10.1007/s10847-014-0449-8

12. Fazylov S.D., Satpaeva Zh.B., Nurkenov O.A., Bakirova R.E., Sviderskij A.K., Mendibaeva A.Zh. Poluchenie vodorastvorimyh kompleksov vkljuchenij gidrazidovo-ip-gidroksibenzojnyh kislot i ih gidrazonovyh proizvodnyh//Vestnik KazUTB.-2024.-№ 3(24).- R.250-259

DOI 10.58805/kazutb.v.3.24-501.[in Russian]

13. Nurkenov O.A., Fazylov S.D., Satpaeva Zh., Seilkhanov T.M., Turdybekov D.M., Mendibaeva A.Zh., Akhmetova S.B., Shulgau Z.T., Alkhimova L.E., Kulakov I.V. Synthesis, structure and biological activity of hydrazones derived from 2- and 4-hydroxybenzic acid hydrazides // Chemical Date Collections.- 2023. - № 48. - P.1-13. DOI 10.1134/s1070363219100098

14. Gunsteren W. F. van, Oostenbrink C. Methods for Classical-Mechanical Molecular Simulation in Chemistry: Achievements, Limitations, Perspectives // Journal of Chemical Information and Modeling.- 2024. - № 64(16). -P.6281. DOI10.1021/acs.jcim.4c00823

15. Dennington R., Keith T., Millam J. Gauss View // Semichem Inc., Shawnee Mission, KS.- Environmentally Friendly Room Temperature Synthesis of 1-Tetralone over Layered Double Hydroxide-Hosted Sulphonato-Salen-Nickel(II) Complex.2016. -№ 6.- P.9-22 DOI 10.4236/gsc.2023.131002

15. Brunk E., Rothlisberger U., Mixed Quantuan Molecular mechanical/molecular dinamics Simulations of biological systems in ground and electronically excited states//Chem.Rev.-2015.-Vol.115(12).-P.-6217-6263. DOI 10.1021/cr50062b

16. Castronuovo G., Niccoli M. Thermodynamics of inclusion complexes of natural and modified cyclodextrins with acetylsalicylic acid and ibuprofen in aqueous solution at 298 K // Thermochimica Acta.- 2013. - Vol.557. - P.44-49. DOI 10.1016/j.tca.2013.01.037

17. Castronuovo G., Niccoli M. Thermodynamics of inclusion complexes of natural and modified cyclodextrins with propranolol in aqueous solution at 298 K // Bioorganic and Medical Chemistry.- 2006. - P.3883-3887. DOI 10.1016/j.bmc.2006.01.052

18. Qvist J., Halle B. Thermal signature of hydrophobic hydration dinamics // American Chemical Society.- 2008. -Vol.130(31).- P.10345-10353. DOI: 10.1021/ja802668w

Сведения об авторах

Мулдахметов З.М. — академик НАН РК, доктор химических наук, профессор, директор Института органического синтеза и углехимии Республики Казахстан, Караганда, Казахстан, e-mail: iosu@mail.ru;

Фазылов С.Д. — доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник Института органического синтеза и углехимии, Караганда, Казахстан, e-mail: iosu8990@mail.ru;

Нуркенов О.А. — доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией Синтез биологически активных веществ Института органического синтеза и углехимии, Караганда, Казахстан, e-mail: nurkenov_oral@mail.ru;

Сарсенбекова А.Ж. — доктор PhD, ведущий научный сотрудник Карагандинского университета имени Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан, e-mail: chem_akmaral@mail.ru;

Пустолайкина И.А. — кандидат химических наук, ассоциированный профессор, ведущий научный сотрудник Карагандинского университета имени Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан, e-mail: ipustolaikina@gmail.com;

Сатпаева Ж.Б. — старший преподаватель кафедры органической химии и полимеров Карагандинского университета им. Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан, e-mail: satpaeva_zh@mail.ru;

Бакирова Р.Е. — доктор медицинских наук, профессор кафедры внутренних болезней Медицинского университета Караганды, Караганда, Казахстан, e-mail: bakir15@mail.ru;

Нурмаганбетов Ж.С. — кандидат химических наук, ассоциированный профессор Института органического синтеза и углехимии, Караганда, Казахстан, e-mail: nzhangeldy@yandex.ru;

Мусина Г.Н. — кандидат химических наук, доцент, Карагандинский технический университет им. А. Сагинова, Караганда, Казахстан, e-mail: gulnaz_musina@mail.ru;

Сыздыков А.К. — младший научный сотрудник Института органического синтеза и углехимии, Караганда, Казахстан, e-mail: ardak.syzdykov.96@inbox.ru.

Information about the authors

Muldakhmetov Z.M. — Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Director of the Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry of the Republic of Kazakhstan, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: iosu@mail.ru;

Fazylov S.D. — Doctor of Chemical Sciences, Professor, Chief Scientific Associate of the Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: iosu8990@mail.ru;

Nurkenov Oral A. — Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Synthesis of Biologically Active Substances, Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: nurkenov_oral@mail.ru;

Sarsenbekova A.Zh. — PhD in Chemistry, Leading Researcher, E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: chem_akmaral@mail.ru;

Pustolaykina I.A. — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: ipustolaikina@gmail.com;

Satpaeva Zh.B. — Senior Lecturer of the Department of Organic Chemistry and Polymers, E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: satpaeva_zh@mail.ru;

Bakirova R.E. — Doctor of Medical Sciences, Professor of Internal Medicine Department, Medical University of Karaganda, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: bakir15@mail.ru;

Nurmaganbetov Zh.S. — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: nzhangeldy@yandex.ru;

Musina G.N. — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, A. Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: gulnaz_musina@mail.ru;

Syzdykov A.K. — Junior Researcher, Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry, Karaganda, Kazakhstan, e-mail: ardak.syzdykov.96@inbox.ru.

МРНТИ 54.37.15 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-954**

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКОМКОВАНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО КОНЦЕНТРАТА С ПРИМЕНЕНИЕМ НОВЫХ СВЯЗУЮЩИХ ДОБАВОК

[1,2,3]О.В. Рожкова✉, [1]О.О. Ковалева, [4]В.И. Лебедева, [5]Д.А. Ветюгов, [2]В.И. Рожков

[1]ТОО «Алтайский геолого-экологический институт», г. Усть-Каменогорск, Казахстан,
[2]НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», г. Астана, Казахстан,
[3]АО «Science and Technology Solutions», г. Алматы, Казахстан,
[4]ООО «Бентонит Хакасии», г. Черногорск, Россия,
[5]ООО «Компания Бентонит», г. Москва, Россия
✉Корреспондент-автор: rozhkova.o@stsolutions.kz

Одной из важнейших задач в подготовке сырья при производстве окатышей для металлургического передела является управление качеством, которое можно осуществлять путем изменения состава шихты, введения ряда связующих добавок, а также процессом термообработки.

В данной статье приведены результаты применения высококачественных связующих для получения железорудных окатышей с высокой прочностью на сжатие и низким сопротивлением к истиранию.

Результаты, полученные в ходе тестовых лабораторных испытаний по выбору типа связующих ТОО «Тагбент» для окомкования концентрата АО «Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение» (АО «ССГПО», Казахстан), указывают, что физико-механические свойства обожженных окатышей зависят от комплекса факторов, среди которых важнейшим является качество сырых окатышей напрямую связанных со свойствами связующих добавок.

Показано, что рекомендуемые связующие добавки производства ТОО «Тагбент» (Казахстан, Тарбагатайский район с. Акжар) и бенто-полимерной композиции (БПК) при расходе в шихте 0,49 - 0,50 % позволяют стабилизировать гранулометрический состав сырых окатышей, улучшить прочностные характеристики сырых, и улучшить показатель сопротивления истиранию обожженных окатышей.

Анализ качественных характеристик готовой продукции, выявил линейную зависимость с удельным расходом бентонита, оптимизация которого позволяет обеспечивать заданные показатели качества железорудных окатышей.

Ключевые слова: бенто-полимерная композиция, концентрат, технология, процесс окомкования, железорудная шихта.

ЖАҢА БАЙЛАНЫСТЫРУШЫ ҚОСПАЛАРДЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ЖОҒАРЫ САПАЛЫ ТЕМІР КЕНІ КОНЦЕНТРАТЫН ТҮЙІРШІКТЕУ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУЫ

[1,2,3]О.В. Рожкова✉, [1]О.О. Ковалева, [4]В.И. Лебедева, [5]Д.А. Ветюгов, [2]В.И. Рожков

[1]«Алтай геологиялық-экологиялық институты» ЖШС, Өскемен, Қазақстан,
[2]«С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» ҰАО, Астана, Қазақстан,
[3]«Science and Technology Solutions» АҚ, Алматы, Қазақстан,
[4]«Бентонит Хакасия» ЖШС, Черногорск қ., Ресей,
[5]«Компания Бентонит» ЖШС, Мәскеу, Ресей,
e-mail: rozhkova.o@stsolutions.kz

Металлургиялық өңдеуге арналған түйіршіктер өндірісінде шикізатты дайындаудағы маңызды міндеттердің бірі, шихтаның құрамын өзгерту, бірқатар байланыстырушы қоспаларды енгізу, сондай-ақ термиялық өңдеу процесі арқылы жүзеге асырылатын сапаны басқару.

Бұл мақалада қысу беріктігі жоғары және тозуға төзімділігі төмен темір кені түйіршіктерін алу үшін жоғары сапалы байланыстырғыштарды қолдану нәтижелері келтірілген.

”Соколов-Сарыбай тау-кен байыту өндірістік бірлестігі” АҚ (”ССКӨБ” АҚ, Қазақстан) концентратын түйіршік түйістіру үшін ”Тағбент” ЖШС байланыстырушы түрін таңдау бойынша тестілік зертханалық сынақтар барысында алынған нәтижелер күйдірілген түйіршіктердің физикалық-механикалық қасиеттері факторлар кешеніне байланысты екенін көрсетеді, олардың ішінде шикі түйіршіктердің сапасы байланыстырушы қоспалардың қасиеттерімен тікелей байланысы аса маңызды болып табылады.

”Тағбент” ЖШС (Қазақстан, Ақжар ауылы Тарбағатай ауданы) және Бенто-полимерлі композиция (БПК) өндірісінің 0,49 - 0,50% шихтада тұтыну кезінде ұсынылатын байланыстырушы қоспалары шикі түйіршіктердің гранулометриялық құрамын тұрақтандыруға, шикі түйіршіктердің беріктік сипаттамаларын жақсартуға және күйдірілген түйіршіктердің тозуына төзімділік көрсеткішін жақсартуға мүмкіндік беретіні көрсетілген.

Дайын өнімнің сапалық сипаттамаларын талдау бентониттің меншікті шығынына сызықтық тәуелділікті анықтады, оны оңтайландыру темір кені түйіршіктерінің сапасының берілген көрсеткіштерін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: бентополимер құрамы, концентрат, технология, түйіршіктеу процесі, темір рудасының шихтасы.

RESEARCH OF THE PELLETIZATION PROCESS HIGH QUALITY IRON ORE CONCENTRATE USING NEW BINDING ADDITIVES

[1,2,3] O.V. Rozhkova✉, [1]O.O. Kovaleva, [4]V.I. Lebedeva, [5]D.A. Vetyugov, [2]V.I. Rozhkov

[1]Altai Geological-Ecological Institute LLP, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,
[2]NAO “Kazakh Agrotechnical Research University named after. S. Seifullin”, Astana, Kazakhstan,
[3]JSC “Science and Technology Solutions”, Almaty, Kazakhstan,
[4] Bentonite Khakassia LLC, Chernogorsk, Russia,
[5]LLC “Company Bentonit”, Moscow, Russia,
e-mail: rozhkova.o@stsolutions.kz

One of the most important tasks in the preparation of raw materials for the production of pellets for metallurgical processing is quality management, which can be carried out by changing the composition of the charge, introducing a number of binding additives, as well as the heat treatment process.

This article presents the results of using high-quality binders to produce iron ore pellets with high compressive strength and low abrasion resistance.

The results obtained during laboratory tests to select the type of binders of «Tagbent» LLP for pelletizing concentrate of Sokolov-Sarbay Mining Production Association JSC (SSGPO JSC, Kazakhstan) indicate that the physical and mechanical properties of the fired pellets depend on a set of factors, among which the most important is the quality of raw pellets directly related to the properties of binding additives.

It has been shown that the recommended binding additives produced by «Tagbent» LLP (Kazakhstan, Tarbagatai district, Akzhar village) and bento-polymer composition (BPC) at a consumption in the charge of 0.49 - 0.50% make it possible to stabilize the granulometric composition of raw pellets, improve the strength characteristics of raw pellets, and improve the abrasion resistance of fired pellets.

Analysis of the quality characteristics of the finished product revealed a linear relationship with the specific consumption of bentonite, the optimization of which allows us to ensure the specified quality indicators of iron ore pellets.

Keywords: bento-polymer composition, concentrate, technology, pelletizing process, iron ore charge.

Введение. Расширение рынка сбыта железорудного сырья вызывает необходимость повышения конкурентоспособности продукции, подразумевая улучшение потребительских свойств железорудных окатышей [1]. Поскольку повышение прочностных свойств, способность окатышей

сопротивляться разрушению, достигается в том числе качеством компонентов шихты, при подготовке сырья к металлургическому переделу [2]. Такое управление можно осуществлять с помощью ряда технологических приемов, выполняемых при подготовке шихты и в процессе термообработки, а также путем изменения состава шихты за счет введения ряда добавок.

Сырые окатыши формируются при окатывании тонкодисперсного железорудного концентрата в специальных установках - окомкователях.

Процесс получения сырого окатыша помимо динамических нагрузок в окомкователе определяется двумя основными типами сил - молекулярной и капиллярной. Эти же типы сил определяют закономерности пропитки слоя концентрата.

Масса тонкоизмельченного концентрата представляет собой сыпучее тело, пронизанное капиллярами, образованное мелкими порами - промежутками между частицами концентрата. В зависимости от размера пор и пористости слоя концентрата одно и тоже количество воды, контактирующей с концентратом, смачивает различные объёмы концентрата и по-разному упрочняет увлажненные комки концентрата. Количество капиллярной влаги может достигать 50% и более в зависимости от пористости твердого вещества и размера частиц. Размеры пор и общая пористость слоя концентрата зависят как от гранулометрического состава концентрата, так и связующего компонента.

Известно, что [3] характеризующим параметром процесса окомкования является коэффициент комкуемости шихты. Эффективный радиус, и как следствие, комкуемость концентрата, оказывает влияние на образование, формирование и рост окатышей в процессе окомкования.

Процесс комкуемости [4] связанный со скоростью образования и роста гранул характеризуется прочностью сцепления частиц в грануле, который зависит от следующих факторов:

- содержания влаги в железорудной шихте (оптимальной влажностью является такое содержание влаги в шихте, которое обеспечивает максимальный выход годного класса);

- гранулометрического состава железорудного материала;

- удельной поверхности железорудного материала (которая тем больше, чем выше содержание наиболее мелкой фракции). Увеличение удельной поверхности концентрата ускоряет процесс окомкования;

- однородности шихты (заключается в правильном и точном дозировании компонентов шихты). Правильность дозирования шихтовых материалов обеспечивается расчетом шихты;

- условий образования гранул в окомкователе (степень заполнения, частота вращения, состояние внутренней поверхности);

- вид связующего компонента.

Комкуемость является универсальным параметром, характеризующим способность тонкодисперсных материалов к образованию прочных гранул [5]. Чем выше показатель комкуемости шихты, тем равномернее формируется размер сырых окатышей, т.е. выход годного класса в диапазоне 10÷14 мм в общей массе полученных сырых окатышей увеличивается.

Для увеличения прочности сырых и, особенно сухих окатышей, их ударной прочности при быстром нагреве и интенсификации сушки на обжиговой машине, для улучшения металлургических свойств окатышей применяют связующие добавки [2].

Роль связующих заключается не только в обеспечении прочности сырых окатышей (достаточной для их транспортировки от окомкователя до обжиговой машины), но и прочности сухих окатышей (что особенно важно для интенсификации процесса сушки). При производстве окатышей из глубокообогащенных концентратов связующие добавки активно участвуют в формировании оптимальной структуры окатышей, определяющей в конечном счете их качество и металлургические свойства.

Характерным свойством связующих является их высокая степень измельчения и коллоидный характер [6]. Наиболее распространенным

связующим при производстве окатышей является бентонит. Основной составляющей бентонитовых глин является монтмориллонит $Al_2Oзх\ 4SiO_2\ xЗH_2O$. Это природный минерал и в процессе переработки на его влиять невозможно.

Бентонит представляет собой высокодисперсную глину, способную набухать в присутствии воды и коллоидного сцепления (клеящие свойства) частиц за счет способности глины образовывать гель и образовывать большое количество тонкодисперсных частиц, взаимодействующих с частицами концентрата.

Частицы бентонита после увлажнения образуют пленку с большой поверхностью, которая обволакивает частицы концентрата и соединяет их между собой. Прочность сырых и, главное, высушенных окатышей с добавкой бентонита повышается благодаря взаимному притяжению частиц бентонита и притяжению частиц, бентонита и магнетита, причем связка сохраняется и после удаления воды во время сушки. Прочность сухого окатыша определяется энергией межфазных взаимодействий в системе: концентрат – бентонит.

Применение бентонита улучшает комкуемость, повышает пластичность сырого окатыша к динамическим нагрузкам, регулирует скорость дегидратации окатышей, выделять при нагреве влагу в процессе сушки, что предохраняет их от разрушения и получить обожженные окатыши необходимого качества.

В результате образования шлакового расплава возрастает прочность на сжатие обожженных окатышей.

Применение бенто-полимерных композиций в составе шихты является перспективным направлением для производства железорудных окатышей с целью улучшения технико-экономических показателей работы обжиговых машин, повышения прочностных свойств окатышей [6-10].

Бенто-полимерная композиция – это объединенная смесь органического полимера и неорганической части (бентонитовая глина), которая предопределяет его исключительные свойства и увеличивает функциональные возможности как связующей, так и упрочняющей добавки.

Достоинства данной добавки заключаются в том, что при ее взаимодействии с водой шихты образуется полимер-бентонитовый гель, который обладает повышенной связующей способностью и формирует структуру сырого окатыша, более устойчивую к динамическим и статическим нагрузкам.

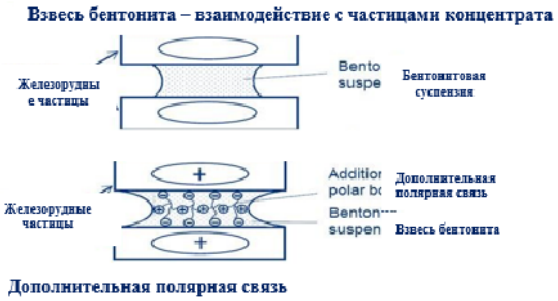


Рис.1 - Взаимодействие бенто-полимерной суспензии с частицами концентрата

Материалы и методы. Исследования по окомкованию высококачественного железорудного концентрата АО «ССГПО» с применением связующих добавок ТОО «Тагбент» на базе лаборатории ТОО «Алтайский геолого-экологический институт» (ТОО «АГЭИ») были проведены лабораторные испытания по окомкованию шихты с применением новых видов связующих.

Цель исследования:

- проведение лабораторных исследований в лаборатории ТОО «АГЭИ» по окомкованию с применением связующих добавок в составе шихты для производства окатышей;

- выполнение тестов на окомкование и обжиг окатышей

- провести обжиг в лабораторных печах, способных смоделировать процесс обжига

- оценка влияния связующих добавок на процесс сырого окомкования и их физические свойства;

- определение оптимального расхода связующего при производстве окатышей;

- определение качественных характеристик сырых и обожженных окатышей, полученных из железорудного концентрата АО «ССГПО» при использовании выбранных бентонитовых глин и полимерных композиций, на основании Методик, разработанных в ТОО «АГЭИ».

Основные задачи исследования:

1. Разработать рецептуры шихтовки для получения обожженных окатышей с улучшением физико-механических свойств.

2. Провести тестовые испытания для определения альтернативного связующего для АО «ССГПО» при условии оптимального расхода бентонита.

3. Выявить влияния новых видов связующих на качество сырых, обожженных окатышей.

4. Оценить свойства железорудных окатышей с новым составом шихты при последующем металлургическом переделе.

5. Обосновать выбор оптимального связующего для проведения промышленных испытаний.

В данной работе первый этап, который связан с определением показателей качества шихты, проводился в лаборатории г. Усть-Каменогорск ТОО «АГЭИ», куда для проведения лабораторных испытаний была доставлена проба железорудного концентрата АО «ССГПО» массой 100 кг.

Перед проведением испытаний по окомкованию шихты с новыми связующими добавками были выполнены лабораторные исследования по определению показателей качества компонентов шихты (железорудный концентрат, бентонит, бенто-полимерная композиция).

Работы проводились с соблюдением требований ГОСТов, нормативной документации, методических инструкций лаборатории ТОО «АГЭИ».

Отбор, подготовка проб шихтовых материалов для химического анализа проводились согласно требованиям ГОСТ 15054. Результаты химического анализа концентрата представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Показатели качества концентрата АО «ССГПО»

Массовая доля влаги, %	Массовая доля Feобщ., %	Массовая доля класса крупности (мм), %	
		-0,071 мм	-0,045
9,20	68,7	95,0	85,2

Перед проведением лабораторных исследований выполнен полный химический анализ шихтовых материалов (таблица 2).

Таблица 2 - Химический состав шихтовых материалов

Наименование материала	Массовая доля компонента, %							Монтмориллонит, %
	$Fe_{общ}$	FeO	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	п.п.п.	
Концентрат	68,5	28,9	2,38	0,76	0,61	0,83	0,51	-
Бентонит	4,29	0,097	61,0	0,83	2,99	14,96	6,80	83,0
БПК	3,70	1,65	60,8	1,37	2,33	18,3	8,4	75,5

Показатели качества железорудного концентрата определяли по следующим методикам:

массовая доля воды – по ГОСТ 12764;

насыпная плотность – по ГОС 25732 п.3;

истинная плотность – по ГОСТ 26136 с использованием пикнометра АТС;

удельная поверхность концентрата - по ГОСТ 21043

Комкуемость определяли по методической инструкции лаборатории ТОО «АГЭИ» разработанной на основе опытных исследований горнообогатительных предприятий.

Определение комкуемости

Методика заключается в определении скорости капиллярного распространения воды в слое сухих тонкоизмельченных сыпучих материалов.

Комкуемость оказывает влияние на гранулометрический состав сырых окатышей. Чем выше показатель комкуемости шихты, тем равномерней формируется размер сырых окатышей, то есть выход годного класса в диапазоне 10÷14 мм в общей массе полученных сырых окатышей увеличивается.

Процесс получения сырого окатыша помимо динамических нагрузок в окомкователе определяется, двумя основными типами силы – молекулярной и капиллярной. Эти же типы сил определяют закономерности пропитки слоя концентрата. На рисунке 2 представлен фронт распространения воды в слое концентрата.

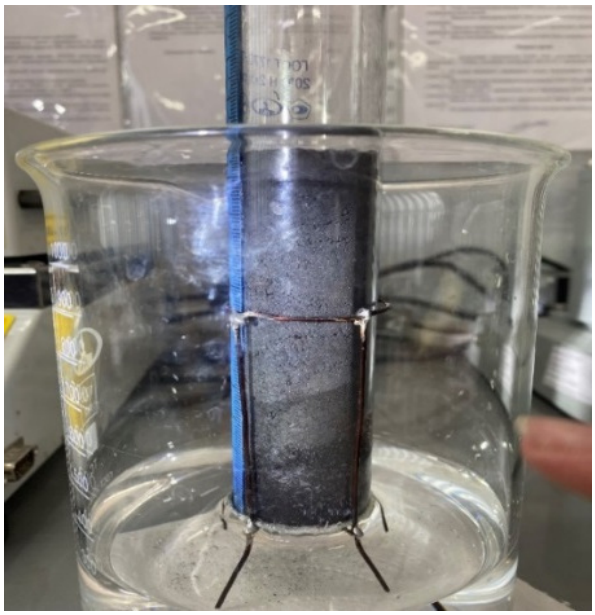


Рис.2 - Распределение воды в слое концентрата

Эффективный радиус (r), в мкм рассчитывался по формуле (1):

$$r = \frac{4 \cdot \upsilon \cdot l}{\sigma_H} \cdot \mu \cdot 1000, \qquad (1)$$

где: r – радиус капиляра, мкм;

υ – скорость капиллярного всасывания, см/сек;

l – высота столбика жидкости в капилляре (11 см);

$\delta_н$ – коэффициент поверхности натяжения воды ($72{,}86 \cdot 10^{-3}$ Н/м);

η – коэффициент вязкости воды (1,005).

Определение насыпной плотности

Определение насыпной плотности концентрата проводилось в воздушно - сухом состоянии без уплотнения согласно требованиям ГОСТ 25732 (п.3). Согласно п.3.1.3 (таблица) для испытуемого материала крупность от 0 до 1 мм применялся цилиндрический сосуд вместимостью 5дм^3.

Определение истинной плотности

Подготовка проб концентрата для определения истинной плотности производились в соответствии с ГОСТ 26136 при использовании пикнометра АТС.

Истинная плотность окатыша — это плотность его твердой части, которая определяется его химико-минералогическим составом, т.е. содержанием железа общего.

Определение удельной поверхности концентрата

Определение удельной поверхности концентрата проводилось на компьютерном приборе ПСХ-12 М в соответствии с требованиями ГОСТ 21043.

Важным фактором, определяющим сцепление частиц и прочность сырых окатышей, является величина удельной поверхности железорудного концентрата.

Удельная поверхность напрямую связана с гранулометрическим составом концентрата (чем больше доля мелких фракций, тем выше величина удельной поверхности).

Удельная поверхность – суммарная поверхность частиц в единице массы материала без учета поверхности закрытых и открытых пор.

Физические свойства концентрата АО «ССГПО», поступившие в лабораторию для исследований, были определены в лаборатории ТОО «АГЭИ». Значения физических свойств концентрата представлены в таблице 3.

Таблица 3 - Физические свойства концентрата АО «ССГПО»

Массовая доля, %		Истинная плотность, г/см^3	Насыпная плотность, т/м^3	Удельная поверхность, см^2/г	Радиус капилляра, мкм	Скорость капиллярного всасывания, см/сек
влага	кл. -0,040 мм					
8,94	82,6	4,905	2,0	1421	4,41	0,008

Исследуемый концентрат АО «ССГПО» характеризуется высоким радиусом капилляра (4,41мкм) и значительной скоростью капиллярного распространения воды (0,008 см/сек) что указывает на хорошую комкуемость данного концентрата и, как следствие, влияет на образование, формирование и рост окатышей в процессе окомкования.

Показатели качества связующих добавок (бентонитовая глина и БПК) определяли по следующим методикам:

- массовая доля песчаной фракции по ГОСТ 21216;

- глинистой составляющей по ГОСТ 28177;

- коллоидальность по ГОСТ 28177;

- массовая доля влаги по ГОСТ 28177;

- индекс набухания, по методическим инструкциям лаборатории ТОО «АГЭИ»;

- набухаемость, по методическим инструкциям лаборатории ТОО «АГЭИ»;

- эффективная вязкость 10% суспензии по методическим инструкциям лаборатории ТОО «АГЭИ»;

Отбор проб и подготовка проводились согласно ГОСТ 28177, методическим инструкциям, разработанных в институте.

Эффективная вязкость 10% суспензии определялась на вискозиметре типа FANN 35 SA, предварительно суспензия перемешивалась миксером Hamilton Beach в течение 10 минут при скорости вращения мешалки 10 000мин$^{-1}$.

Результаты испытаний на показатели качества связующих, используемых при получении экспериментальных партий железорудных окатышей представлены в таблице 4.

Перед выполнением окомкования был проведен расчет шихтовых компонентов для различных рецептур, представленный в таблице 5.

Таблица 4 - Показатели качества связующих

Наименование связующего	Массовая доля, %			Коллоидальность, %	Индекс набухания, мл/2г	Набухаемость, раз	Эффективная вязкость, мПа·
	влага	песчаная фракция	Глинистая составляющая				
бентонит	21,91	1,5	98,0	75,0	52,4	15,3	90,0
БПК	20,96	0,2	96,5	61,7	37,9	10,2	67,0

Таблица 5 - Расчет состава шихтовых компонентов

Наименование показателей	Наименование связующего

	бентонит						БПК			
1 Расход связующего, %	0,30		0,40		0,50		0,30		0,40	
2 Массовая доля влаги, %	К	Б	К	Б	К	Б	К	БПК	К	БПК
	8,94	7,85	8,94	7,85	8,94	7,85	8,94	8,15	8,94	8,15
3 Дозировка на сухую массу, %	99,7	0,30	99,6	0,40	99,5	0,50	99,70	0,30	99,6	0,40
4 Дозировка на влажную массу, %	99,7	0,30	99,6	0,40	99,49	0,510	99,7	0,30	99,6	0,30

Примечание: К – концентрат, Б - бентонит

Испытания по окомкованию шихты проводились согласно требованиям методической инструкции лаборатории ТОО «АГЭИ». На рисунке 3 приведена схема проведения испытаний.

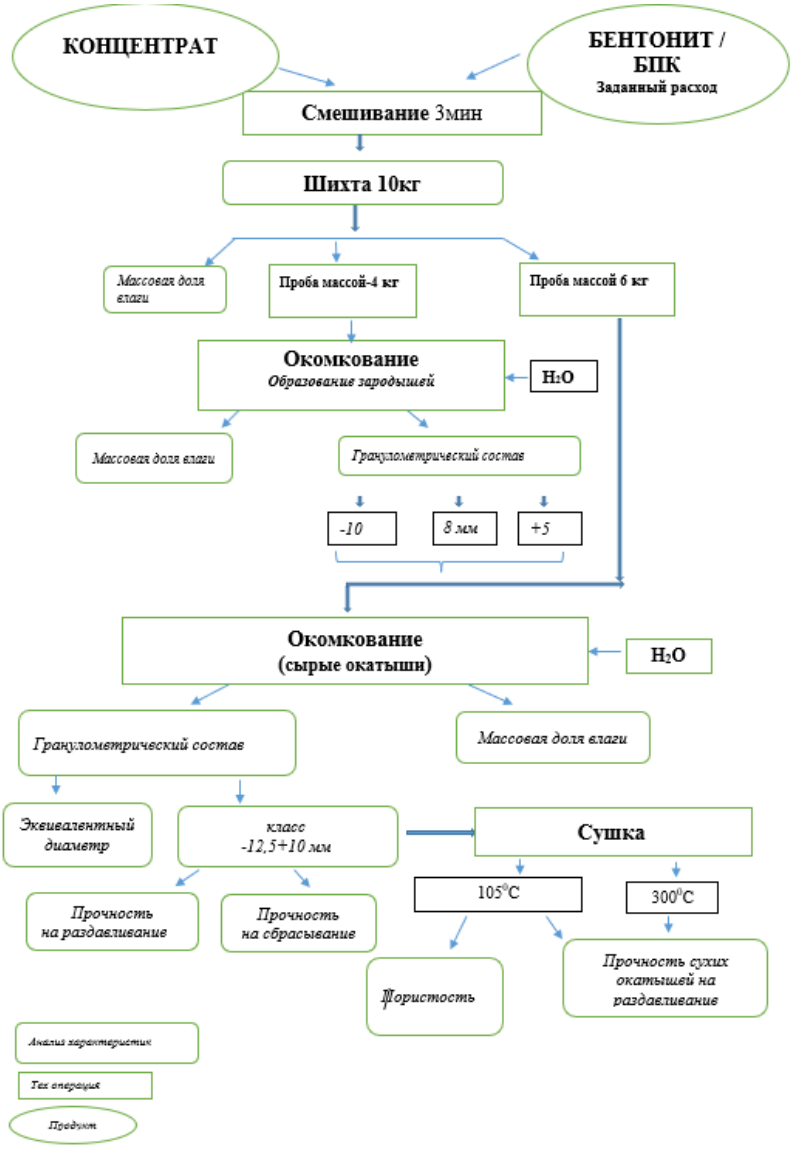


Рис.3 - Схема проведения процесса окомкования

Полученные окатыши выгружались из окомкователя для проведения физико-механических испытаний.

В образцах сырых окатышей определяли следующие показатели:

- массовая доля влаги согласно ГОСТ 12764;

- гранулометрический состав согласно ГОСТ 27562

- прочность на раздавливание сырых и высушенных в сушильном шкафу окатышей при температуре сушки 105°С и 300°С на ИПГ-1;

- прочность на сбрасывание с высоты 500 мм на резиновую и металлическую поверхности;

- пористость высушенных окатышей по ГОСТ 25732.

После термообработки обожженные окатыши подвергали испытаниям на определение следующих показателей:

- прочность на сжатие на испытательной машине ИТС-8313-1,0 по ИСО 4700;

- прочность на удар и истираемость в минибарабане по ГОСТ 15137;

- пористость по ГОСТ 25732 на весах VIBRA AJH 420 CE с комплектом измерителя плотности AJDK.;

- определение химического состава (Feобщ, FeO, SiO2, CaO, MgO, Al_2O_3, потери при прокаливании).

На рисунке 4 представлена лабораторная установка позволяющая проводить спекание исследуемых окатышей в изокинетических условиях. Термообработка тестовых проб на такой установке приближена к условиям действующих обжиговых машин конвейерного типа.

Результаты и обсуждение. Результаты лабораторных испытаний окатышей, полученных при окомковании высококачественного концентрата с добавлением различных связующих с разным процентом вложения представлены в таблице 6, рисунках 5 - 6.

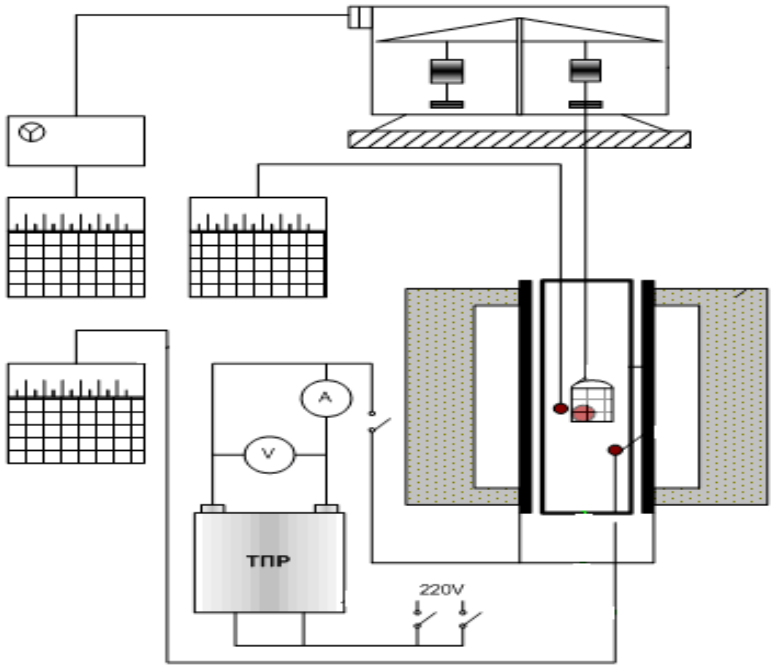


Рис.4 -Схема лабораторной установки спекания окатышей в изокинетических условиях

Таблица 6 - Результаты лабораторных испытаний окатышей из концентрата АО «ССГПО» полученных с применением разными связующих

Наименование показателей	Наименование связующего				
	ТОО «ТАГБЕНТ» (бентонит)			БПК	
Расход связующего, %	0,30	0,40	0,50	0,30	0,40
Массовая доля влаги, % - сырые окатыши	8,20	8,31	8,27	8,14	8,19
Массовая доля класса крупности (мм), % +16 -16 +14 -14 +12,5 -12,5 +11,2 -11,2 +10 -10 +8 - 8 +5 - 5 +0	0,2 1,2 8,2 34,2 25,0 27,2 4,0 0,0	0,8 2,6 21,2 43,4 20,3 10,4 1,3 0,0	0,4 5,3 28,4 45,1 14,0 6,0 0,8 0,0	0,0 1,4 6,7 34,2 30,5 23,5 3,7 0,0	0,0 3,4 18,4 41,9 22,1 12,1 2,1 0,0
Диаметр сырых окатышей, мм	10,34	11,28	11,68	10,40	11,15
Пористость сухих окатышей, %	32,1	31,7	30,8	31,5	30,2

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что наибольший выход годного класса окатышей (класс крупности -12,5 мм + 10 мм) при расходе 0,3-0,4% дают БПК. При этом массовая доля влаги сырых окатышей сохраняется на уровне 8 %.

Следует отметить, что выход годного класса при введении 0,3% связующего в случае БПК на 4,2 % выше, чем при использовании чистого бентопорошка.

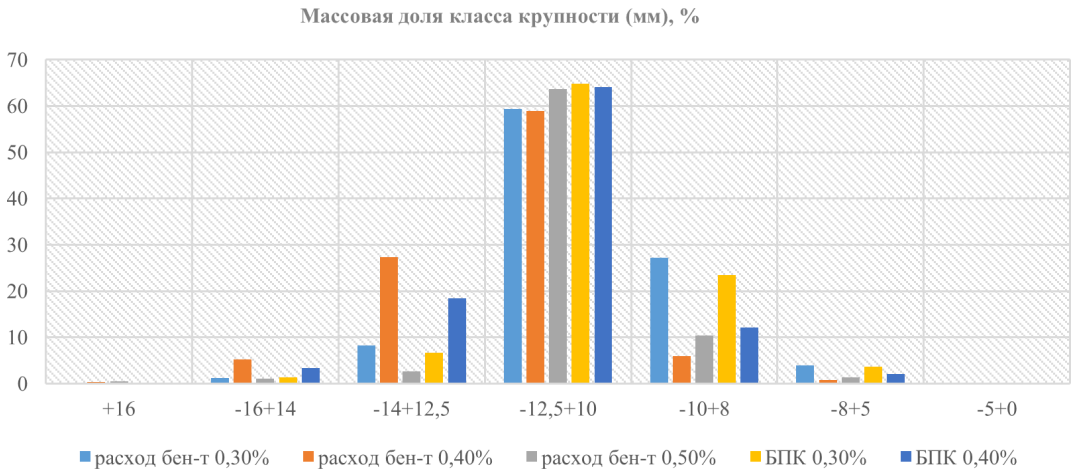


Рис.5 - Гранулометрический состав сырых окатышей

Результаты испытаний сухих окатышей на пористость свидетельствуют о преобладании открытых пор при их равномерном распределении в объёмах.

Процесс окомкования при применении БПК в лабораторных условиях проходит стабильно. Содержание воды в компонентах шихты и добавляемой достаточное для получения необходимой вязкости и протекания процесса окомкования (для формирования равномерной и прочной

структуры окатыша).

Поскольку расход бентонита/БПК (0,5/0,4 %) удовлетворяет техническим требованиям по прочностным свойствам сырых окатышей (рисунок 6), дальнейшее увеличение расхода связующего было нецелесообразно.

Термообработка тестовых проб была приближена к условиям действующей обжиговой машины конвейерного типа при производстве Dr-окатышей. Максимальная достигаемая температура в печи составила 1300 °С.

Данные физико-химических свойств обожженных окатышей, полученных после обжига приведены в таблице 7.

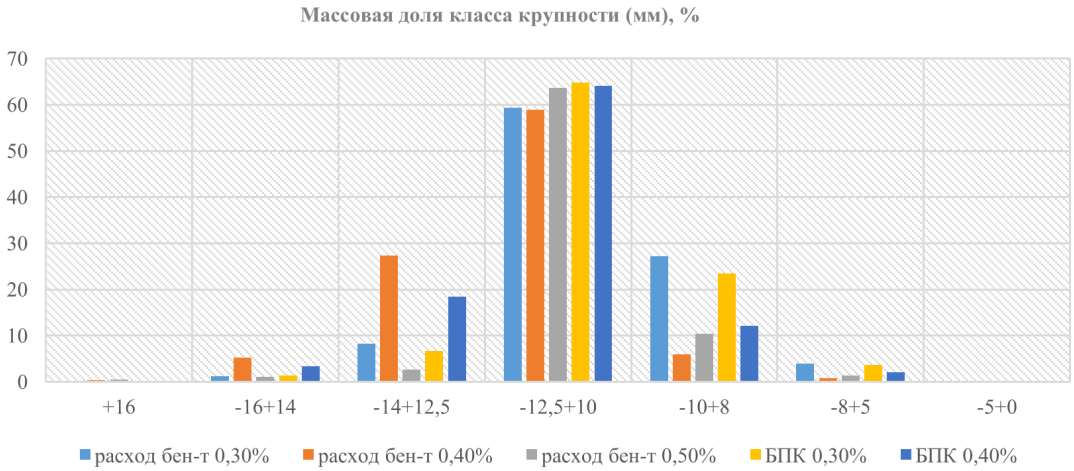


Рис.6 - Прочностные характеристики сырых и сухих окатышей

Таблица 7 - Физико-химические свойства обожженных окатышей

Наименование связующего	Расход, связующей добавки, %	Прочностные характеристики обожжённых окатышей			Пористость, %	Химический состав, %							
		на удар ($Б^{+5}$), %	сопротивление истиранию ($Б^{-0,5}$), %	на сжатие, кг/ок.		$Fe_{общ}$	FeO	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	S	nnn
Бентонит	0,30	97,5	2,5	306,0	22,6	66,55	0,72	2,61	0,55	0,71	0,96	0,0022	0,23
	0,40	98,0	2,0	314,0	21,7	66,44	0,66	2,70	0,51	0,71	0,99	0,0018	0,19
	0,50	98,2	1,8	392,0	21,2	66,34	0,82	2,72	0,55	0,71	1,00	0,0017	0,22
БПК	0,30	97,6	2,4	279,0	23,3	66,60	0,82	2,61	0,49	0,70	0,99	0,0021	0,23
	0,40	98,1	1,9	318,0	22,8	66,34	0,94	2,68	0,52	0,70	0,99	0,0022	0,20

При обжиге одновременно происходят процессы образования пор в результате выделения газов при разложении гидратов и карбонатов, также происходит разрушение первоначальных пустот или их перераспределение вокруг контактов зерен окатышей. Часть пор заплавляется, другая часть укрупняется за счет мелких, появляются поры на поверхности окатышей.

Контролируя температуру обжига, а также учитывая плавкость шихтовых компонентов и количество выделяемых газов можно получить структуру с большей или меньшей пористостью.

Наибольшее влияние температура обжига оказывает на пористость окатышей в период твердо-

фазного спекания и во время перехода к жидкофазному спеканию. При отсутствии жидкой фазы при твердофазном спекании увеличивается число контактов рудных зерен и, как следствие, пористость уменьшается.

В свою очередь пористость напрямую способствует:

- улучшению способности к восстановлению;
- упрощению сброса газа при обжиге;
- сохранению механических свойств.

Анализ результатов исследования прочностных характеристик обожженных окатышей свидетельствует о том, что оптимальный расход связующего, при условии постоянства остальных компонентов шихты, находится в пределах 0,3-0,4 %, при этом при расходе 0,4 % холодная прочность обожженных окатышей с применением БПК на 2,2 % выше, чем при использовании бентонитовой глины.

При оценке прочностных свойств сухих и обожженных окатышей была выявлена линейная зависимость между расходом связующего и характеристиками окатышей. С ростом оптимального удельного расхода связующего увеличивается прочность обожженных окатышей с одновременным обеспечением заданных показателей качества окатышей. В целом, по результатам исследований, можно отметить, что физико-механические свойства обожженных окатышей зависят от качества сырых окатышей, на которые кроме комплекса других факторов, влияют свойства связующего.

Рекомендуемые связующие добавки в виде бентопорошка ТОО «Тагбент» и БПК при расходе в шихту 0,4 % позволяют стабилизировать гранулометрический состав сырых окатышей, улучшить прочностные характеристики сырых, сухих и обожженных окатышей, улучшить показатель сопротивления истиранию обожженных окатышей.

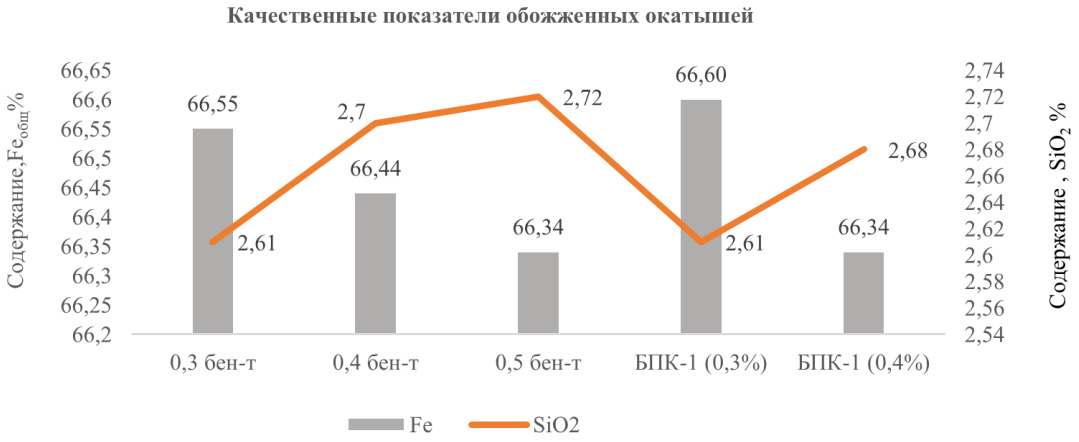


Рис.7 - Качественные характеристики обожженных окатышей

Анализ полученных обожженных окатышей показывает, что при оптимально выбранном удельном расходе бентонита увеличивается не только прочность обожженных окатышей, но также снижается содержание вредных примесей SiO_2, а содержание ценного компонента –Fe увеличивается.

Выводы. Выполненные исследования позволили определить роль предложенных связующих веществ: бентонита и бенто-полимерной композиции ТОО «Тагбент» в составе шихты, соответствующего типа и дозировки при производстве железорудных окатышей из высококачественного концентрата АО «ССГПО».

В ходе тестовых лабораторных испытаний был установлен состав и дозировка связующих компонентов в составе шихты.

Установлена прямая зависимость прочности обожжённых окатышей от прочности сухих, од-

нако, при проведении опытно-промышленных испытаний в условиях производства необходимо учитывать, что в ходе движения слоя на обжиговой машине возникают большие слоевые нагрузки и деформация окатышей, получивших внутренние «незалеченные» дефекты в процессе транспортировки и укладки выше, чем в лабораторных условиях.

Показано, что для получения необходимой вязкости (для склеивания окатыша) гелеобразной смеси (коллоида) бентонита и воды (для формирования равномерной и прочной структуры сырого окатыша) необходимо достаточное количество воды в шихте, подаваемой на сырое окомкование. Это способствует стабильности процесса окомкования, удерживанию большей части влаги, создавая тем самым гладкую поверхность окатыша.

Установлено, что применение высококачественных связующих позволяет получать железорудные окатыши с высокой прочностью на сжатие и низким сопротивлением к истиранию ($Б^{-0,5}$), с заданными качественными показателями окатышей.

Литература

1. Автоматизация металлургического производства / электронный учебник – Карагандинский государственный технический университет URL: https://www.kstu.kz Дата обращения: 13.02.2025.

2. Тимофеева А.С., Никитченко Т.В., Федина В.В. Определение комкуемости железорудной шихты с целью прогнозирования прочностных свойств окатышей // Современные наукоемкие технологии. -2015.-№ 8.- С.53-57

3. Фирсовская Е.В., Паринова А.С., Тимофеева А.С. Комкуемость шихты и прочность окатышей в зависимости от удельной поверхности концентрата //Материалы IX Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL: https://scienceforum.ru .-Дата обращения: 14.02.2025.

4. Жунусов А.К., Кулумбаев Н.К., Нурмаганбетов Ж.О., Толымбекова Л.Б. Производство хроморудных окатышей из мелкодисперсных отходов // Наука и техника Казахстана. - 2007. - № 3. - С.39-44.

5. Юрьев Б.П., Спирин Н.А., Шешуков О.Ю., Гольцев В.А., Шевченко О.И., Метелкин А.А. Разработка технологий для производства железорудных окатышей с высокими металлургическими свойствами: научная монография.-Нижний Тагил:НТИ(филиал) УрФУ, 2018 - 172 с. ISBN 978-5-9544-0091-5

6. Шаврин А.В. Исследование и разработка технологических решений по улучшению металлургических свойств окатышей на основе оптимизации их структуры [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.16.02 /. - Екатеринбург : [б. и.], 2006. - 24 с.

7. Байджанов Д.О., Дивак Л.А., Рожков А.В., Ахметов Б.Б. Вяжущие вещества: учебное пособие / Карагандинский государственный технический университет. - Караганда: Изд-во Санат, 2019. - 90 с. ISBN(onlain) 978-9965-38-402-8

8. Ibraimova D. M-K., Rozhkova O.V., Musabekov K.B., Tazhibayeva S.M., Rozhkov V., Yermekov M.T. Development of Methods to Obtain Composite Materials from Organoclays //Eurasian Journal of Chemistry. -2023. -Vol.28 № 4(112).- P.101-111. DOI 10.31489/2959-0663/4-23-14

9. Рожкова О.В., Муздыбаева Ш.А., Мусабеков К.Б., Ибраимова Д. М., Рожков В.И., Ермеков М.Т. Разработка методов получения носителей лекарственных средств на основе органомодифицированных глин // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия химических наук. -2023 -№ 3. – С.138-156. DOI 10.32014/2023.2518-1491.183

10. Musabekov K.B., Rozhkova O.V., Artykova (Ibraimova) D. M-K., Yermekov M.T., Muzdybaeva Sh.A. Application of bentonite clay as a protective barrier in the disposal of radioactive waste of nuclear industry

of Kazakhstan // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия Химия и технология. -2023. - Vol.1(454).- P.66-77. DOI 10.32014/2023.2518-1491.148

References

1. Avtomatizatsiya metallurgicheskogo proizvodstva / elektronnyi uchebnik – Karagandinskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet URL: https://www.kstu.kz Data obrashcheniya: 13.02.2025. [in Russian]

2. Timofeeva A.S., Nikitchenko T.V., Fedina V.V. Opredelenie komkuemosti zhelezorudnoj shihty s cel' ju prognozirovanija prochnostnyh svojstv okatyshej // Sovremennye naukoemkie tehnologii. -2015.-№ 8.- S.53-57. [in Russian]

3. Firsovskaja E.V., Parinova A.S., Timofeeva A.S. Komkuemost' shihty i prochnost' okatyshej v zavisimosti ot udel' noj poverhnosti koncentrata //Materialy IX Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii «Studencheskij nauchnyj forum» URL: https://scienceforum.ru .-Data obrashhenija: 14.02.2025. [in Russian]

4. Zhunusov A.K., Kulumbaev N.K., Nurmaganbetov Zh.O., Tolymbekova L.B. Proizvodstvo hromorudnyh okatyshej iz melkodispersnyh othodov // Nauka i tehnika Kazahstana. - 2007. - № 3. - S.39-44. [in Russian]

5. Jur' ev B.P., Spirin N.A., Sheshukov O.Ju., Gol' cev V.A., Shevchenko O.I., Metelkin A.A. Razrabotka tehnologij dlja proizvodstva zhelezorudnyh okatyshej s vysokimi metallurgicheskimi svojstvami: nauchnaja monografija.-Nizhnij Tagil:NTI(filial) UrFU, 2018 - 172 s. ISBN 978-5-9544-0091-5. [in Russian]

6. Shavrin A.V. Issledovanie i razrabotka tehnologicheskih reshenij po uluchsheniju metallurgicheskih svojstv okatyshej na osnove optimizacii ih struktury [Tekst] : avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk: 05.16.02 /. - Ekaterinburg : [b. i.], 2006. - 24 s. [in Russian]

7. Bajdzhanov D.O., Divak L.A., Rozhkov A.V., Ahmetov B.B. Vjazhushhie veshhestva: uchebnoe posobie / Karagandinskij gosudarstvennyj tehnicheskij universitet. - Karaganda: Izd-vo Sanat, 2019. - 90 s. ISBN(onlain) 978-9965-38-402-8. [in Russian]

8. Ibraimova D. M-K., Rozhkova O.V., Musabekov K.B., Tazhibayeva S.M., Rozhkov V., Yermekov M.T. Development of Methods to Obtain Composite Materials from Organoclays //Eurasian Journal of Chemistry. -2023. -Vol.28 № 4(112).- P.101-111. DOI 10.31489/2959-0663/4-23-14

9. Rozhkova O.V., Muzdybaeva Sh.A., Musabekov K.B., Ibraimova D. M., Rozhkov V.I., Ermekov M.T. Razrabotka metodov poluchenija nositelej lekarstvennyh sredstv na osnove organomodificirovannyh glin // Izvestija Nacional' noj akademii nauk Respubliki Kazahstan. Serija himicheskih nauk. -2023 -№ 3. – C.138-156. DOI 10.32014/2023.2518-1491.183. [in Russian]

10. Musabekov K.B., Rozhkova O.V., Artykova (Ibraimova) D. M-K., Yermekov M.T., Muzdybaeva Sh.A. Application of bentonite clay as a protective barrier in the disposal of radioactive waste of nuclear industry of Kazakhstan // Известия Национальной академии наук Республики Казахстан. Серия Химия и технология. -2023. - Vol.1(454).- P.66-77. DOI 10.32014/2023.2518-1491.148

Сведения об авторах

Рожкова О.В. — доктор химических наук, профессор, академик Национальной академии естественных наук Республики Казахстан, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», Астана, Казахстан, АО «Science and Technology Solutions», Астана, Казахстан, e-mail: rozhkova.o@stsolutions.kz;

Ковалёва О.О. — магистр по ядерной энергетике и теплофизике, директор ТОО "Алтайский геолого-экологический институт", Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: kovaleva@agikaz.pro;

Лебедева В.И. — заместитель генерального директора по стратегическому развитию ООО «Бентонит Хакасии», Россия, г. Черногорск, Республика Хакасия, e-mail: lebedeva@bentonit.ru;

Ветюгов Д.А. — менеджер по развитию ООО «Компания Бентонит», г. Москва, Россия, e-mail: da.vetugov@bentonit.ru;

Рожков В.И. — кандидат технических наук, НАО «Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина», г. Астана, Казахстан, e-mail: vitalrza1983@gmail.com.

Information about the authors

O.V. Rozhkova — Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Natural Sciences of the Republic of Kazakhstan, NAO "Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin", Astana, Kazakhstan, JSC "Science and Technology Solutions", Astana, Kazakhstan, e-mail: rozhkova.o@stsolutions.kz;

O.O. Kovaleva — Master of Nuclear Energy and Thermophysics, Director of LLP "Altai Geological-Ecological Institute", Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: kovaleva@agikaz.pro;

V.I. Lebedeva — Deputy General Director for Strategic Development, LLC "Bentonite Khakassia", Russia, Chernogorsk, Republic of Khakassia, e-mail: lebedeva@bentonit.ru;

D.A. Vetyugov — Development Manager, LLC "Bentonite Company", Moscow, Russia, e-mail: da.vetugov@bentonit.ru;

V.I. Rozhkov — Candidate of Technical Sciences, NAO "Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin", Astana, Kazakhstan, e-mail: vitalrza1983@gmail.com.

МРНТИ 87.53.13 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-1093**

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ: ОБЗОР

[1,2]Н.У. Нургалиев✉, [1]Ж.Б. Искакова✉, [3]А. Колпек, [1,2]Е.К. Айбульдинов✉, [3]А.С. Сабитов, [3]Э.Е. Копишев, [1,3]Т.Т. Машан, [1,3]Л.А. Кусепова, [1]Г.Ж. Алжанова, [1,4]Г.Г. Абдиюсупов, [1,5]М.Т. Өмірзақ

[1]Научно-исследовательский институт Новых химических технологий при Евразийском национальном университете им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,

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

[3]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,

[4]CCS Services – Central Asia, Алматы, Казахстан,

[5]Sauda Exports&Import, Алматы, Казахстан

✉Корреспондент-автор: nurgaliev_nao@mail.ru, zhanariskakova@mail.ru, elaman_@mail.ru

Статья посвящена комплексному анализу современного состояния, проблем и развитию технологий переработки и утилизации отходов, что представляет собой одну из наиболее актуальных тем в области охраны окружающей среды и устойчивого развития. В условиях стремительного роста объемов промышленных и бытовых отходов, особенно в крупных урбанизированных городах, остро встает задача их рационального и экологически безопасного управления. Традиционные методы обращения с отходами, такие как захоронение на полигонах, становятся неэффективными ввиду нехватки площадей, риска загрязнения почв и вод, а также выбросов парниковых газов. Поэтому в статье проводится обзор таких существующих технологий переработки и утилизации отходов, как сжигание, пиролиз и газификация (включая плазменную газификацию). Среди проблем, решение которых позволит повысить эффективность этих технологий, выделяются высокие капитальные затраты и низкий уровень внедрения инноваций. Сравнительный анализ рассматриваемых технологий показал, что каждая из них характеризуется рядом ключевых параметров, таких как эффективность обезвреживания отходов, экологическая безопасность, стоимость внедрения и эксплуатации, энергетический потенциал и пригодность к различным типам отходов. На этой основе прогнозируется будущее направление развития технологий переработки.

Ключевые слова: отходы, твердые бытовые отходы, промышленные отходы, углеотходы, сжигание, пиролиз, газификация

ҚАЛДЫҚТАРДЫ ҚАЙТА ӨҢДЕУ ЖӘНЕ УТИЛИЗАЦИЯЛАУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ДАМЫТУ: ШОЛУ

[1,2]Н.У. Нургалиев✉, [1]Ж.Б. Искакова✉, [3]А. Колпек, [1,2]Е.К. Айбульдинов✉, [3]А.С. Сабитов, [3]Э.Е. Копишев, [1,3]Т.Т. Машан, [1,3]Л.А. Кусепова, [1]Г.Ж. Алжанова, [1,4]Г.Г. Абдиюсупов, [1,5]М.Т. Өмірзақ

[1]Жаңа химиялық технологиялар ғылыми-зерттеу институты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

[2]Қ.Құлажанов атындағы технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,

[3]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,

[4]CCS Services – Central Asia, Алматы, Қазақстан,

[5]Sauda Exports&Import, Алматы, Қазақстан,

e-mail: nurgaliev_nao@mail.ru, zhanariskakova@mail.ru, elaman_@mail.ru

Мақала қоршаған ортаны қорғау және тұрақты даму саласындағы ең өзекті тақырыптардың бірі болып табылатын қалдықтарды қайта өңдеу және утилизациялау технологияларының қазіргі жай-күйін, проблемаларын және дамуын кешенді талдауға арналған. Өнеркәсіптік және тұрмыстық қалдықтар көлемінің қарқынды өсуі жағдайында, әсіресе ірі урбанизацияланған қалаларда оларды ұтымды және экологиялық қауіпсіз басқару міндеті өткір тұр. Полигондарда көму сияқты қалдықтарды өңдеудің дәстүрлі әдістері алаңдардың жетіспеушілігіне, топырақ пен судың ластану қаупіне және парниктік газдар шығарындыларына байланысты тиімсіз болып келеді. Сондықтан мақалада жану, пиролиз және газдандыру (плазмалық газдандыруды қоса алғанда) сияқты қалдықтарды қайта өңдеу және кәдеге жарату технологияларына шолу жасалады. Осы технологиялардың тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретін проблемалардың ішінде жоғары күрделі шығындар мен инновацияларды енгізудің төмен деңгейі ерекшеленеді. Қарастырылып отырған технологияларды салыстырмалы талдау, олардың әрқайсысы қалдықтарды залалсыздандыру тиімділігі, экологиялық қауіпсіздік, енгізу және пайдалану құны, энергетикалық потенциалы және қалдықтардың әртүрлі түрлеріне жарамдылығы сияқты бірқатар негізгі параметрлермен сипатталатынын көрсетті. Осы негізде қайта өңдеу технологияларын дамытудың болашақ бағыты болжанады.

Түйін сөздер: қалдықтар, қатты тұрмыстық қалдықтар, өнеркәсіптік қалдықтар, көмір қалдықтары, жағу, пиролиз, газдандыру.

CURRENT STATUS AND DEVELOPMENT OF WASTE TREATMENT AND UTILIZATION TECHNOLOGIES: A REVIEW

[2,1]N.U. Nurgaliyev✉, [1]Zh.B. Iskakova✉, [3]A. Kolpek, [1,2]Ye.K. Aibuldinov✉, [3]A.S. Sabitov, [3]E.Ye. Kopishev, [1,3]T.T. Mashan, [1,3]L.A. Kusepova, [1]G.Zh. Alzhanova, [1,4]G.G. Abdiyussupov, [1,5]M.T. Omirzak

[1] Research Institute of New Chemical Technologies, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

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

[3] Department of Chemistry, Faculty of Natural Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,

[4]CCS Services - Central Asia, Almaty, Kazakhstan,

[5]Sauda Exports&Import, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: nurgaliev_nao@mail.ru, zhanariskakova@mail.ru, elaman_@mail.ru

The article is devoted to a comprehensive analysis of the current state, problems and development of waste processing and utilization technologies, which is one of the most relevant topics in the field of environmental protection and sustainable development. With the rapid growth of industrial and household waste, especially in large urbanized cities, the task of their rational and environmentally safe management is acute. Traditional methods of waste management, such as landfill disposal, are becoming inefficient due to lack of space, risk of soil and water pollution, and greenhouse gas emissions. Therefore, this article reviews existing waste treatment and disposal technologies such as incineration, pyrolysis and gasification (including plasma gasification). Among the problems, the solution of which will improve the efficiency of these technologies, high capital costs and low level of innovation are emphasized. Comparative analysis of the technologies under consideration has shown that each of them is characterized by a number of key parameters, such as waste neutralization efficiency, environmental safety, cost of implementation and operation, energy potential and suitability for different types of waste. On this basis it is possible to predict the future direction of development of recycling technologies.

Keywords: waste, municipal solid waste, industrial waste, coal waste, combustion, pyrolysis, gasification

Введение. В 1992 году в Рио-де-Жанейро прошла Международная конференция ООН, на которой была принята Декларация по Охране Окружающей среды и развитию. Согласно Декларации, все участвующие в ней развитые и развивающиеся страны должны сотрудничать в целях ответственного бережного отношения к мировой экосистеме. Страны участники разработали программы по охране окружающей среды в масштабах государства, регионов, областей и т.д., где важное значение отводится экологической утилизации твердых бытовых отходов (ТБО).

На сегодняшний день человеческое общество сталкивается с двумя основными глобальными проблемами – это загрязнение окружающей среды и нехватка природных ресурсов, возникшими в результате быстрой урбанизации и индустриализации, имевших место в последнее десятилетие [1]. Из-за урбанизации увеличивается количество твердобытовых отходов, а в результате индустриализации накапливаются угольная пыль или мелочь, смолы, нефтешламыи другие органические отходы промышленности.

Неправильное обращение с отходами негативно воздействует на окружающую среду, что может создать множество проблем для благополучия общества, среди которых – безопасность, здоровье человека и финансовые аспекты (Xiao etal., 2020) [2]. Постоянный рост объема ТБО усложняет задачи обращения с отходами для нынешнего и будущего поколений (Yeetal., 2020) [3]. Чрезмерное использование ресурсов в промышленном секторе, а также в домохозяйствах, генерирует огромное количество твердых отходов, которые бросают вызов глобальной устойчивости [4]. Это усугубляется растущим использованием ископаемой энергии, загрязнением окружающей среды и глобальным потеплением (Hoang and Pham, 2021) [5]. Было замечено,что с улучшением экономического развития, количество отходов резко возросло [4]. Сопутствующей угрозой является истощение природных ресурсов (Hoangetal., 2020) [6]. Для достижения социальной устойчивости важно одновременно повышать эффективность энергоснабжения, преобразования сырья и повторного использования его отходов (Seferlisetal., 2021) [7].

По данным глобального обзора Всемирного банка, ожидается, что к концу 2025 года, крупные города мира будут генерировать около 1,3 миллиарда тонн ТБО в год [8]. В большинстве развивающихся стран сбор ТБО и подметание улиц является крупнейшим источником занятости. Кроме того, ТБО являются одними из самых сильных местных загрязнителей. Некачественный сбор отходов приводит к ухудшению окружающей среды, локальных наводнений, загрязнений земли, воздуха и воды [8,9]. Все эти последствия приводят к серьезной опасности для здоровья человека, что можно минимизировать только путем внедрения экономически эффективных, технических и политических мер.

Поэтому увеличение объемов производимого мусора в случае отсутствия высокоэффективных технологических решений по его утилизации может стать необратимой в достаточно скором времени. Как правило, основную часть отходов отправляют на переработку (рециклинг), а непригодную для переработки – на сжигание.

Целью данного исследования является комплексный анализ современного состояния и развития процессов переработки и утилизации отходов, а также сравнение существующих технологий, направленных на их эффективное и экологически безопасное применение. Исследование направлено на выявление преимуществ, недостатков и перспектив различных методов, таких как сжигание, пиролиз и газификация, что является особенно важным для обоснования рационального выбора технологий в зависимости от типа отходов, экономических условий и экологических требований. Основной акцент необходимо ставить на переход к более устойчивым, ресурсосберегающим и наукоемким подходам в сфере обращения с отходами.

Современное состояние и проблемы эффективной и экологически чистой переработки и утилизации отходов

Во всем мире по статистическим данным ежегодно производится и выбрасывается в окружающую среду около 2 Гт ТБО (Usmanietal., 2020)

[10], из которых 33 % не собираются и не перерабатываются должным образом. Это оказывает в глобальном масштабе огромное влияниена энергетический сектор, управление отходами и промышленную устойчивость. В работе (Yangetal., 2021) [11] показано годовое образование ТБО за 2017–2018 годы по странам, из которых в первую пятерку стран-производителей отходов входят США (258 млн.т), Китай (220 млн.т), Индия (168 млн.т), Бразилия (80 млн.т), Российская Федерация (60 млн.т), Казахстан (4,5-5 млн.т).

По информации Государственного кадастра отходов производства и потребления в в Казахстане накоплено более 30,6 млрд тонн отходов производства и потребления, из них ТБО составляют около 100 млн тонн (на 3,5 тысячах имеющихся полигонах, занимающих 16 тыс.га), а остальной объем - промышленные отходы, представляющие угрозу экологической безопасности. По данным Министерства экологии, геологии и природных ресурсов, в Казахстане в 2020 г. произведено 4,6 млн. тонн ТБО, из них 2,8 млн тонн - коммунальные отходы, вывезенные более чем 600 предприятиями. Отходы домашних хозяйств - 71%, отходы производства - 14,6%, 10% – это уличный мусор, и более 2% - рыночные отходы.

ТБО сортируются и перерабатываются на заводах в городах Астана, Шымкент и Жанаозен, а также на предприятиях среднего и малого бизнеса. Но объём перерабатываемой продукции пока составляет 15-20 % от общего объёма. По прогнозам экологов, уже к 2026 году количество ТБО увеличится до 8 млн. тонн в год [12]. В 2020 г. Министр экологии, геологии и природных ресурсов Магзум Мирзагалиев в ходе презентации перед депутатами озвучивал следующую информацию: «В стране есть две наиболее острые экологические проблемы – это качество окружающей среды (воздух, вода, почва) и твердые бытовые отходы. Наблюдается ежегодный прирост выбросов, и если не принять никаких мер, то, по прогнозу, в 2030 году фактические эмиссии загрязняющих веществ составят 3,6 млн тонн, то есть они могут вырасти в 1,5 раза за 10 лет» [13].

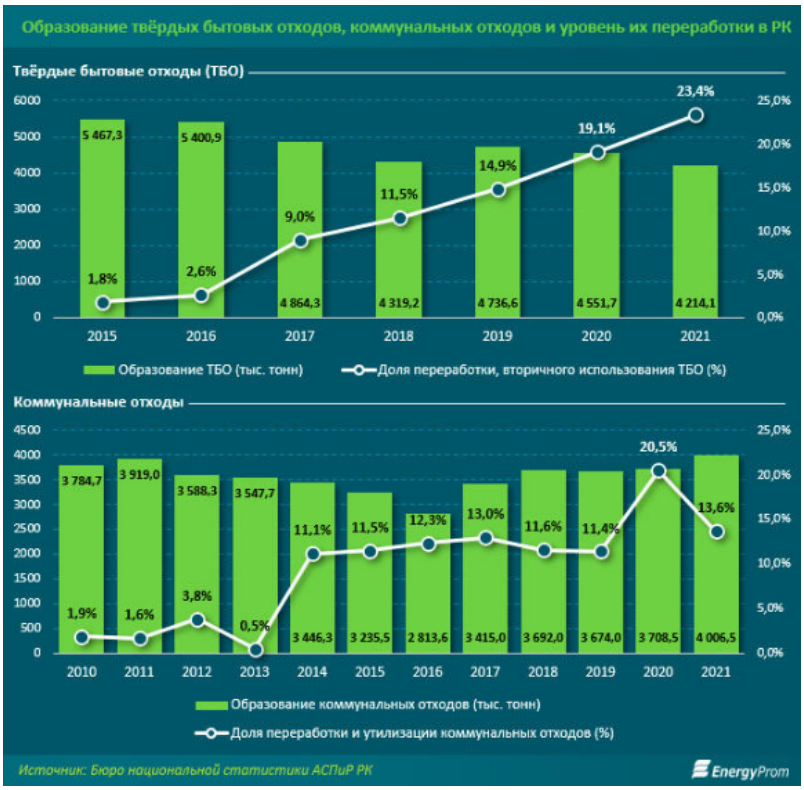


Рис.1 - Образование ТБО, коммунальных отходов и уровень их переработки в Казахстане

В 2020 году председатель правления Международного центра «зеленых» технологий и инвестиционных проектов (IGTIPC) Рамазан Жампиисов прокомментировал следующее: «Проблема обращения с бытовыми отходами актуальна для Казахстана и требует планомерного решения на основе использования передового международного опыта. Сортировка и переработка ТБО в стране на сегодняшний день не превышает 15%, тогда как в мировой практике данный показатель равен 70%»; «Если не заняться проблемой утилизации бытовых отходов прямо сейчас, уже через несколько лет она приведет экологию Казахстана к неотвратимым последствиям» [14].

Согласно данным Бюро национальной статистики АСПиР РК образование ТБО, коммунальных отходов и уровень их переработки в Казахстане представлены на рисунке 1.

В России в данный момент порядка 90% отходов отправляется на полигоны и свалки, и лишь 7% - на переработку, в то время как в США сжигается лишь 13% мусора (34% перерабатывается), в Италии - 19%, в Германии - 32% (48% получает «вторую жизнь») [15].

Сжигание мусора считается общепризнанной технологией его утилизации, так как она приводит к существенному уменьшению его объемов, а, следовательно, и к сокращению необходимых для захоронения площадей полигонов) [16]. Однако, общепринятое в прошлом веке бесконтрольное сжигание мусора в печах стало негативным опытом как в Европе, так и в Америке. Построенные в те годы мусоросжигательные заводы, как оказалось, загрязняют биосферу в огромном количестве высокотоксичными вредными веществами, как фураны, диоксины, фосген, синильная кислота и др., а также зола и шлаки неизвестного состава и с непредсказуемыми свойствами. Особенно велика при сжигании диоксиновая опасность [17]. Данные вещества затем выпадают с осадками, накапливаются в земле и в конечном итоге оказываются в пищевой цепочке человека, вызывая у него различные виды канцерогенных заболеваний. По этой причине прямое (без высокотемпературного воздействия и очистки отходящих газов) сжигание было запрещено Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ).

В Таблице 1 представлена статистическая информация о применении трех основных методов утилизации отходов в различных странах: сжигание, захоронение, компостирование. Сжигание, как метод утилизации отходов, в большей степени используется в Японии (70%) и Австрии (73%), в меньшей степени (менее 37%) в других странах. Наименее востребованным данный способ утилизации является в Англии (7%) и России (6%). В Казахстане и вовсе не используют данный метод.

Таблица 1 - Процентное соотношение методов утилизации ТБО в различныхстранах

Методутилизации	США	Англия	Франция	Германия	Австрия	Италия	Казахстан	Россия	Япония	Южная Корея
Сжигание	17	7	37	21	73	13	-	6	70	18
Захоронение	81	92	53	73	19	84	95	94	17	79
Компостирование	-	1	10	6	7	3	-	-	1	2
Прочие	2	-	-	-	1	-	5	-	12	1

Распространенный способ утилизации отходов в мире - захоронение отходов на полигонах. Как видно по таблице, все страны кроме Японии и Австрии применяют способ захоронения как основной метод утилизации отходов. Более 70% ТБО эти страны направляют на захоронение. В системе захоронения отходов в полигонах предусмотрены разделение отходов на опасные, бытовые и инертные, также обработка отходов для обезвреживания. Однако, несмотря на дорогосто-

ящие и многоступенчатые системы фильтрации отходящих газов, все-таки в окружающую среду проникают загрязнители - высокотоксичные органические соединения (окислы азота и серы, фенолы, фураны, полихлорированные дибензо-n-диоксины и дибензофураны и др.).

В странах с развитой экономикой, закон ограничивает содержание в 1 $м^3$ выделяемого в окружающею среду газа. Содержание диоксида азота не должно превышать $0,1 \cdot 10^{-9}$г, а также дибензофуранов и диоксинов. Такие ограничения диктуют необходимость в поисках и внедрении современных технологических возможностей утилизации ТБО с минимальными отрицательными воздействиями на атмосферу.

Технологические и научные достижения позволяют преобразовывать неутилизируемые ТБО в различные энергоносители - электроэнергию, тепло, биотопливо и биогаз [18]. Компостирование [19] и захоронение [20] являются традиционными технологиями обработки отходов, тогда как технологии анаэробного сбраживания [21], сжигания [22], пиролиза [23], газификации [24] и гидротермальной переработки [25] более эффективны для превращения ТБО в ценные химические продукты и топливо с добавленной стоимостью. Однако реализация данных технологий сопряжена определенными трудностями. В частности, важную роль играет технологическая готовность использования каждого метода [26].

Переработка отходов должна быть эффективной, безопасной, а главное должна быть экологически чистой. Сокращение объемов отходов, повторное использование, переработка, сортировка, разделение, переработка и утилизация - это основные этапы комплексного управления отходами [27,28].

Чтобы преодолеть серьезные последствия и риски для здоровья человека в последнее время было внедрено много новых технологий утилизации отходов. Пока выбор и применение технологии зависит от разных факторов, включая экономическое состояние страны, приоритеты и виды образующихся отходов [29]. Такие развитые страны как Италия, Япония, США и Великобритания практикуют концепцию безотходного муниципального управления отходами. Они внедряют современные способы сбора и хранения отходов, методы эффективного сжигания,пиролиз, плазменную газификацию, аэробную и анаэробную очистку [30,31]. Кроме предварительной обработки и технологий утилизации отходов, они строго реализуют концепцию 3R (reduce, reuse andrecycle) сокращение, повторное использование и переработка [32]. Развивающиеся страны отстают в гонке новейших технологий, но у них есть возможности учиться на опыте развитых стран.

С каждым годом растет ценность ТБО как комплексного сырья. Поэтому их следует подвергать глубокой переработке. Так, итальянская фирма Sorain Cecchini из 1800 тонн мусора выделяет 55 тонн черных металлов, производит 25 тонн бумажных волокон, что означает в годовом исчислении спасение от вырубки почти полмиллиона деревьев. Также из пищевых отходов делают гранулированное органическое удобрение, из пластика - полимерную пленку. В целом 55 % ТБО превращают в товарную продукцию и только оставшуюся часть сжигают. Полученный при этом шлак также целесообразно применять для строительных бетонов, покрытия дорог и дренажных засыпок. Та же итальянская фирма Colari Group имеет 25 дочерних компаний и является крупнейшим мусороперерабочиком не тольков ЕС, но и в мире. Так, в ЕС ей принадлежит две трети от всего рынка переработки мусора. В Японии эта фирма ведет переработку мусора, во Франции - переработку мусора, выработку удобренийи побочного биогаза (80 % идет на продажу и 20 % на собственные нужды). Ежегодно фирма зарабатывает более 1 млрд евро.

Кроме ТБО глобальную экологическую проблему создает накопление таких отходов, как промышленные (нефтешлам, металлургические отходы и др.), сельскохозяйственные, углеотходы (угольная пыль, золошлак). Рассмотрим более подробно такие распространенные отходы как угольная мелочь (пыль), золошлак, нефтешлам.

Проблема переработки угольной мелочи существует ввиду того, что некоторое количество угля (2-4%) извлекается на поверхность в виде уголь-

ной мелочи, которая не пользуется спросом у потребителей вследствие низкой калорийности, и вынужденно скапливается в отвалах угледобывающих предприятий. Это приводит к существенному сокращению земельных площадей и представляет экологическую угрозу окружающей среде. Поэтому разработка технологии, позволяющей осуществить переработку угольной мелочи в полезный продукт, удовлетворяющий по качествам конечного потребителя, даст решение проблемы как в экономическом, так в экологическом плане.

Также одним из основных источников загрязнения окружающей среды от углепереработки являются золошлаковые отходы (образующиеся от сжигания угля в ТЭЦ, котельных и др.). В настоящее время в Казахстане накопилось 500 млн. тонн золошлаковых отходов (ЗШО) и этот объем растет на 19 млн. тонн ежегодно. При этом, золошлакоотвалы занимают большие площади, а их строительство требует значительных капитальных затрат со стороны энергостанций, которые в конечном счете влияют на повышение себестоимости производства энергоносителей (по данным Казахстанской электроэнергетической ассоциации). Из ЗШО в Казахстане перерабатывается около 8 % золы (менее 1,9 млн тонн). Если использование ЗШМ останется на этом уровне, тообъём накопленных отходов к 2030 году превысит 1 млрд тонн. [33]. Текущая глобальная годовая добыча ЗШО в мире составляет приблизительно 750 миллионов тонн и в ближайшем будущем, как ожидается, это количество отходов будет расти. Данный факт является одним из серьезных экологических проблем, связанным с угрозой здоровью населения и экологической безопасности окружающей среды (ущерб для почвы, растений, атмосферы). В связи с этим, возникает необходимая потребность в утилизации и переработки ЗШО. В этом контексте глобальная переработка ЗШО не только способствует улучшению экологического состояния окружающей среды, которое является приоритетной задачей, но и дополнительно (кроме получения энергии) позволит существенно повысить эффективность переработки угля с получением продуктов повышенной добавочной стоимости (микросфера, углерод, редкие и редкоземельные металлы, кремний, алюминий, железо, строительные материалы и др.).

Из данных, представленных на рисунке 2 видно, что наиболее передовыми в отношении переработки ЗШО являются такие промышленно развитые страны как Германия, Япония, ЕС, Китай. Как видно, лидирующие позиции по переработке ЗШО занимают Германия, Япония, ЕС, Китай.

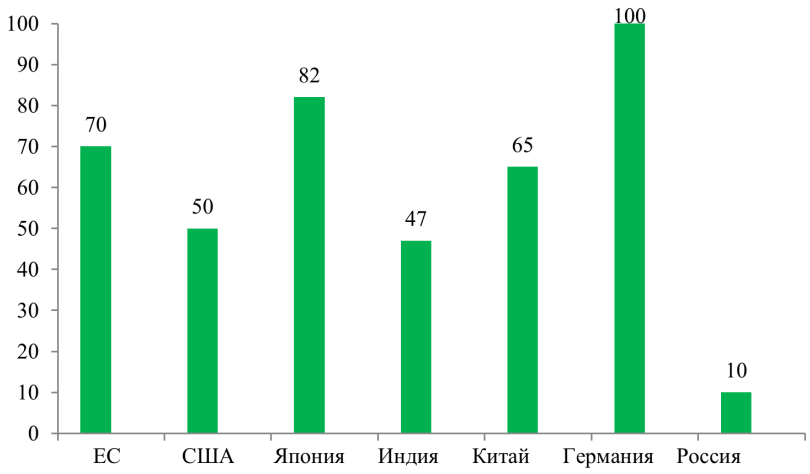


Рис.2 - Реализация ЗШО в промышленно развитых странах мира в % от образования

В результате деятельности нефтедобывающих предприятий регулярно образуются отходы со значительным содержанием нефти: нефтяные шламы инефтезагрязненные грунты. Это отходы

3-2-го классов опасности в твердом или пластичном состоянии, требующие специальных методов обращения. Приэтом темпы образования отходов данного вида заметно превышают темпы их утилизации. Это свидетельствует о необходимости создания эффективных, экономичных и экологически чистых технологийпереработки нефтесодержащих отходов.

Структура нефтешламов представляет собой физико-химическую систему, включающую в себя нефтепродукты, воду и минеральные добавки (глина, песок, окислы металлов и т.д.).

На одну тонну перерабатываемой нефти приходится 7 кг нефтешламов, что приводит к большому скоплению последних в земляных амбарах нефтеперерабатывающих предприятий. Шламы представляют собой тяжелые нефтяные остатки, содержащие в среднем 10-56% нефтепродуктов, 30-85% воды, 1,3-46% твердых примесей. Нефтяные шламы можно использовать по нескольким направлениям: возврат в производство (при обезвоживании и сушки) с целью последующей переработки в целевые продукты; использование их в качестве топлива, однако это связано с большими материальными затратами. К нефтяным шламам можно добавлять негашеную известь (5-50%) и после сушки в естественных условиях использовать в качестве наполнителя при изготовлении строительных материалов.

Существующие технологии и технологические схемы переработки и утилизации отходов

Общий обзор технологий переработки и утилизации отходов

Обзоры предыдущих достижений, включая эволюцию сжигания отходов (Makarichi и др., 2018 г.) [34], анализ общественного мнения (Yuan и др., 2019 г.) [35] и анализ государственно-частного партнерства в области сжигания отходов (Cui и др., 2020) [36] показали, что развитие технологии утилизации отходов за последнее десятилетие не подвергалось должному систематическому анализу. Это особенно актуально в контексте парадигмы экономики замкнутого цикла.

С целью решения экологическим проблем и вторичного эффективного использования отходов, в настоящее время по всему миру развитые страны более широко применяют технологии W2E (Chenetal., 2020) [37], представляющие собой процесс получения энергии (в виде электричества и/или тепла) из отходов. По этой причине W2E (wastetoenergy – энергия из отходов) представляет собой реальный потенциал для одновременного решения проблем отходов и энергии в глобальном масштабе (Skaggsetal., 2018) [38]. Это можно объяснить тем, что трансформация и преобразование отходов в полезную энергию может не только уменьшить выброс загрязняющих веществ в окружающую среду, но и разнообразить предоставляемые источники энергии в зависимости от технологических особенностей каждой страны, региона и местности.

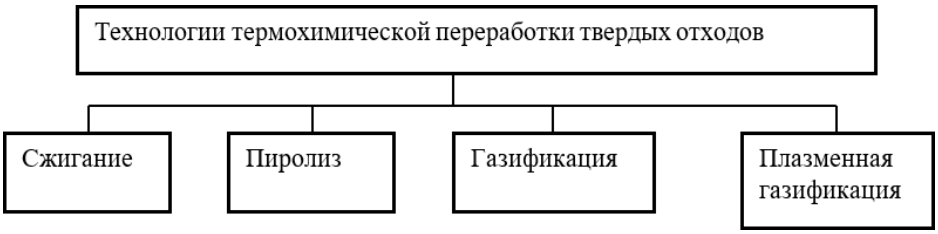


Рис.3 - Основные виды переработки твердых отходов

Переработкой отходов занимаются более 2500 заводов по всему миру, используя разные технологии. Метод сжигания мусора в колосниковой печи используют на 2440 заводах, остальные производства используют метод пиролиза. Данный метод эффективен в повышении теплотворной способности и снабжению теплом и электричеством населения. Поэтому превращение отходов в энергию или другие полезные продукты несет в себе стратегический синергетический потенциал

для сведения к минимуму – загрязнения, использование ископаемой энергии и истощение природных ресурсов (Amen etal., 2021) [39].

На рисунке 3 приведены основные виды переработки твердых отходов.

Принцип действия вышеуказанных методов заключается в том, чтобы нагреть отходы до высокой температуры, при этом возникает разрыв цепей углеводородов на составные части. В основе методов термической обработки находятся четыре основные стадии: воздействие на отходы высокими температурами, многоступенчатая очистка полученной парогазовойсмеси, отвод образовавшегося тепла и аккумулирование с дальнейшим применением образованных ценных минеральных и органических продуктов [40,41].

Сжиганием называется контролируемый процесс окисления отходов углеводородов, чтобы уменьшить их объем. В процессе сжигания получаются различные газообразные продукты: диоксид углерода, моноксид углерода закись азота и прочие газообразные продукты. Также образуются различные оксиды, а хлор восстанавливается до HCl [42]. Также после сжигания возникают разные твердые вещества в виде различных металлов, шлака, стекла и т.д., которые требуют дальнейшего утилизации или\и захоронения на полигонах. Сжиганием пользуются в случаях, когда переработка углеводородных отходов является затруднительной и\или слишком затратной. В процессе сжигания осуществляются пять параллельных или последовательных этапов: сушка, газификация, воспламенение, горение и дожигание [43].

Пиролиз является наиболее эффективной и освоенной в промышленном масштабе из существующих технологий, представляющий собой контролируемое термическое разложение (деструкцию) высокомолекулярной составляющей органических отходов на низкомолекулярную с получением газообразных (пиролизный газ) и жидких фракций, а также твердого остаткабез доступа кислорода [44]. Пиролиз представляет собой общую стадиюмногих процессов, таких как сжигание, сжижение, карбонизация, газификация, которые обычно работают в тесных системах в инертной, восстановительной или окислительной атмосфере при различных давлениях и времени пребывания [45,46].

В настоящее время пиролиз является наиболее перспективным и исследуемым термическим направлением переработки таких отходов, как нефтешламы [47]. В зависимости от температурных режимов выделяют три вида пиролиза [48,49]:

1. Низкотемпературный пиролиз (полукоксование). Температура протекания процесса - 450-550 °С. Выход пиролизного газа при этом минимален, а выход жидких продуктов и твердого остатка (полукокса) максимальный.

2. Среднетемпературный пиролиз (среднетемпературное коксование). Реакция среднетемпературного пиролиза протекает при температуре 600-800 °С. При этом наблюдается увеличение выхода пиролизного газа по сравнению с низкотемпературным пиролизом. Одновременно с этим происходит снижение выхода жидкой и твердой фракции. Удельная теплота сгорания получаемого газа имеет более низкие показатели.

3. Высокотемпературный пиролиз (коксование). Температурный диапазон протекания процесса составляет 900-1050 °С. При высокотемпературном пиролизе выход газообразной фракции является максимальным. Выход жидкой и твердой фракции является минимальным. Получаемый газ имеет низкую теплоту сгорания.

Также в зависимости от скорости нагрева различают медленный и быстрый (высокоскоростной) пиролиз. При медленном пиролизе скорость нагрева сырья составляет градусы в минуту или час (условно подобен процессу доведения воды до состояния закипания). При высокоскоростном пиролизе скорость нагрева сырья составляет сотни или тысячи градусов в доли или единицы секунды (условно подобен процессу попадания капли воды в раскаленное масло, т.е. можно представить как «взрывное вскипание»). После процесса пиролиза уголь превращается в кокс, полукокс, воду, газы (H_2, CO, H_2S, CH_4), масло и смолу (фенолы, гетероциклические соединения,нафталин, антрацен). Выход конечных продуктов термического разложения угля зависит от характеристи-

ки угля, подготовки сырья, режима пиролиза, поглощенной углем влаги и др. Большую роль играют температура, давление, размер частиц угля, скорость нагрева, время выдержки, тип реактора и т.д., которые определяют общее преобразование углерода и перенос летучих веществ и, следовательно, распределение продукта [50].

Газификацию применяют для переработки жидких, твердых и газообразных органических отходов. Технология процесса заключается в высокотемпературном (1000-1500 °С) взаимодействии органической массы (нефтешлам, уголь, сланцы и др.) с газифицирующими агентами (водяной пар, кислород, CO_2). В результате газификации образуется синтез-газ (генераторный газ), а также жидкие смолистые соединения (до 30% при температуре 600 °С). Процесс газификации включает 4 основных этапа: нагревание, сушку, сухую перегонку и газификацию. Каждый этап характеризуется различным температурным интервалом. Нагрев происходит при температуре 100-150 °С, сушка – при 150-200 °С, сухая перегонка – при 250-800 °С и газификация при – 1000-1500 °С. При газификации газовая фаза имеет восстановительные свойства. В результате происходит минимизация выбросов вредных веществ в окружающую среду по сравнению с сжиганием. Газификацию можно осуществлять в реакторах с плотными слоями под давлением и в реакторах с псевдоожиженным слоем. Состав и свойство получаемого газа зависит от состава сырья и вида окислителя [48]. Есть различные способы промышленной газификации углей, из которых наиболее распространенными являются следующие: в стационарном слое - по методу Lurgi, в кипящем слое – по методу Winkler, в потоке – по методу KoppersTotzek [51]. Также применяют новые методы газификации: процесс в шлаковом расплаве, каталитическая газификация, гидрогазификация, газификация в циклонных и многоступенчатых газогенераторах.

Плазменная газификация является высоко температурной разновидностью технологии пиролиза (газификации). По этой технологии в реакционной камере осуществляется пиролизный процесс с образованием при высоких температурах (от 1300 до 2000°С) пиролизного газа, который дожигается в реакторе либо в специальной камере дожигания.

В настоящее время для термической переработки ТБОприменяются установки инсинераторного типа: продукция совместного Российско-шведского предприятия «Турмалин» (Санкт-Петербург) - ИН-50, ЭЧУТО-150 (Россия, Экотехсплав), термические утилизаторы компании Эластек, Инк. (США) и С.Р. (ATI Mueller, Франция). В рамках реализации национального проекта «Экология» строится несколько мусоросжигающих заводов по технологии Hitachi (Япония) [52].

Переработка угольной мелочи в процессе газификации пылевидного топлива в потоке является одним из перспективных методов получения горючего газа из угля [53]. Основными преимуществами этого метода является высокая интенсивность процесса, сырьем для которого также могут являться низкосортные, влажные и зольные топлива, которые содержит много мелочи, и сжигание таких топлив затруднено в слоевых аппаратах.

Одним из основных способов утилизации нефтяных шламов является сжигание в печах различной конструкции (камерных, кипящего слоя, барабанных и др.). Печи кипящего слоя широко используют для отходов, содержащих не более 20% твердых примесей. При сжигании шламов, содержащих до 70% твердых примесей, распространение получили вращающиеся печи барабанного типа.

Традиционно собранные в процессе зачистки резервуаров нефтешламы жидко-вязкой консистенции подвергаются разделению на нефтепродукт, воду и твердые механические примеси. Эта фаза переработки имеет своей целью извлечение из шламов нефтепродуктов с исходными свойствами и их использование по прямому назначению. Существуют два основных способа фазового разделения жидковязких нефтешламов – механический и химический. Для более глубокой очистки нефтепродуктов иногда прибегают к комплексной технологии.

На рисунке 4 приведены основные методы утилизации нефтешлама [54]. Как видно, кнефтешламу с содержанием углеводородных загрязнителей в интервале 6-25 масс.% целесообразно применить физико-химические методы, основными из которых являются экстракция нефтяных загрязнителей растворителем и пиролиз углеводородного остатка после восстановления (отгонки) растворителя.

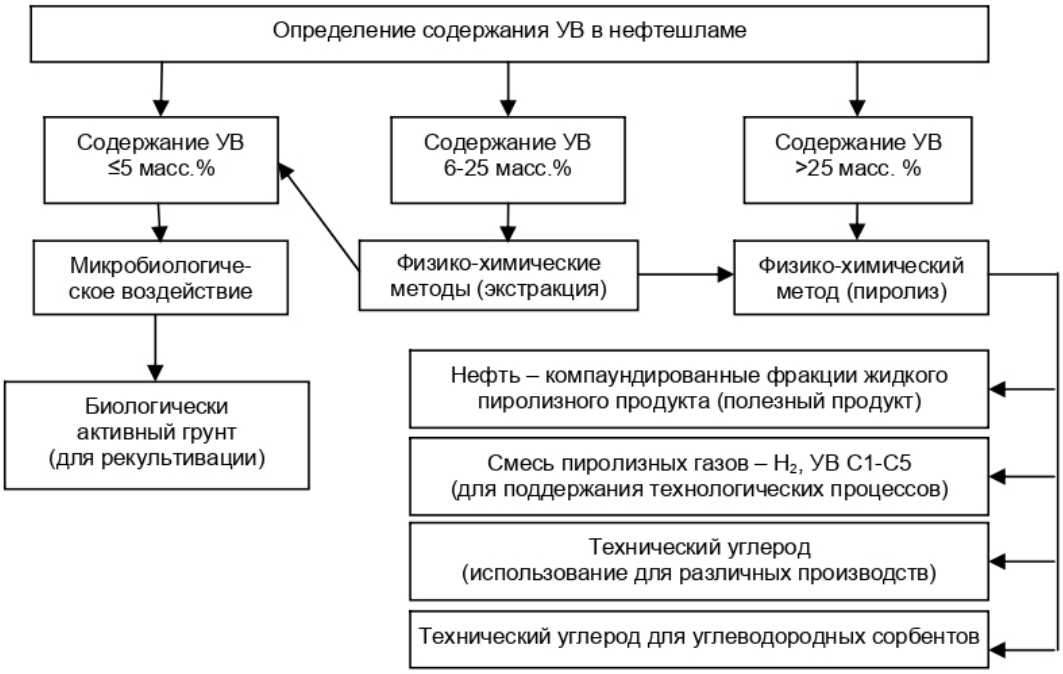


Рис.4 – Основные методы утилизации нефтешлама [54]

В [19-24] представлены основные методы утилизации отходов, среди которых, как ранее указывалось, можно особо отметить пиролиз. Например, технология высокоскоростного пиролиза твердого сырья в установках с твердым теплоносителем основана на методе Галотер, изобретенном в 1947 году инженером И. С. Галынкером и разработанном Энергетическим институтом ЭНИН (Москва). Сущность способа заключается в том, что пиролиз сырья происходит при его смешивании с горячей золой во вращающемся барабане реактора без доступа кислорода. Органическое вещество разлагается с образованием парогазовой смеси, которая при охлаждении образует различные фракции синтетических нефти и газа. Полукокс сжигается в аэрофонтанной топке. Часть горячей золы возвращается в реактор для нагрева свежей порции сырья, избыток золы охлаждается и удаляется из процесса. Тепло золы, дымовых газов и синтез-газа используется в котле-утилизаторе для получения пара с энергетическими параметрами для производства тепловой и электро энергии. Технология освоена на коммерческом и промышленном уровнях.

3.2 Технология сжигания отходов

Сжигание является наиболее применяемым методом утилизации отходов. Конечные продукты прямого сжигания – зола и значительные объемы токсичных летучих вещества (бензапирена) и хлорсодержащих (диоксинов), выбрасываются в окружающую среду. С учетом этого эффективная (экологически чистая) утилизация должна строиться не на простом сжигании, а на глубокой переработке с промежуточной нейтрализацией этих компонентов.

В странах «Большой семерки» наибольшее распространение для сжигания отходов получили печи с кипящим слоем. Так, например, в США была разработана и представлена установ-

ка, предназначенная для сжигания жидких углеводородных отходов. Установка обладает производительностью в 4 м^3/ч. Температура сжигания составляет 1000-1200 °С. В Германии сжигание углеводородных отходов производят в вертикальных печах с кипящим слоем. Температура сжигания составляет до 800 °С. Образующиеся при этом дымовые газы с температурой около 900 °С охлаждаются и поступают обратно в цикл. С целью сжигания нефтесодержащих осадков из очистных сооружений рентабельнее использовать барабанные печи.

Помимо печей различной конструкции, распространение на территории России получила установка для сжигания жидких нефтесодержащих отходов типа «Форсаж-1» или «Вихрь». Производительность установок составляет до 50 кг/ч для «Форсаж–1» и до 10 т/ч для «Вихрь–1» соответственно. Температура сжигания - 1000±100 °С. Содержание минеральных примесей и влаги не должно превышать 80%.

Принципиальная технологическая схема технологии сжигания [55] представлена на рисунке 5. Данная технология осуществляется в режиме высоких температур, что позволяет уничтожить вредные продукты горения и создать большое количество тепла, способное нагреть пар, который используется в дальнейшем при работе турбогенератора. При такой переработке выделенные для переработки отходы производства и потребления превращаются в возобновляемые источники энергии.

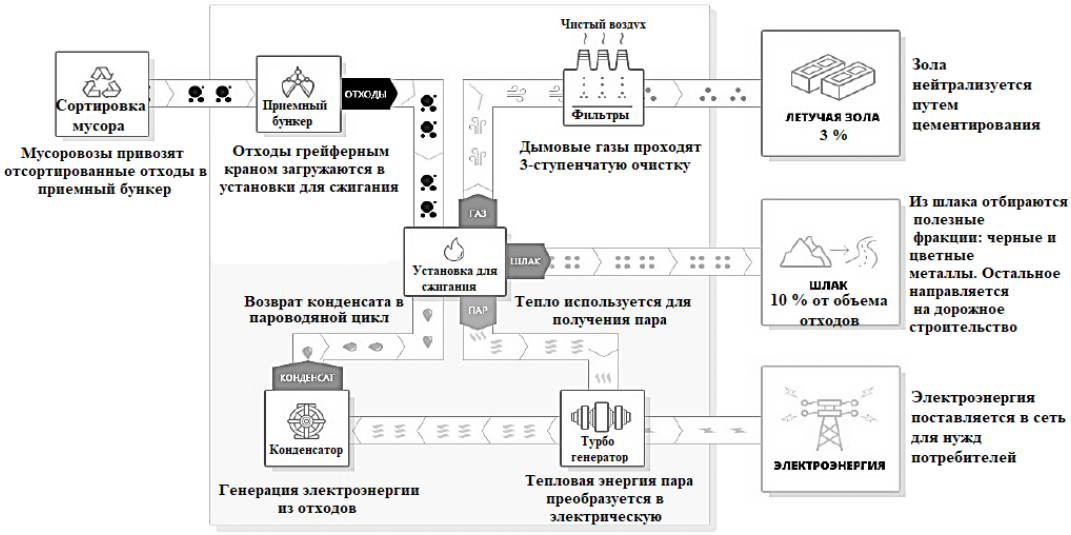


Рис.5 - Принципиальная технологическая схема технологии сжигания [55]

В результате целого ряда технических операций (рисунок 5) переработанные отходы поступают в установку для сжигания. В технологии энергия дымовых газов преобразуется в котле в энергию пара, который затем используется для производства электроэнергии. Пар, поступающий на производство энергии, и дымовые газы циркулируют в разных контурах и никогда не смешиваются в технологическом процессе.

Замкнутость производственного цикла обеспечивается поступлением пара с турбины по трубам в производство конденсата, который преобразуется обратно в воду и возвращается в котел. Эффективность технологического цикла подтверждается тем, что после процесса сжигания объем оставшихся отходов составляет около 10% от общего объема.

Как ранее отмечалось, в результате переработки отходов наряду с энергией получаются сопутствующие продукты переработки, в том числе шлак. Шлак, который образуется в котле, составляет 30% от массы и 10% от входящего объема отходов иимеет такой же класс опасности, как и несортированные отходы. Шлак направляют на

охлаждение, а затем выгружается на ленточный транспортер. В процессе работы из шлака отбирают черные и цветные металлы, которые впоследствии направляют на следующий этап переработки [56]. Данная технология представляет собой многостадийный процесс с достаточно простым оборудованием, которое может быть особо актуальным в период перехода экономики в стадию импортозамещения.

На рисунке 6 приведена схема установки для сжигания отходов мусороперерабатывающего завода [57]. Твердые отходы поступают в мусоросборник, а затем погружным ковшом передаются в печь для сжигания. Образовавшиеся дымовые газы проходят через систему охлаждения и очистки, после чего выбрасываются в атмосферу. При этом, многоступенчатая сухая очистка дымовых газов обеспечивает выполнение экологических стандартов производственной деятельности. Шлаки охлаждают и транспортиром после отделения металлических материалов с помощью электромагнитного сепаратора направляют в сборник.

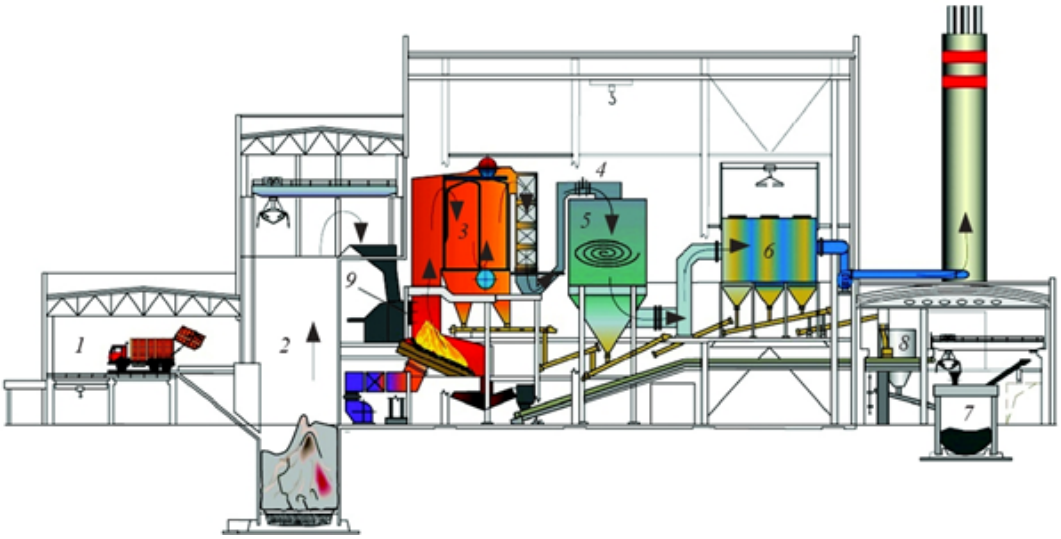


Рис. 6 - Схема установки для сжигания твердых отходов [57]

1 - приемное отделение; 2 - приемный бункер отходов; 3 - котлоагрегатор; 4-6 - отделение газоочистки;7, 8 - шлаковое отделение; 9 - загрузка ТКО в печь

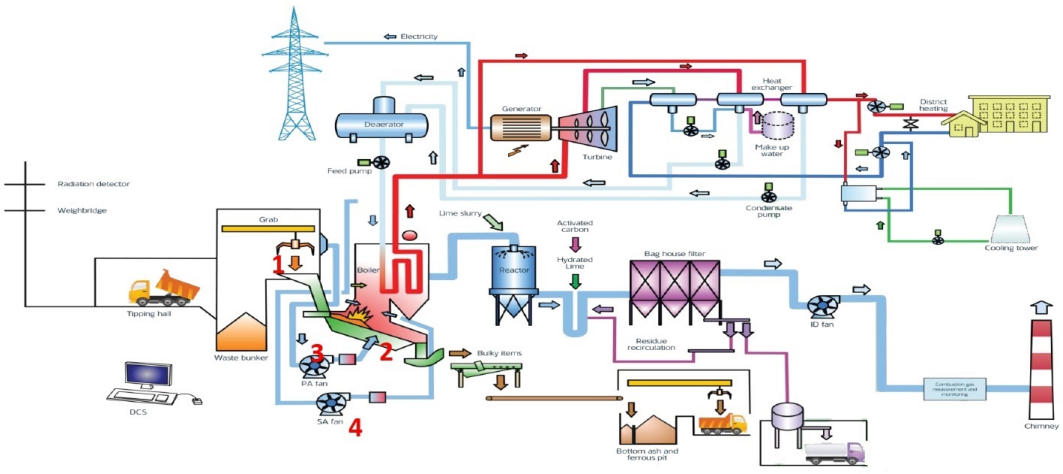


Рис.7 - Технологическая схема сжигания

В качестве примера успешного проекта, характеризующего динамику развития предприятий по термической переработке отходов, следует привести перерабатывающий завод в Шотландии. Функционирование предприятия по термической переработке осуществляет компания Octopus Renewables в промышленной зоне Олдхолл в Эрвине с населением примерно 370 тысяч человек. Данное предприятие производит 17 МВт электроэнергии, что позволяет снабжать энергией 30 000 домов, а также обеспечивать теплом и паром прилегающие к территори и промышленные предприятия [58].

На рисунке 7 приведена технологическая схема сжигания, разработанная компанией CNIM (Франция).



Рис.8 - Действующий завод в Таллине (Латвия)

Краны ТБО загружают отходы на топочную решетку через загрузочную воронку и лоток (1). Автоматически управляемые гидроцилиндры подают отходы на поверхность обратно-переталкивающей решетки (2), которая является наиважнейшей частью в сжигании отходов. Она оснащена движущимися колосниками (2). Решетка имеет наклон 26° относительно горизонтали, от питателя в сторону выгрузки остаточных продуктов горения. Решетка состоит из чередующихся подвижных и неподвижных колосников. Подвижные колосники медленно перемещают отходы на наклонной решетке. Это обеспечивает их постоянное перемешивание и одинаковую толщину слоя горящих на решетке отходов. Горящая масса отходов проталкивается обратно, к началу

решетки, при этом все фазы горения, такие как сушка, воспламенение и горение, происходят одновременно. Вентилятор первичного воздуха (3) через зазоры решетки обеспечивает воздух для горения слоя отходов на решетке. Этот вентилятор и вентилятор над пламенем решетки поставляют вторичный воздух (4), забираемый из приемного отделения, в зоне приемного бункера, что предотвращает распространение дурных запахов вне здания. Первичный воздух подогревается при помощи парового подогревателя воздуха.

Согласно данной технологической схеме в результате сжигания получаются продукты: электрическая и тепловая энергия, а также шлаки, из которых в дальнейшем можно извлекать ценные металлы и применять в качестве строительных материалов.

Компанией CNIM (Франция) реализован проект в Таллине (Латвия). Заказчик/эксплуататор–компания Eesti Energia. Это действующий завод с максимальной годовой производительностью: 220000т/год (рисунок 8). Числолиний: 1. Теплопроизводительность на линию: 80,2 МВт. Паропроизводительность на линию: 111,3 т/ч, 43 бара, 403°С. Производительность турбогенератора: 17 МВт$_{эл}$. Производство электроэнергии: 138000 МВт$_{эл.}$/год. Производство тепла: 50 МВт, 400000 МВт/год.

Технология пиролиза отходов

На рисунке 9 приведены различные виды отходов, которые используют для пиролиза: коммунальные, промышленные, сельскохозяйственные, углеотходы.

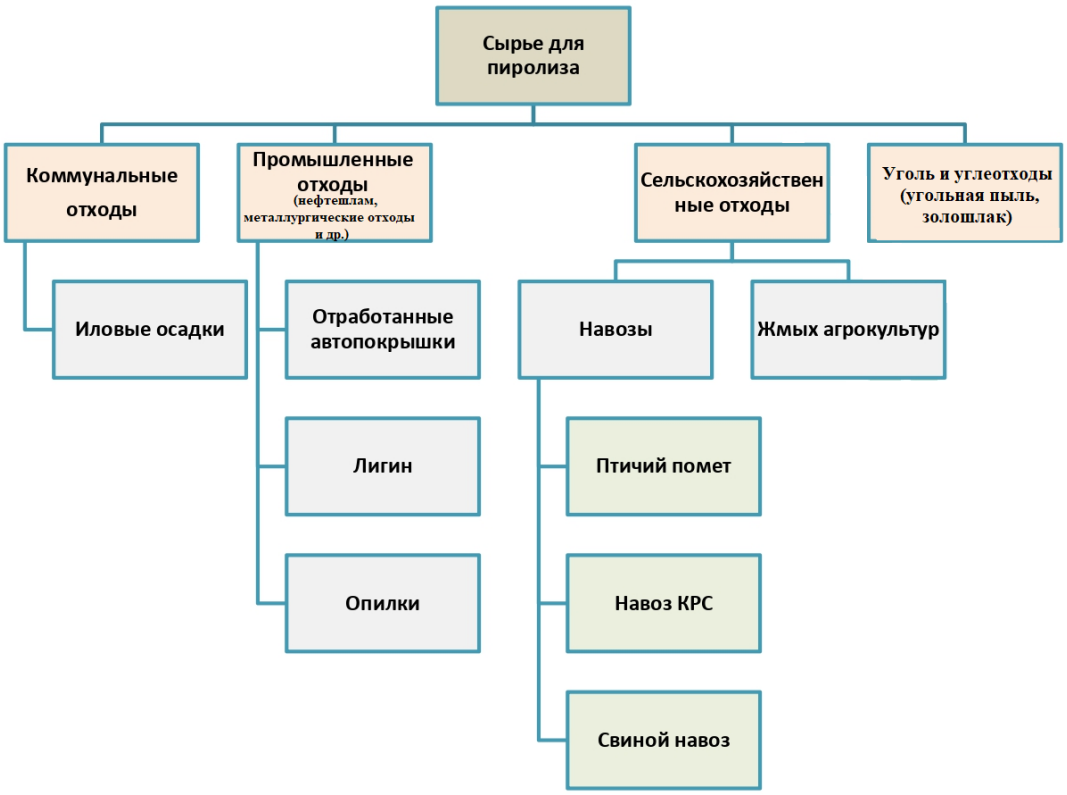


Рис.9 - Виды сырья для пиролиза

На рисунке 10 приведена технологическая схема пиролиза, в котором твердые отходы (ТБО, угольная мелочь и др.) предварительно измельчают, сушат и подают в реактор пиролиза, в результате которого на выходе получают электрическую и тепловую энергию, а также различные твердые продукты (в зависимости от исходного сырья).

Пиролизная установка по переработке угля

и углеотходов в синтетическое топливо (рисунок 11) введена в эксплуатацию в 2012 году в г.Брисбэйн, Австралия. Проект реализован компанией Ener-Core (Австралия). Мощность установки - 16000 тонн угля в год; производство синтетического топлива - 4128000 литров/год; площадка - 0,4 га.

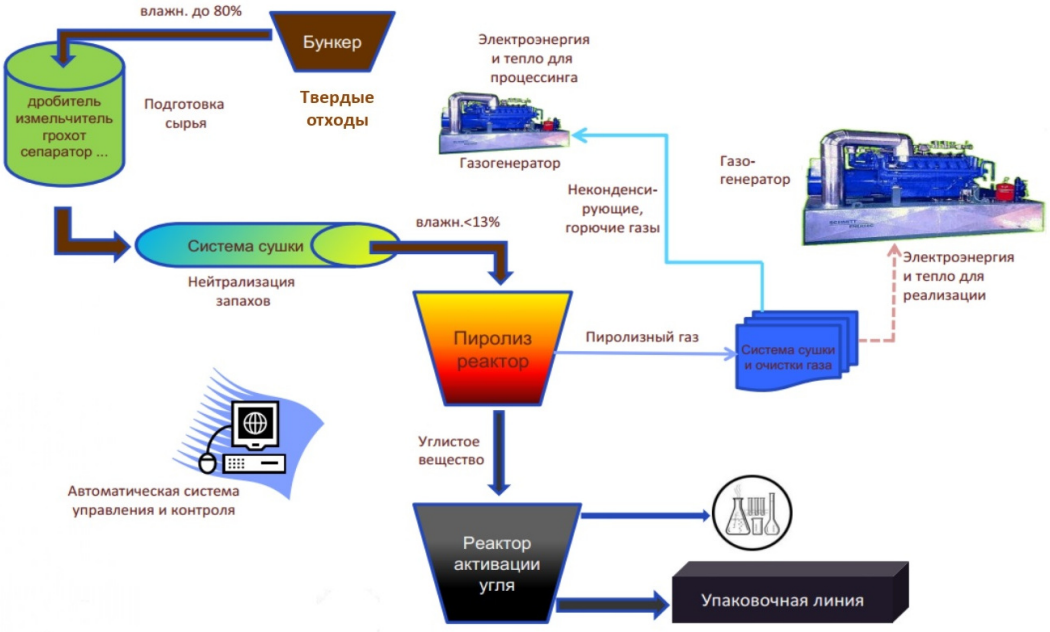


Рис.10 - Технологическая схема пиролиза



Рис.11 - Пиролизная установка по переработке угля в синтетическое топливо

На рисунке 12 показана принципиальная схема разработанной установки [59]. Исходное сырьё – нефтесодержащие отходы (нефтешлам и др.) из резервуара 1 через распределительное устройство 2 подаются в камеру пиролиза 3.

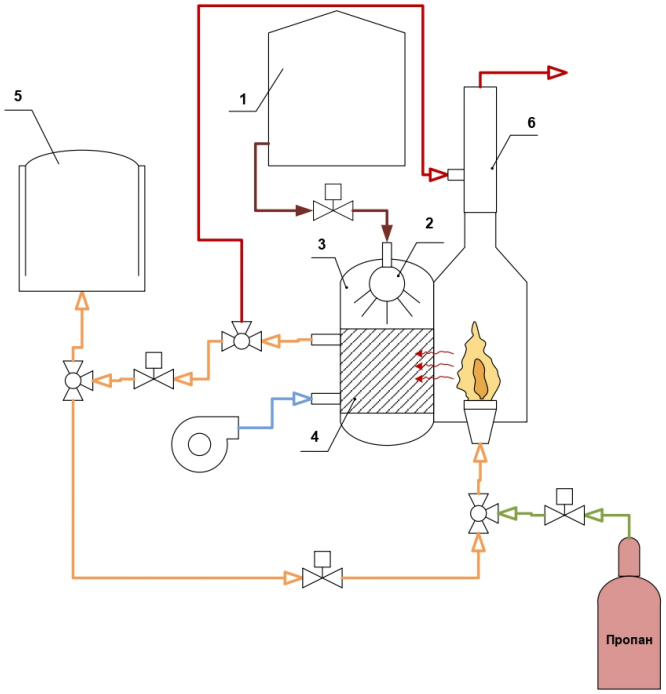


Рис.12 - Структурная схема технологической установки переработки отходов нефтепродуктов методом низкотемпературного пиролиза [59]:

1-резервуар, 2- распределительное устройство, 3-камера пиролиза,4-насадка в виде дисперсного материала,5-газгольдер,6-труба

Нагрев и пиролиз жидкой составляющей, а также поддержание необходимого уровня температуры осуществляется за счет подвода тепла, выделяющегося присжигании топливного газа в газовой горелке. Загружаемые через распределительное устройство 2 в насадку 4 нефтеотходыподвергаются пиролизу в камере пиролиза 3, образующей реакционный объем. В процессе нагрева и пиролиза отходов интервале температур 550-600 ^{o}C идет интенсивное выделение газа. Образующиеся газообразные продукты пиролиза направляются в газгольдер 5.

Тепло для процесса пиролиза вырабатывается при помощи газовой горелки, которая в момент запуска работает на пропане, а затем достигнув нужной температуры переключается на пиролизный газ. Подогрев газообразной составляющей пиролизным газом позволяет существенно повысить энергетические показатели эффективности технологического процесса, т.к. вводимый предварительно подогретый поток газа не снижает существенно температуру, что позволяет минимизировать дополнительный подвод тепла за счет подачи электроэнергии. Высокий уровень температур позволяет поддерживать высокую эффективность протекания реакций химико-термической обработки газообразной составляющей. Таким образом, предлагаемая технологическая установка позволяет эффективно проводить переработку отходов нефтепродуктов при минимальном воздействии на окружающую среду.

Авторами в работе [54] разработана технологическая схема утилизации нефтесодержащих отходов (рисунок 13), включающая отделение углеводородов растворителем, пиролиз и разделение нефтепродуктов на фракции. Схема позволяет перерабатывать весь комплекс нефтесодержащих отходов предприятий нефтедобычи с получением полезной продукции: нефти, биоактивных грунтов, технического углерода. Применение углеводородного растворителя позволяет обеспечивать высокую степень очистки твердой фазы нефтесодержащих отходов от нефти. Содержание нефтепродуктов находится в интервале 1,2-24,3 г/кг.

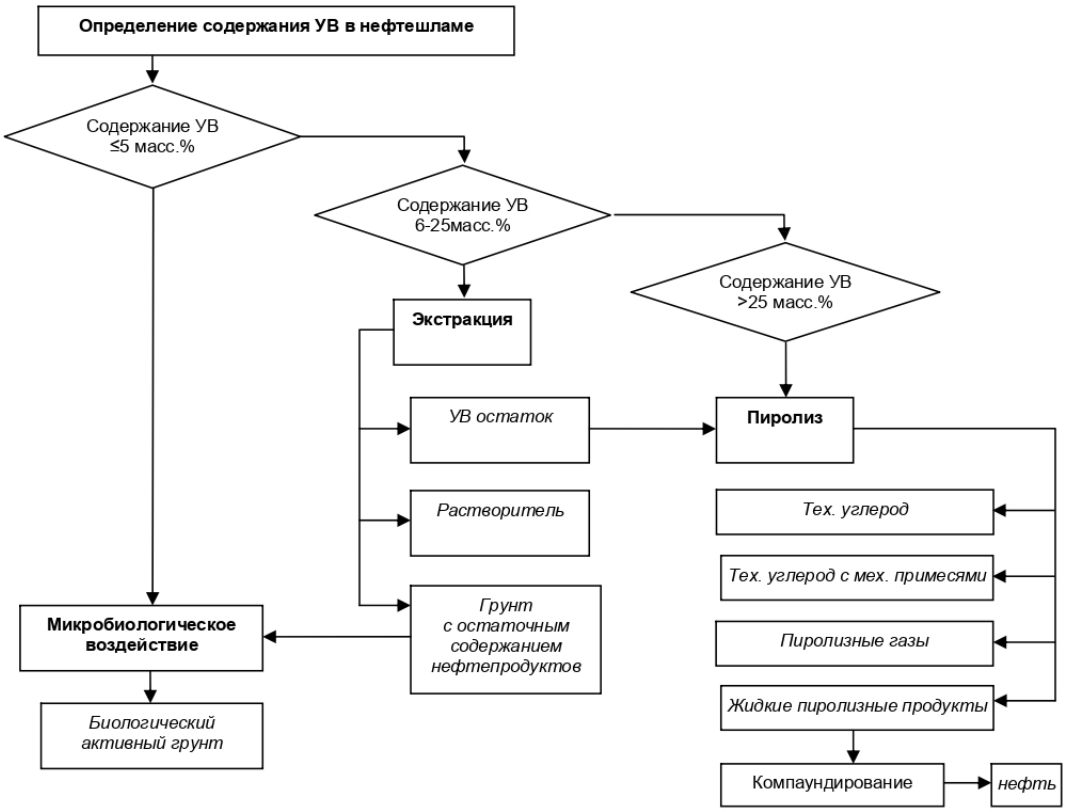


Рис.13 - Технологическая схемаутилизации нефтесодержащих отходов [54]

Для повышения выхода легких фракций углеводородов исследован процесс быстрого пиролиза при температуре 650 °С. Получаемые продукты пиролиза представлены н-алканами и изоалканами. Наибольший вклад в состав вносят углеводороды с содержаниематомов углерода от C_6 до C_{26}. По данным ГХ-анализа, содержание тяжелых углеводородов (C_{12} и выше) составляет от 46% до 73%. Из продуктов пиролиза возможно выделение более 25%-60% бензиновой фракции. Отмечается существенная доля дизельной фракции. В составе пиролизных углеводородов содержится большое количество изомерных алканов, которые обладают высоким октановым и цетановым числами.

Данная технологическая схема реализована в макете установки утилизации нефтезагрязненных грунтов производительностью 30 л/час по перерабатываемому отходу.

С целью переработки тяжелых нефтешламов и природных битумных месторождений в легкую нефть был разработан мини-завод «Потрам–Нефтешламы–Легкая нефть». Данный агрегат позволяет перерабатывать порядка 50-100 т/сут-нефтеотходов. Он включает в себя следующие стадии переработки: низкотемпературный пиролиз, разделение парогазовой смеси (получение легкой нефти), сепарация и удаление воды [60].

Компанией IPEC была разработана и введена в эксплуатацию в 2014 году установка термической деструкции (УТД-2) [61]. Испытание и ввод в эксплуатацию УТД-2 проводились на Вынгапурском нефтегазовом месторождении в Тюменской области. Среди преимуществ данной установки отмечают возможность переработки сухих и жидких углеводородных отходов, а также энергонезависимость установки.

Еще одной установкой для переработки любых органических продуктов, включая тяжелые остатки и отходы, образующиеся в результате нефтепереработки, является пиролизная установка компании ООО НПФ «Энергия». Сущность работы данной установки основана на технологии термоудара, т.е. мгновенном нагреве отходов

(скорость нагрева ~104 град/сек). Среди преимуществ технологии термоудара можно выделить первоначального объема отходов в несколько раз (в 10 и более). Однако для поддержания работоспособности данной технологии требуются высокие энергетические затраты [62].

В таблице 2 приведены экономические и технологические показатели пиролизных установок.

Таблица 2 - Экономические и технологические показатели пиролизных установок

№	**Компания, страна**	**Сырье**	**Объем реактора, поизводительность**	**Цена, тыс.долл.**
1	Экострой ПВ, ТОО, Атырау, Казахстан	Углерод-содержащие отходы 2-5 класса опасности (в т.ч. отходы резины, отходы при добыче нефти и газа; отработанные масла; шламы нефти и нефтепродуктов; отходыЛКМ; медицинские отходы и др.)	8,5 м^3	54,0
2	Beston Group Co., Ltd, Китай	Нефтешлам, отходы резины, пластик	1,5-30 тонн/сутки	45,0-688,9
3	ПТК Пиролиз-Экопром ООО, Россия	Углеродосодержащие промышленные отходы2-5 класса опасности, в т.ч. отходы резины, нефтешлам, нефтесодержащие отходы, мазут, битумные отходы, каучуки, масла, медицинские отходы, загрязненный обтирочный материал, тара полиэтиленовая загрязненная, пленка загрязненная промасленная, железнодорожные деревянные шпалы, загрязненные «хвосты» ТБО/ТКО и др.).	2,6 м^3	41,6
4	Ассоциация предприятий БМП, Россия	Нефтешламы, промышленные и бытовые углеродосодержащие отходы 1-5 класса опасности	5 м^3 7 м^3 10 м^3 20 м^3	26,2 32,3 40,9 65,5
5	«ТТ ГРУПП» ООО, Россия	Уголь, древесина, шины, пластики, отходы электроники, нефтешламы, нефтезагрязненные грунты, медицинские отходы, отходы деревообработки, отходы ЛКМ, отработанные масла, мазут, битум и др.	5,2 м^3, до 4 тонн/сутки	27,5
6	АП БМП, Россия	ТБО (резина, пластик, ткани, макулатура и т.п.), навоз и помет, отходы древесины, отходы сырой нефти и др.	до 60 м^3/сутки	12,1
7	ООО «ПризОйл», Россия	Нефтешлам, отработанные масла, шины, отходы резины, пластика, полиэтилен, отходы кабеля, кож, ПВХ.	17-54 м^3 разовая загрузкаот 4 до 20 тонн сырья	102-195

Технология газификации отходов

Процесс газификации включает пиролиз, как стадию процесса, поэтому генераторная газовая смесь – композиция, состоящая из пиролизногои генераторного газов.

На рисунке 14 приведена технологическая схема газификации для получения электрической и тепловой энергии, а также гранулированных шлака и металлов.

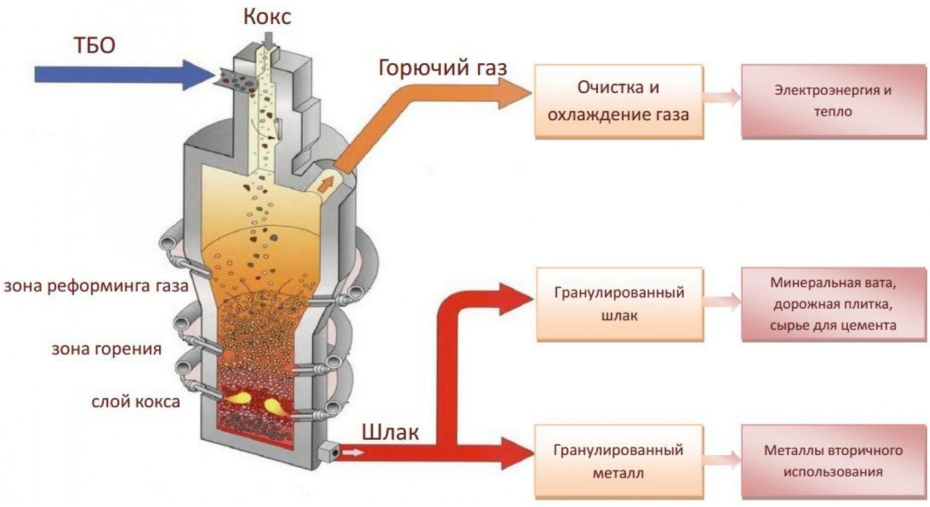


Рис.14 - Технологическая схема газификации

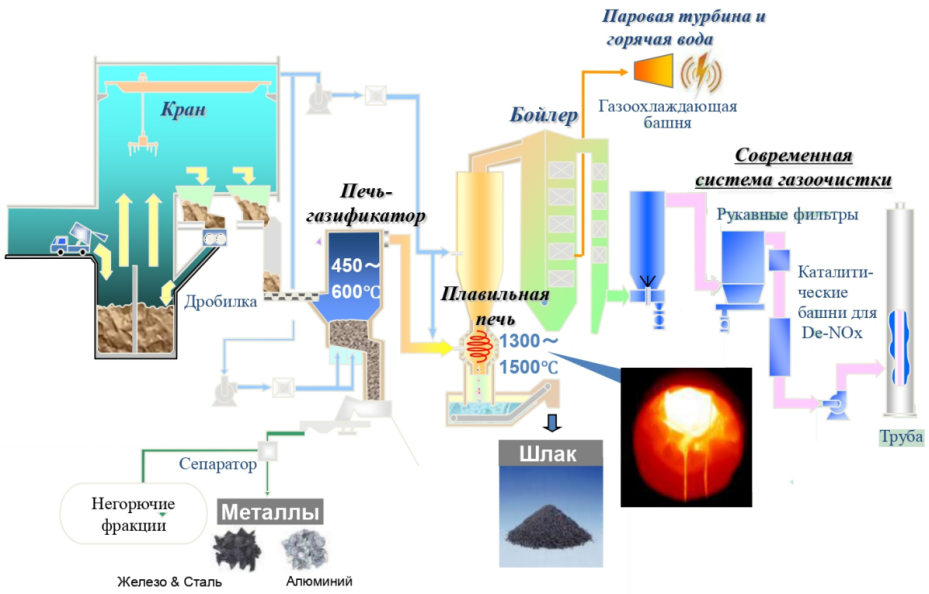


Рис.15 - Технологическая схема газификации и плавления

На рисунке 15 приведена технологическая схема газификации и плавления, используемая на заводе (компания Mitsubishi Heavy Industries, Япония). В данном процессе на 1-м этапе производства твердое сырье (после измельчения) подается в печь-газификатор и после сепарации получают негорючие фракции и металлы. Далее на 2-м этапе одновременно полученный газ из газификатора и сырье подают в плавильную печь, в которой при высоких температурах (1300°C-1500°C) получают шлак и генераторный газ для его дальнейшего превращения ввозобновляемые источники энергии.

По вышеуказанной технологической схеме функционирует завод по переработке отходов потехнологии газификации и плавления, расположенный в г.Кусиро, Япония (рисунок 16). Проект реализован компанией Mitsubishi Heavy

Indastries (Япония). Объем переработки мусора 240 тонн/сутки. Электрическая мощность 4,6 МВт. Тип отходов: ТБО. Ввод в эксплуатацию: 2006 год.



Рис.16 - Завод по переработке отходов потехнологии газификации и плавления



Рис.17 - Газификатор с циркулирующим кипящим слоем

Газификатор с циркулирующим кипящим слоем введен в эксплуатацию в Португалии (Рисунок 17). Проект реализован компанией HoST BioEnergie (Голландия). Газификатор с циркулирующим кипящим слоем тепловой мощностью 5 МВт, с газоочисткой и газопоршневым двигателем мощностью 1 МВт. Ввод в эксплуатацию: 2010 год. Исходным сырьем являются различные виды топлива, такие как:сухой куриный помет 25 %, древесная щепа 75 %.

Схема работы установки следующая: сухая редуцированная биомасса подается в газификатор с помощью шнека. Сырье при небольшом доступе воздуха конвертируется при температуре около 800°С в горючий газ и затем охлаждается до 500°С. На данном этапе происходит удаление ос-

новной части золы и масляная очистка газа. Удаление золы перед сжиганием синтез- газа при высокой температуре (1300-1500°С) позволяет избежать спекания золы и обеспечивает крайний низкий уровень выбросов.

Установка не подсоединена к сетям, газ не подается на генератор для выработки электроэнергии, хотя сам генератор имеется. Выработанный синтез-газ сжигается при помощи факела.

Капитальные затраты на реализацию проекта составили около 6 млн. евро. Для его реализации владельцы экспериментальной установки получили гранты в размере 60–70 % от общей стоимости.

В центре обезвоживания нефтяных отходов Schwarze Pumpe GmbH (Германия) газификацию осуществляют в камерных и слоевых установках. Полученный генераторный газ используется в качестве энергообеспечения технологического оборудования и/или производства метанола [63].

Финский машиностроительный концерн «Metso» производит газификационные установки для энергоснабжающих предприятий (например, «Lahti Energia»). По заявлению производителей, их установка представляет собой новую технологию, позволяющую с высокой эффективностью преобразовывать предварительно обработанные отходы в энергию. Таким образом снижается потребление традиционного ископаемого топлива. Ориентировочный объем переработки отходов на данной установке составляет от 215 до 250 тыс. т/год [64].

Технология плазменной газификации

На рисунке 18 приведена общая схема плазменной установки (в составе газификатора), в которой электрический ток используется для образования плазменной дуги, которая в свою очередь воздействует на подаваемое сырье. Для работы плазмотронов требуются источники электропитания (управляемые тиристорные выпрямители), трехфазные трансформаторы и др. Согласно общей технологической схеме плазменной газификации (рисунок 18) в настоящий момент получают электрическую и тепловую энергию. А в перспективе продуктами плазменной газификации могут быть нефтехимические продукты и водород.

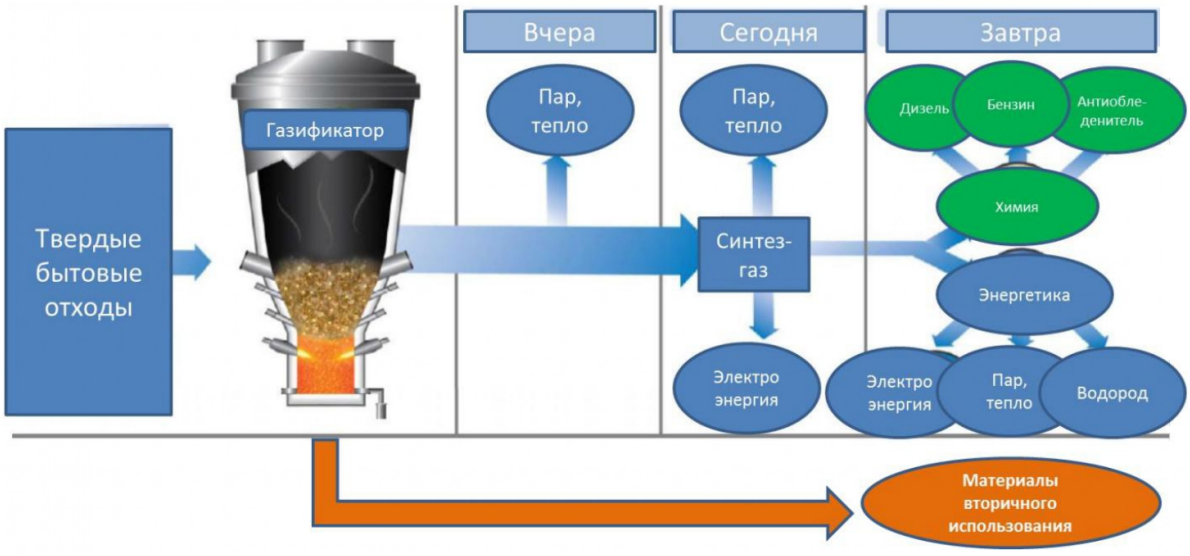


Рис.18 - Общая схема плазменной газификации

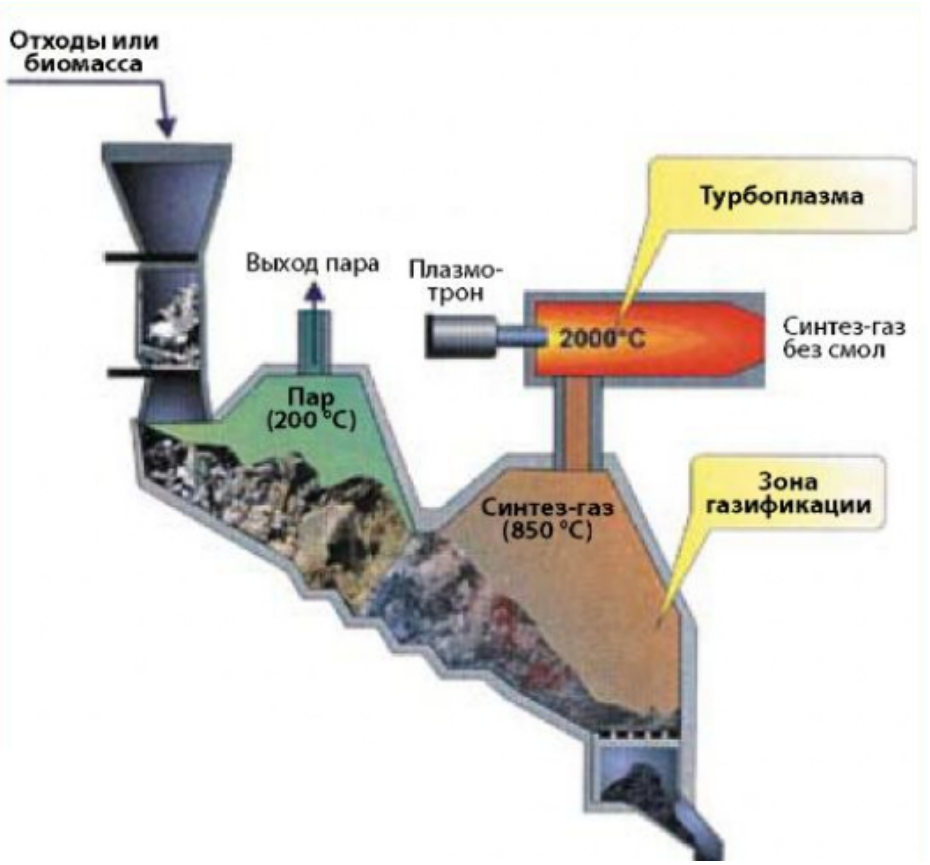


Рис.19 – Технологическая схема установки термической переработки отходов с плазменным дожигателем [65]

Плазмотроны целесообразно использовать на стадии дожигания отходящих газов для предотвращения попадания в окружающую среду экотоксикантов (диоксинов, фуранов, бифенилов и т.д.) (рисунок 19).

Компанией «ПЛАЗАРИУМ» (Россия) предлагается мобильная установка плазменного уничтожения отходов под названием «PLAZARIUM MGS». Технология заключается в переработке углеродсодержащих отходов при отсутствии свободного кислорода в плазменной струе (~5000 °С). При такой обработке происходит полная деструкция компонентов отходов в синтез газ. За счет мобильного исполнения установку удобно транспортировать, размещая на шасси автомобиля, обеспечивая минимум монтажных работ на месте с возможностью гибкой регулировки рабочих параметров [66]. Однако высокие температуры требует большого расхода энергии. Таким образом, сложность осуществления технологии, высокие материальные и технические затраты, делают данную технологию перспективой будущего.

В качестве успешного примера технологической реализации рассматриваемого метода есть опыт американской компании Westinghouse Plasma Corporation (WPC), которая занимается разработкой как крупных промышленных заводов, так и небольших установок плазменной газификации. В частности, один из заводов WPC Air Products в Великобритании позволяет ежемесячно переработать свыше 30 килотонн мусора в виде твердых бытовых (ТБО) промышленных и шлаковых отходов, медицинского и биологического мусора, отходов рознично-оптовой торговли и продуктов переработки нефти. В результате переработки завод получает очищенный синтетический газ, используемый вкачестве энергии для электростанций, топливных элементов и химических продуктов в виде этилового спирта, метанола, пропанола, дизельного топлива и горюче-

го для ракетных двигателей [67].

Завод с технологией плазменной газификации (рисунок 20) функционирует в г. Утасинай, Хоккайдо, Япония (рисунок 21). Проект реализован компанией Eco Valley (Япония). Переработка – 220 тонн/день предварительно отсортированных отходов (2 газификационные линии, с возможностью переработки по 110 тонн/день).

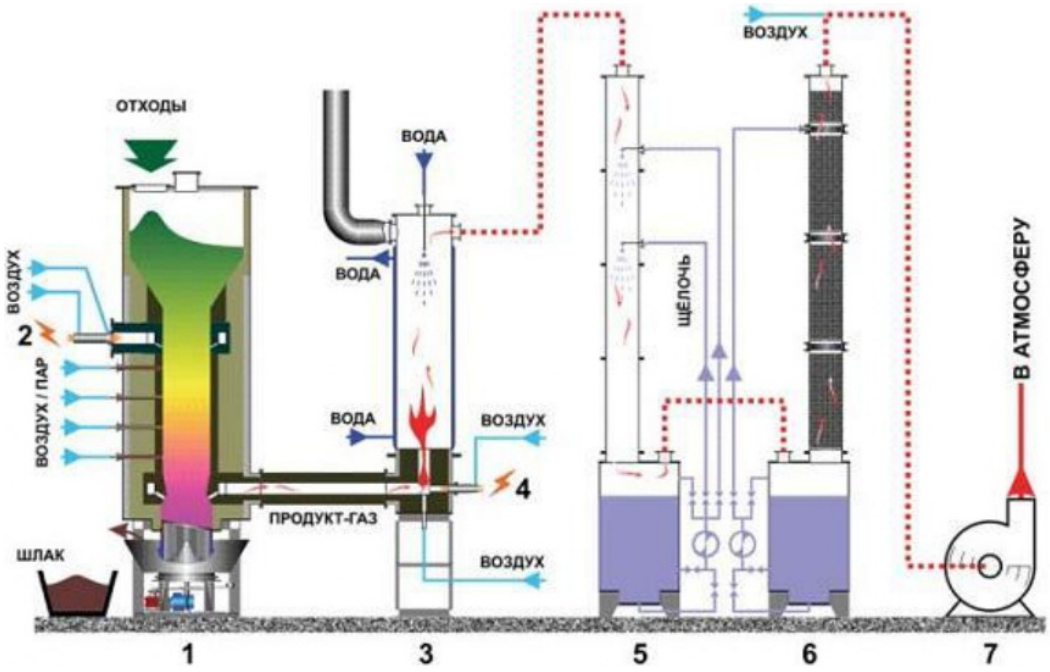


Рис.20 - Технологическая схема плазменной установки (в составе газификатора):

1 - реактор-газификатор; 2 - генератор плазмы (до 50 кВт); 3 - дожигатель; 4 - генератор плазмы (6 кВт); 5- скруббер распылительный; 6 - скруббер насадочный; 7 - вытяжной вентилятор



Рис.21 - Завод с технологией плазменной газификацией (г. Утасинай, Хоккайдо, Япония)

В таблице 3 для примера приведены экономические показатели строительства комплекса по переработке отходов производства и потребления с возможностями плазменной газификации [68].

Таблица 3 - Экономические показатели строительства комплекса по переработке отходов с возможностями плазменной газификации

Параметры комплекса	Срок строительства	Общий размер инвестиций	Период возврата инвестиций
Переработки промышленных и бытовых отходов 1500 тонн в сутки Выработки и передача потребителям электроэнергии 50 МВт•ч Производства стекловидного шлака для изготовления блоков утепления из минеральной ваты 300 тонн в сутки Восстановление металлов 150 тонн в сутки Производство серы 1,5 тонны в сутки	24 месяца – подконтрольная эксплуатация; 6 месяцев, параллельными этапами	307,5 млн. дол.	5,6 лет

В работе [69] представлено коммерческое предложение по применению плазменной газификации для утилизации твёрдых коммунальных отходов, осадков сточных вод, золошлаковых отходов, медицинских отходов вне зависимости от их морфологического состава. Технология основана на высокотемпературном (1300-1700 °С) плазмохимическом воздействии и полном разложении утилизируемых продуктов с помощью дуговой плазмы с получением синтез-газа, а также инертного шлака, который можно использовать как строительный материал.

Технологические и экономические характеристики данной установки:

- производительность: газификации ТКО - 16 тыс.т/год; высокотемпературной утилизации медицинских отходов - 1,2 тыс.т/год; высокотемпературной минерализации опасных промышленных органических отходов – 0,8 тыс.т/год;

- потребляемая мощность: 6000 Вт;

- габариты установки (комплекса): 6х2х2 м, вес не более 300 кг;

- себестоимость производства единицы комплекса: 800 млн. руб.;

- требуемые затраты на НИОКР: 1500 млн. руб.;

- планируемое количество введенных в эксплуатацию комплексов в России: к 2025 году - 3 шт.; к 2030 году - до 20 шт.

Технологическое решение позволяет создание мусоросжигающих комплексов разной мощности на основе типового оборудования.

Сравнительный анализ технологий переработки отходов

В таблице 4 представлены сравнительные характеристики основных технологий переработки отходов, используемых в настоящее время. Видно, что наименее экологичной технологией является сжигание, где образуется много смол и фуранов, токсичной смолы (30 %) и высокие выбросы дымовых газов, а также невысокий объем разрушения отходов (70 %), по сравнению с другими рассматриваемыми технологиями. В последних образуется меньше вредных выбросов и разрушение отходов составляет 90 %. Кроме того, процесс сжигания наряду с обычной газификацией требует сортировки отходов и в этих процессах в основном получают электрическую и тепловую энергию, в отличие от пиролиза и плазменной газификации, в которых можно получить дополнительно еще синтез-газ и жидкие топлива.

Таким образом, учитывая вышеизложенное, следует выделить пиролиз и плазменную газификацию, позволяющие получать наибольшее количество ценных продуктов (с относительно невысокими выбросами вредных веществ) и др. Ниже приведены основные преимущества и недостатки плазменной газификации по сравнению с другими известными технологиями утилизации. Основные преимущества:

Таблица 4 - Сравнительный анализ технологий переработки отходов

Сжигание	**Пиролиз и термическое разложение без доступа кислорода**	**Обычная газификация**	**Плазменная газификация с использованием воздушной плазмы**
70 % разрушение (650°С)	90 % разрушение (450 – 900 °С)	90 % разрушение (800 °С)	Полное разрушение (2000 °С)
Много смол и фуранов	Есть смолы и фураны	Есть смолы и фураны	Нет смол и фуранов
30 % токсичной смолы	10 % золы	10 % золы	Нет золы
Кроме отдельных видов неорганических отходов	Кроме отдельных видов неорганических отходов	Кроме отдельных видов неорганических отходов	Любой вид отходов
Требуется сортировка отходов	Требует однородного состава в течение года	Требуется сортировка отходов	Не требуется сортировка отходов
Большой объем отходов	Малый объем отходов	Малый объем отходов	Большой объем отходов
Высокие выбросы дымовых газов	Средние выбросы дымовых газов	Средние выбросы дымовых газов	Очень низкие выбросы дымовых газов
Чувствителен к влажности отходов	Чувствителен к влажности отходов	Чувствителен к влажности отходов	Не чувствителен к влажности отходов
Генераторный газ (технический)	Забалластированный синтез-газ	Генераторный газ (технический)	Высокое качество получаемого синтез-газа
Выход: тепло, электроэнергия	Выход: Синтез-газ, жидкие топлива, электроэнергия, тепло	Выход: тепло, электроэнергия	Выход: Синтез-газ, жидкие топлива, электроэнергия,тепло

- возможность термически переработать (сжечь) фактически все известные токсичные вещества;

- существенное (почти в 300 раз) и недостижимое при других способах утилизаци и уменьшение первоначального объема отходов;

- исключение синтеза вторичных высокотоксичных веществ (диоксинов), при наличии в отходах хлорсодержащих веществ за счет высокой температуры плазменного воздействия (2000 °С), а также существенно меньшее, чем у других технологий содержание NO_x, SO_x и CO_2 в отходящих газах;

- за счет высокой степени радикального разделения веществ и газификации углерода и водорода достигается минимальное содержание золы и пыли, выбрасываемых в окружающую среду;

Отметим, однако, и основные недостатки технологии:

- большое энергопотребление (до 1 МВт), необходимое для эксплуатации плазменного генератора;

- отходы желательно измельчить (размер <100 мм) для лучшей газификации или предварительно газифицировать;

- высокие инвестиционные затраты по сравнению с другими технологиями приводит к более длительному сроку окупаемости.

Помимо упомянутого высокого энергопотребления плазменных генераторов (плазмотронов) сдерживающими факторами являются также ряд проблем, связанных с надежностью и сложностью их работы и управления, а также относительно быстрым изнашиванием электродов (до 100 часов). Наиболее часто в таких технологиях используются СВЧ-плазмотроны переменного тока, применяемые для нагрева среды в плазмохимических реакторах. Однако следует обратить внимание на сложность управления такими плазмотронами.

Далее приведем основные преимущества и недостатки технологии пиролиза. Основные преимущества пиролиза:

- отсутствие вредных выбросов в атмосферу (по сравнению со сжиганием);

- переработка сырья с высокой зольностью (уменьшение объема исходного сырья), минимальное загрязнение конечных веществ;

- возможность получения полезных продуктов для химической и энергетической промышленностей;

- низкая требовательность к качеству исходного сырья, в результате чего практически не требуется предварительная обработка.

К недостаткам пиролиза следует отнести:

- сложность конструкции реакторных устройств;

- дороговизна оборудования.

Выводы. В настоящее время особенно актуальным в Казахстане является разработка отечественной экологичной технологии безотходной утилизации с учетом имеющихся решений для внедрения в промышленность. Анализ нынешней ситуации в Казахстане в области переработки отходов показал, что еще не решен вопрос вторичного использования или утилизации бытовых и органических отходов, а их объемы ежегодно растут очень быстро. Результаты исследования показали, что сжигание отходов представлено как широко применяемая, но сопряженная с высокими выбросами загрязняющих веществ технология. Пиролиз, напротив, обладает большим потенциалом при переработке органических и полимерных отходов, так как позволяет получать ценное жидкое и газообразное топливо, а также позволяет снизить выбросы парниковых газов, что особенно важно для выполнения Казахстаном обязательств в рамках Парижского соглашения по климату.

Газификация, как более сложный процесс, открывает перспективы для высокоэффективного получения синтез-газа, но требует точного контроля параметров и более высокой технологической оснащенности. В связи с этим, назревает острый вопрос необходимости развития данного научного направления по утилизации отходов, которая может обеспечить качественное изменение потребительских свойств продукции и избежать прямого сжигания сырья для уменьшения вредных выбросов. В связи с различными характеристиками отходов для каждого их вида необходимо проведение анализа сырьевой базы, исследования образцов, разработка технологической схемы производства, материально-тепловых балансов производства, экономических оценок. В социально-экономическом плане главным является извлечение максимальной прибыли предприятиями, занятыми в данной сфере. Таким образом, необходим комплексный подход, для чего следует одновременно рассматривать концепции защиты окружающей среды, энергосбережения и сокращения потребления, а также необходима государственная поддержка, что в перспективе позволит создать устойчивую систему управления отходами.

Финансирование.*Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (№ BR21882171 «ЦУР 9.4: Развитие «зеленой» экономики Казахстана путем переработки минерального сырья и отходов методом пиролиза»).*

Литература

1. Hoang, A.T., Pham, V.V., Nguyen, X.P. Integrating renewable sources intoenergy system for smart city as a sagacious strategy towards clean and sustainableprocess.//J. Clean. Prod.- 2021.- Vol.305. - P.127161. DOI 10.1016/j.jclepro.2021.127161.

2. Xiao S., Dong H., Geng Y., Francisco M.-J., Pan H., Wu F. An overview of the municipal solid waste management modes and innovations in Shanghai, China. Environ// Sci. Pollut. Control Ser. -2020.- Vol.27.- P.29943–29953. DOI10.1007/s11356-020-09398-5.

3. Ye Y., Ngo H.H., Guo W., Chang S.W., Nguyen D.D., Varjani S., Ding A., Bui X.-T.,Nguyen, D.P. Biomembrane based integrated systems for nitrogen recoveryin wastewater treatment: current applications and future perspectives//Chemosphere.-2020. -Vol.265.- P.129076. DOI 10.1016/j.chemosphere.2020.129076.

4. Ziadat A, Mott H. Assessing solid waste recycling opportunities for closed campuses // Management of Env Quality. - 2005. -Vol.16(3). - P. 250-256. DOI 10.1108/14777830510591679

5. Hoang A.T., Pham, V.V., Nguyen, X.P. Integrating renewable sources intoenergy system for smart city as a sagacious strategy towards clean and sustainableprocess// J. Clean. Prod.- 2021. -Vol.305. - P.127161. DOI 10.1016/j.jclepro.2021.127161.

6. Hoang A.T., Tuan I., Nguyen H., Phuong H. Nguyen. Scrap tire pyrolysis as a potential strategy for waste management pathway: a review // Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. - 2020. DOI 10.1080/15567036.2020.1745336.

7. Seferlis P., Varbanov P.S., Papadopoulos A.I., Chin H.H., Kleme˘s J.J. Sustainable design, integration, and operation for energy high-performance processsystems//Energy.- 2021. - Vol.224- P.120158. DOI 10.1016/j.energy.2021.120158.

8. World Bank. What a Waste: Global Review of Solid Waste Management. -Washington: Urban Development.- 2012.- No 15.- 98 p.

9. Themelis N., Kim Y., Brady M. Energy recovery from New York City municipal solid wastes // Waste Management & Research.- 2002. - Vol. 20(3).- P.223–233. DOI 10.1177/0734242X0202000303.

10. Usmani Z., Kumar V., Varjani S., Gupta P., Rani R., Chandra A. Chapter 11 Municipal solid waste to clean energy system: a contribution toward sustainable development.// Current Developments in Biotechnology and Bioengineering**.-** 2020. - P.217-231. DOI 10.1016/B978-0-444-64321-6.00011-2.

11. Yang Y., Liew,R.K., Tamothran A.M., Foong S.Y., Yek P.N.Y., Chia P.W., Tran T.V.,Peng W., Lam S.S. Gasification of refuse-derived fuel from municipal solidwaste for energy production: a review// Environ. Chem. Lett. -2021.-№19.- P.2127–2140. DOI 10.1007/s10311-020-01177-5.

12. Курманов Б. Отходы в доходы: почему в Казахстане переработка мусора превратилась в тему для обсуждения. [Электронный ресурс]. URL: https://ulysmedia.kz.-Дата обращения: 04.02.2025.

13. Горбунова А. Казахстан накопил 120 млн тонн мусора. Что с ним делать? [Электронный ресурс] URL: https://forbes.kz Дата обращения 04.02.2025.

14. Алиев И. Перерабатывать отходы в энергию планируют в Казахстане. [Электронный ресурс] URL: https://www.kp.kz/online/news/3898668//- Дата обращения: 04.02.2025.15. Бабаева Р. Жизнь после бака: как сейчас выглядит система утилизации отходов // РБК. Тренды. [Электронный ресурс]. URL: https://trends.rbc.ru/trends/green/cmrm/60ad10399a794783c51ea200.-Дата обращения: 04.02.2025.

16. Ситдиков Ж.Ж., Мессерле В.Е., Устименко А.Б., Баймулдин Р.В. Технология переработки углеродсодержащих отходов // Вестник КазНУ. Серия физическая.- 2017. - Т.60(1). - С.12-16.

17. Денисов В. В., Денисова И. А., Гутенев В. В., Фесенко Л. Н. Основы инженерной экологии. Ростов

н/Д: Феникс, 2013. - 623 с. ISBN 978-5-222-21011-6

18. Beyene H.D., Werkneh A.A. Ambaye T.G. Current updates on waste to energy (WtE) technologies: a review //Renewable Energy Focus.- 2018. -Vol.24. -P.1-11. DOI 10.1016/j.ref.2017.11.001.

19. Miller Frederick C. Composting of Municipal Solid Waste and its Components // BookMicrobiology of Solid Waste. - 2020. - P.115-154. ISBN 9780138747268

20. Christensen T.H., Cossu R., Stegmann R. (Eds.) 2020. Landfilling of Waste: Biogas, firsted.CRC Press, London, United Kingdom.860 p. DOI 10.1201/9781003062097. ISBN 9781003062097

21. Wang D., Liu X., Zeng G., Zhao J., Liu Y., Wang Q., Chen F., Li X., Yang Q. Understanding the impact of cationic polyacrylamide on anaerobic digestion of waste activated sludge // Water Research. - 2018. - Vol.130. – P.281-290. DOI 10.1016/j.watres.2017.12.007.

22. Escamilla-García Raúl P.E., Camarillo-López R., Carrasco-Hernández, Emmanuel Fernández-Rodríguez, Jesús Michel Legal-Hernández. Technical and economic analysis of energy generation from waste incineration in Mexico // Energy Strategy Reviews. - 2020. -Vol.31:100542. DOI 10.1016/j.esr.2020.100542.

23. Eilhann E.Kwon, Soosan Kim, JechanLee. Pyrolysis of waste feedstocks in CO2 for effective energy recovery and waste treatment // Journal of CO2 Utilization. - 2019. - Vol.31.- P.173-180. DOI 10.1016/j.jcou.2019.03.015.

24. Phuet Prasertcharoensuk Steve, J. Bull Anh N.Phan. Gasification of waste biomass for hydrogen production: Effects of pyrolysis parameters // Renewable Energy. - 2019.-Vol.143. - P.112-120. DOI 10.1016/j.renene.2019.05.009.

25. Wan-Ting Chen, Md.Akiful Haque, Taofeng Lu, Aersi Aierzhati, Gregory Reimonn. A perspective on hydrothermal processing of sewage sludge // Current Opinion in Environmental Science & Health. - 2020. - Vol.14. - P.63-73. DOI 10.1016/j.coesh.2020.02.008.

26. Farooq, A., Haputta, P., Silalertruksa, T., Gheewala, S.H.A framework for theselection of suitable waste to energy technologies for a sustainable municipal solidwaste management system. Fron. Sustain.- 2021.- Vol.2. - P.27. DOI 10.3389/frsus.2021.681690.

27. Cheng Hu Y. Municipal solid waste (MSW) as a renewable source of energy: Current and future practices in China // Bioresource Technology. - 2010.-Vol.101(11).- P.3816 - 3824. DOI 10.1016/j.biortech.2010.01.040

28. Sharholy M, Ahmad K, Vaishya R, Gupta R. Municipal solid waste characteristics and management in Allahabad, India//Waste Management.- 2007. -Vol.27(4)-P.490-496. DOI 10.1016/j.wasman.2006.03.001

29. Ahmed A. Environmental Properties of Waste and By Product Materials Used in Constructions // J solid waste techno mgmt. -2014.-Vol.40, № 2. - P.160-169. DOI 10.5276/JSWTM.2014.160

30. Mickael D. Categorization and Sorting for Waste Management // Int. J. Waste Resour. - 2016. - Vol.6(2). DOI 10.4172/2252-5211.1000227

31. Jones A, Harrison R. Emission of ultrafine particles from the incineration of municipal solid waste//A review. Atmospheric Environment.-2016.-Vol.140.-P.519-528. DOI 10.1016/j.atmosenv.2016.06.005

32. Gutberlet J. Waste, poverty and recycling //Waste Management.-2010.-Vol.30(2).- P.171-173 DOI 10.1016/j.wasman.2009.11.006

33. Умарова М. Добиться стопроцентной переработки золоотходов предлагают в Казахстане. URL: http://agmpportal.kz.- Дата обращения: 05.02.2025.

34. Luke Makarichi, Warangkana Jutidamrongphan, Kua-ananTechato. The evolution of waste-to-energy

incineration: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews.- 2018.-Vol.91.-P.812-821. DOI 10.1016/j.rser.2018.04.088.

35. Xueliang Yuan, Xiaohan Fan, Jiaxin Liang, Mengyue Liu, Yuqiang Teng, Qiao Ma, Qingsong Wang, Ruimin Mu, Jian Zuo. Public Perception towards Waste-to-Energy as a Waste Management Strategy: A Case from Shandong, China // Int. J. Environ. Res. Public Health 2019.- Vol.16(16). - P.2997. DOI 10.3390/ijerph16162997.

36. Caiyun Cui, Yong Liu, Bo Xia, Xiaoyan Jiang, Martin Skitmore. Overview of public-private partnerships in the waste-to-energy incineration industry in China: Status, opportunities, and challenges // Energy Strategy Reviews.- 2020.- Vol.32:100584. DOI 10.1016/j.esr.2020.100584

37. Chen X., Lin, J., Li X., Ma Z. A novel framework for selecting sustainablehealthcare waste treatment technologies under Z-number environment//J. Oper. Res.Soc.- 2020.- Vol.72 (9).- P.1-14. DOI 10.1080/01605682.2020.1759382.

38. Richard L. Skaggs, André M.Coleman, Timothy E.Seiple, Anelia R.Milbrandt. Waste-to-Energy biofuel production potential for selected feedstocks in the conterminous United States // Renewable and Sustainable Energy Reviews.-2018.-Vol.82.- P.2640-2651. DOI 10.1016/j.rser.2017.09.107.

39. Amen R., Hameed J., Albashar G., Kamran H.W., Hassan Shah M.U., Zaman M.K.U., Mukhtar A., Saqib, S., Ch,S.I., Ibrahim M., Ullah, S., Al-Sehemi A.G., Ahmad S.R.,Klemeˇs J.J., Bokhari, A., Asif S., Modelling the higher heating value ofmunicipal solid waste for assessment of waste-to-energy potential: a sustainable casestudy//J.Clean.Prod.-2021.-Vol.287:P.125575. DOI 10.1016/j.jclepro.2020.125575.

40. Hu G. Li, J., Zeng G. Recent development in the treatment of oily sludge from petroleum industry: a review//Journal of Hazardous Materials.-2013.- Vol.261.- P.470-490. DOI 10.1016/j.jhazmat.2013.07.069

41. De Medeiros A. D. M., da Silva Junior C. J. G., de Amorim,J. D. P. Oily wastewater treatment: methods, challenges, and trends// Processes.- 2022. - Vol.10(4). - P.743. DOI 10.3390/pr10040743

42. Коленчуков О.А., Башмур К.А., Агафонов Е.Д., Бухтояров В.В., Сергиенко Р.Б. Анализ современных технологий переработки и утилизации углеводородных отходов термическими способами // SOCAR Proceedings.-2023. - № 2. - P.127-137. DOI 10.5510/OGP20230200855

43. Петровский Э. А., Соловьев Е. А., Коленчуков О. А. (2018). Современные технологии переработки нефтешламов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова.-2018.- №4 - С.124-132. DOI 10.12737/article_5ac24a32b29f22.54931659

44. Сарыглар Ч.А., Чысыма Р.Б. Основные направления переработки угля // Фундаментальные исследования - 2018. -№ 11.- С.121-127. DOI 10.17513/fr.42311

45. Исламов С.Р., Степанов С.Г. Глубокая переработка угля: введение в проблему выбора технологии // Уголь.- 2007. - № 10 (978). - С.53–58.

46. Пиролиз каменного угля: понятие и продукты [Электронный ресурс]. URL: https://ztbo.ru .-Дата обращения: 06.02.2025).

47. Шантарин В.Д. Безальтернативный метод утилизации углеродосодержащих отходов. Научное обозрение. Технические науки.- 2016. -№ 2. - С.71-74.

48. Бахонина Е.И. Современные технологии переработки и утилизации углеводородсодержащих отходов. Сообщение 1. Термические методы утилизации и обезвреживания углеродсодержащих отходов // Башкирский химический журналю- 2015. - № 22(1). - С.20-29.

49. Зубаиров С.Г., Ахметов А. Ф., Байрамгулов А. С. Оценка напряженно-деформированных состояний базовой и усовершенствованной конструкций модулей пиролиза нефтесодержащих шламов // SOCAR Proceedings.- 2018.- № 2.- С.71-76. DOI 10.5510/OGP20230200855

50. Копылов Н.И., Каминский Ю.Д., Куликова М.П. Пиролиз угля Тувинского месторождения // Химическая технология.-2008.- Т.9(4). - С.168 - 173.

51. Sokolinskii S.M., Khudyakov Yu., Lapidus D.A. Calculation of a DirectFlow Coal Gasification Process with Liquid Slag Removal//Solid Fuel Chemistry.-2020.- Vol.54(5).- P.269-273 DOI 10.3103/S0361521920050092.

52. Технология плазменной газификации – преимущества и недостатки. URL: https://vinit.com.vn . - Дата обращения: 06.02.2025.

53. Mishra A., Gautam S., Sharma T. Effect of operating parameters on coal gasification // International Journal of Coal Science & Technology.- 2018.- Vol.5(5).- P.113-125. DOI 10.1007/s40789-018-0196-3.

54. Е.В. Голубев, Н.Н. Кудрявцев. Переработка нефтесодержащих отходов в едином производственном цикле // Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология».- 2012. -№ 10 (114). - С. 112-115.

55. Козловский В.А., Колясников С.А. Строительство и использование заводов по термической переработке отходов как этап развития технологий зеленой экономики // Экономика и управление: теория и практика. -2022. -Т.8.(1). - С.31-36.

56. Тяглов С.Г., Козловский В.А., Колясников С.А., Харагоргиев-Тяглов А.А. Термическая переработка отходов- эффективный способ их утилизации и технология развития альтернативной энергетики в Российской Федерации // Финансовые исследования.- 2022. - № 2 (75). - С.77-82. DOI 10.54220/finis.1991-0525.2022.75.2.007

57. Тугов А. Н. Исследование процессов и технологий энергетической утилизации бытовых отходов для разработки отечественной ТЭС на ТБО: автореф. дис. докт. техн. наук. М., 2012. - 21 с.

58. Waste-to-energy facility to be constructed in Scotland [Electronic source]. – URL: http://www.energyglobal.com. – Date of access: 06.02.2025.

59. Севостьянова М.А., Соловьев Е.А. Технологическая установка для переработки отходов нефти и нефтепродуктов методом низкотемпературного пиролиза // Электронный сборник материалов Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «ПРОСПЕКТ СВОБОДНЫЙ-2016», посвященной году образования в содружестве независимых государств, Красноярск, Сибирский федеральный университет, 15-25 апреля 2016 г. - С. 44 - 46.

60. Хуснутдинова И.Ш., Сафиулина, А.Г., Заббаров Р.Р., Хуснутдинов С.И. Методы утилизации нефтяных шламов//Известия ВУЗ. Серия: химия и химическая технология.- 2015. № 58(10). - С.3-20.

61. Янковой Д. С., Ладыгин К. В., Стомпель С. И., Уткина Н. Н. Новая технология утилизации нефтешламов//Экология производства.-2014.- № 9. - С.47-51.

62. Вайнштейн Э. Ф. (2003). Способ переработки органических веществ. Патент РФ 2201951.

63. Лотош В.Е. Переработка отходов природопользования. Екатеринбург: Полиграфист, 2007. - 503 с. ISBN 5-88425-216-1

64. Калютик А. А., Трещев,Д. А., Поздеева Д. Л. Утилизация твердых бытовых отходов на ТЭЦ г. Санкт- Петербурга //Энергетика и электротехника.-2019.- № 25(3). - С.59-70. DOI: 10.18721/JEST.25304

65. Плазменная технология утилизации отходов. [Электронный ресурс]. URL: https://betosteel.ru.- Дата обращения 08.02.2025.

66. Гибридный плазменный завод, модернизация установок пиролиза и ректификации с получением топлива. PLAZARIUM MPS [Электронный ресурс]. URL: https://www.plazarium.com. Дата обраще-

ния: 08.02.2025.

67. Поляков М. Д., Сычев Э. В. Социальные аспекты рациональной утилизации и переработки мусора в городском хозяйстве // Социальная антропология города: культурное, социальное и хозяйственное пространство : сборник научных трудов по материалам конференции, Санкт-Петербург, 21–22 марта 2019 года. СПб.: L-Print, 2019. - С.40–44.

68. Кадерлеев М. К. Технология плазменной газификации Westinghouse Plasma Corporation [Электронный ресурс]. URL: http://www.cleandex.ru.-Дата обращения: 08.02.2025.

69. Гильмундинов. Отчет о работе. Выполнение маркетинговых исследований (оценка рынка в России и мире, аналоги, компании- конкуренты), Новосибирск, 2021.

References

1. Hoang, A.T., Pham, V.V., Nguyen, X.P. Integrating renewable sources intoenergy system for smart city as a sagacious strategy towards clean and sustainableprocess.//J. Clean. Prod.- 2021.- Vol.305. - P.127161. DOI 10.1016/j.jclepro.2021.127161.

2. Xiao S., Dong H., Geng Y., Francisco M.-J., Pan H., Wu F. An overview of the municipal solid waste management modes and innovations in Shanghai, China. Environ// Sci. Pollut. Control Ser. -2020.- Vol.27.- P.29943–29953. DOI10.1007/s11356-020-09398-5.

3. Ye Y., Ngo H.H., Guo W., Chang S.W., Nguyen D.D., Varjani S., Ding A., Bui X.-T.,Nguyen, D.P. Biomembrane based integrated systems for nitrogen recoveryin wastewater treatment: current applications and future perspectives//Chemosphere.-2020. -Vol.265.- P.129076. DOI 10.1016/j.chemosphere.2020.129076.

4. Ziadat A, Mott H. Assessing solid waste recycling opportunities for closed campuses // Management of Env Quality. - 2005. -Vol.16(3). - P. 250-256. DOI 10.1108/14777830510591679

5. Hoang A.T., Pham, V.V., Nguyen, X.P. Integrating renewable sources intoenergy system for smart city as a sagacious strategy towards clean and sustainableprocess// J. Clean. Prod.- 2021. -Vol.305. - P.127161. DOI 10.1016/j.jclepro.2021.127161.

6. Hoang A.T., Tuan I., Nguyen H., Phuong H. Nguyen. Scrap tire pyrolysis as a potential strategy for waste management pathway: a review // Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. - 2020. DOI 10.1080/15567036.2020.1745336.

7. Seferlis P., Varbanov P.S., Papadopoulos A.I., Chin H.H., Kleme˘s J.J. Sustainable design, integration, and operation for energy high-performance processsystems//Energy.- 2021. - Vol.224- P.120158. DOI 10.1016/j.energy.2021.120158.

8. World Bank. What a Waste: Global Review of Solid Waste Management. -Washington: Urban Development.- 2012.- No 15.- 98 p.

9. Themelis N., Kim Y., Brady M. Energy recovery from New York City municipal solid wastes // Waste Management & Research.- 2002. - Vol. 20(3).- P.223–233. DOI 10.1177/0734242X0202000303.

10. Usmani Z., Kumar V., Varjani S., Gupta P., Rani R., Chandra A. Chapter 11 Municipal solid waste to clean energy system: a contribution toward sustainable development.// Current Developments in Biotechnology and Bioengineering .- 2020. - P.217-231. DOI 10.1016/B978-0-444-64321-6.00011-2.

11. Yang Y., Liew,R.K., Tamothran A.M., Foong S.Y., Yek P.N.Y., Chia P.W., Tran T.V.,Peng W., Lam S.S. Gasification of refuse-derived fuel from municipal solidwaste for energy production: a review// Environ. Chem. Lett. -2021.-№19.- P.2127–2140. DOI 10.1007/s10311-020-01177-5.

12. Kurmanov B. Othody v dohody: pochemu v Kazahstane pererabotka musora prevratilas’ v temu dlja

obsuzhdenija. [Jelektronnyj resurs]. URL: https://ulysmedia.kz .-Data obrashhenija: 04.02.2025. [in Russian]

13. Gorbunova A. Kazahstan nakopil 120 mln tonn musora. Chto s nim delat'? [Jelektronnyj resurs] URL: https://forbes.kz Data obrashhenija 04.02.2025. [in Russian]

14. Aliev I. Pererabatyvat' othody v jenergiju planirujut v Kazahstane. [Jelektronnyj resurs] URL: https://www.kp.kz .- Data obrashhenija: 04.02.2025. [in Russian]

15. Babaeva R. Zhizn' posle baka: kak sejchas vygljadit sistema utilizacii othodov // RBK. Trendy. [Jelektronnyj resurs]. URL: https://trends.rbc.ru .- Data obrashhenija: 04.02.2025. [in Russian]

16. Sitdikov Zh.Zh., Messerle V.E., Ustimenko A.B., Bajmuldin R.V. Tehnologija pererabotki uglerodsoderzhashhih othodov // Vestnik KazNU. Serija fizicheskaja.-2017. - T.60.(1). - S.12-16. [in Russian]

17. Denisov V. V., Denisova I. A., Gutenev V. V., Fesenko L. N. Osnovy inzhenernoj jekologii. Rostov n/D: Feniks, 2013. - 623 s. ISBN 978-5-222-21011-6. [in Russian]

18. Beyene H.D., Werkneh A.A. Ambaye T.G. Current updates on waste to energy (WtE) technologies: a review //Renewable Energy Focus.- 2018. -Vol.24. -P.1-11. DOI 10.1016/j.ref.2017.11.001.

19. Miller Frederick C. Composting of Municipal Solid Waste and its Components // BookMicrobiology of Solid Waste. - 2020. - P.115-154. ISBN 9780138747268

20. Christensen T.H., Cossu R., Stegmann R. (Eds.) 2020. Landfilling of Waste: Biogas, firsted.CRC Press, London, United Kingdom.860 p. DOI 10.1201/9781003062097. ISBN 9781003062097

21. Wang D., Liu X., Zeng G., Zhao J., Liu Y., Wang Q., Chen F., Li X., Yang Q. Understanding the impact of cationic polyacrylamide on anaerobic digestion of waste activated sludge // Water Research. - 2018. - Vol.130. – P.281-290. DOI 10.1016/j.watres.2017.12.007.

22. Escamilla-García Raúl P.E., Camarillo-López R., Carrasco-Hernández, Emmanuel Fernández-Rodríguez, Jesús Michel Legal-Hernández. Technical and economic analysis of energy generation from waste incineration in Mexico // Energy Strategy Reviews. - 2020. -Vol.31:100542. DOI 10.1016/j.esr.2020.100542.

23. Eilhann E.Kwon, Soosan Kim, JechanLee. Pyrolysis of waste feedstocks in CO2 for effective energy recovery and waste treatment // Journal of CO2 Utilization. - 2019. - Vol.31.- P.173-180. DOI 10.1016/j.jcou.2019.03.015.

24. Phuet Prasertcharoensuk Steve, J. Bull Anh N.Phan. Gasification of waste biomass for hydrogen production: Effects of pyrolysis parameters // Renewable Energy. - 2019.-Vol.143. - P.112-120. DOI 10.1016/j.renene.2019.05.009.

25. Wan-Ting Chen, Md.Akiful Haque, Taofeng Lu, Aersi Aierzhati, Gregory Reimonn. A perspective on hydrothermal processing of sewage sludge // Current Opinion in Environmental Science & Health. - 2020. - Vol.14. - P.63-73. DOI 10.1016/j.coesh.2020.02.008.

26. Farooq, A., Haputta, P., Silalertruksa, T., Gheewala, S.H.A framework for theselection of suitable waste to energy technologies for a sustainable municipal solidwaste management system. Fron. Sustain.- 2021.- Vol.2. - P.27. DOI 10.3389/frsus.2021.681690.

27. Cheng Hu Y. Municipal solid waste (MSW) as a renewable source of energy: Current and future practices in China // Bioresource Technology. - 2010.-Vol.101(11).- P.3816 - 3824. DOI 10.1016/j.biortech.2010.01.040

28. Sharholy M, Ahmad K, Vaishya R, Gupta R. Municipal solid waste characteristics and management in Allahabad, India//Waste Management.- 2007. -Vol.27(4)-P.490-496. DOI 10.1016/j.wasman.2006.03.001

29. Ahmed A. Environmental Properties of Waste and By Product Materials Used in Constructions // J solid waste techno mgmt. -2014.-Vol.40, № 2. - P.160-169. DOI 10.5276/JSWTM.2014.160

30. Mickael D. Categorization and Sorting for Waste Management // Int. J. Waste Resour. - 2016. - Vol.6(2). DOI 10.4172/2252-5211.1000227

31. Jones A, Harrison R. Emission of ultrafine particles from the incineration of municipal solid waste//A review. Atmospheric Environment.-2016.-Vol.140.-P.519-528. DOI 10.1016/j.atmosenv.2016.06.005

32. Gutberlet J. Waste, poverty and recycling //Waste Management.-2010.-Vol.30(2).- P.171-173 DOI 10.1016/j.wasman.2009.11.006

33. Umarova M. Dobit' sja stoprocentnoj pererabotki zoloothodov predlagajut v Kazahstane. URL: http://agmpportal.kz .- Data obrashhenija: 05.02.2025. [in Russian]

34. Luke Makarichi, Warangkana Jutidamrongphan, Kua-ananTechato. The evolution of waste-to-energy incineration: A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews.- 2018.-Vol.91.-P.812-821. DOI 10.1016/j.rser.2018.04.088.

35. Xueliang Yuan, Xiaohan Fan, Jiaxin Liang, Mengyue Liu, Yuqiang Teng, Qiao Ma, Qingsong Wang, Ruimin Mu, Jian Zuo. Public Perception towards Waste-to-Energy as a Waste Management Strategy: A Case from Shandong, China // Int. J. Environ. Res. Public Health 2019.- Vol.16(16). - P.2997. DOI 10.3390/ijerph16162997.

36. Caiyun Cui, Yong Liu, Bo Xia, Xiaoyan Jiang, Martin Skitmore. Overview of public-private partnerships in the waste-to-energy incineration industry in China: Status, opportunities, and challenges // Energy Strategy Reviews.- 2020.- Vol.32:100584. DOI 10.1016/j.esr.2020.100584

37. Chen X., Lin, J., Li X., Ma Z. A novel framework for selecting sustainablehealthcare waste treatment technologies under Z-number environment//J. Oper. Res.Soc.- 2020.- Vol.72 (9).- P.1-14. DOI 10.1080/01605682.2020.1759382.

38. Richard L. Skaggs, André M.Coleman, Timothy E.Seiple, Anelia R.Milbrandt. Waste-to-Energy biofuel production potential for selected feedstocks in the conterminous United States // Renewable and Sustainable Energy Reviews.-2018.-Vol.82.- P.2640-2651. DOI 10.1016/j.rser.2017.09.107.

39. Amen R., Hameed J., Albashar G., Kamran H.W., Hassan Shah M.U., Zaman M.K.U., Mukhtar A., Saqib, S., Ch,S.I., Ibrahim M., Ullah, S., Al-Sehemi A.G., Ahmad S.R.,Kleme˘s J.J., Bokhari, A., Asif S., Modelling the higher heating value ofmunicipal solid waste for assessment of waste-to-energy potential: a sustainable casestudy//J.Clean.Prod.-2021.-Vol.287:P.125575. DOI 10.1016/j.jclepro.2020.125575.

40. Hu G. Li, J., Zeng G. Recent development in the treatment of oily sludge from petroleum industry: a review//Journal of Hazardous Materials.-2013.- Vol.261.- P.470-490. DOI 10.1016/j.jhazmat.2013.07.069

41. De Medeiros A. D. M., da Silva Junior C. J. G., de Amorim,J. D. P. Oily wastewater treatment: methods, challenges, and trends// Processes.- 2022. - Vol.10(4). - P.743. DOI 10.3390/pr10040743

42. Kolenchukov O.A., Bashmur K.A., Agafonov E.D., Buhtojarov V.V., Sergienko R.B. Analiz sovremennyh tehnologij pererabotki i utilizacii uglevodorodnyh othodov termicheskimi sposobami // SOCAR Proceedings.-2023. - № 2. - R.127-137. DOI 10.5510/OGP20230200855.[in Russian]

43. Petrovskij Je. A., Solov' ev E. A., Kolenchukov O. A. (2018). Sovremennye tehnologii pererabotki nefteshlamov // Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova.-2018.- №4 - S.124-132. DOI 10.12737/article_5ac24a32b29f22.54931659. [in Russian]

44. Saryglar Ch.A., Chysyma R.B. Osnovnye napravlenija pererabotki uglja // Fundamental' nye issledovanijaju- 2018. -№ 11.- S. 121-127. DOI 10.17513/fr.42311.[in Russian]

45. Islamov S.R., Stepanov S.G. Glubokaja pererabotka uglja: vvedenie v problemu vybora tehnologii //

Ugol'.- 2007. - № 10 (978). - S.53–58. [in Russian]

46. Piroliz kamennogo uglja: ponjatie i produkty [Jelektronnyj resurs]. URL: https://ztbo.ru .-Data obrashhenija: 06.02.2025).

47. Shantarin V.D. Bezal' ternativnyj metod utilizacii uglerodosoderzhashhih othodov. Nauchnoe obozrenie. Tehnicheskie nauki.- 2016. -№ 2. - S.71-74. [in Russian]

48. Bahonina E.I. Sovremennye tehnologii pererabotki i utilizacii uglevodorodsoderzhashhih othodov. Soobshhenie 1. Termicheskie metody utilizacii i obezvrezhivanija uglerodsoderzhashhih othodov // Bashkirskij himi¬cheskij zhurnalju- 2015. - № 22(1). - S.20-29. .[in Russian]

49. Zubairov S.Г., Ahmetov A. F., Bajramgulov A. S. Ocenka naprjazhenno-deformirovannyh sostojanij bazovoj i usovershenstvovannoj konstrukcij modulej piroliza neftesoderzhashhih shlamov // SOCAR Proceedings.- 2018.- № 2.- S.71-76. DOI 10.5510/OGP20230200855. [in Russian]

50. Kopylov N.I., Kaminskij Ju.D., Kulikova M.P. Piroliz uglja Tuvinskogo mestorozhdenija // Himicheskaja tehnologija.-2008.- T.9(4). - S.168 - 173. .[in Russian]

51. Sokolinskii S.M., Khudyakov Yu., Lapidus D.A. Calculation of a DirectFlow Coal Gasification Process with Liquid Slag Removal//Solid Fuel Chemistry.-2020.- Vol.54(5).- P.269-273 DOI 10.3103/S0361521920050092.

52. Tehnologija plazmennoj gazifikacii – preimushhestva i nedostatki. URL: https://vinit.com.vn .- Data obrashhenija: 06.02.2025.[in Russian]

53. Mishra A., Gautam S., Sharma T. Effect of operating parameters on coal gasification // International Journal of Coal Science & Technology.- 2018.- Vol.5(5).- P.113-125. DOI 10.1007/s40789-018-0196-3. .[in Russian]

54. E.V. Golubev, N.N. Kudrjavcev. Pererabotka neftesoderzhashhih othodov v edinom proizvodstvennom cikle // Mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal «Al' ternativnaja jenergetika i jekologija».- 2012. -№ 10 (114). - S.112-115. [in Russian]

55. Kozlovskij V.A., Koljasnikov S.A. Stroitel' stvo i ispol' zovanie zavodov po termicheskoj pererabotke othodov kak jetap razvitija tehnologij zelenoj jekonomiki // Jekonomika i upravlenie: teorija i praktika. -2022. -T.8.(1). - S.31-36.[in Russian]

56. Tjaglov S.G., Kozlovskij V.A., Koljasnikov S.A., Haragorgiev-Tjaglov A.A. Termicheskaja pererabotka othodov- jeffektivnyj sposob ih utilizacii i tehnologija razvitija al' ternativnoj jenergetiki v Rossijskoj Federacii // Finansovye issledovanija.- 2022. - № 2 (75). - S.77-82. DOI 10.54220/finis.1991-0525.2022.75.2.007.[in Russian]

57. Tugov A. N. Issledovanie processov i tehnologij jenergeticheskoj utilizacii bytovyh othodov dlja razrabotki otechestvennoj TJeS na TBO: avtoref. ... dis. dokt. tehn. nauk. M., 2012. - 21 s. [in Russian]

58. Waste-to-energy facility to be constructed in Scotland [Electronic source]. – URL: http://www.energyglobal.com. – Date of access: 06.02.2025.

59. Sevost' janova M.A., Solov' ev E.A. Tehnologicheskaja ustanovka dlja pererabotki othodov nefti i nefteproduktov metodom nizkotemperaturnogo piroliza // Jelektronnyj sbornik materialov Mezhdunarodnoj konferencii studentov, aspirantov i molodyh uchenyh «PROSPEKT SVOBODNYJ-2016», posvjashhennoj godu obrazovanija v sodruzhestve nezavisimyh gosudarstv, Krasnojarsk, Sibirskij federal' nyj universitet, 15-25 aprelja 2016 g. - S.44 - 46.[in Russian]

60. Husnutdinova I.Sh., Safiulina, A.G., Zabbarov R.R., Husnutdinov S.I. Metody utilizacii neftja¬nyh shlamov//Izvestija VUZ. Serija: himija i himicheskaja tehnologija.- 2015. № 58(10). - S.3-20. [in Russian]

61. Jankovoj D. S., Ladygin K. V., Stompel' S. I., Utkina N. N. Novaja tehnologija utilizacii nefteshlamov

// Jekologija proizvodstva.-2014.- № 9. - S.47-51. [in Russian]

62. Vajnshtejn Je. F. (2003). Sposob pererabotki organicheskih veshhestv. Patent RF 2201951. [in Russian]

63. Lotosh V.E. Pererabotka othodov prirodopol' zovanija. Ekaterinburg: Poligrafist, 2007. - 503 s. ISBN 5-88425-216-1.[in Russian]

64. Kaljutik A. A., Treshhev,D. A., Pozdeeva D. L. Utilizacija tverdyh bytovyh othodov na TJeC g. Sankt-Peterburga //Jenergetika i jelektrotehnika.-2019.- № 25(3). - S.59-70. DOI: 10.18721/JEST.25304. [in Russian]

65. Plazmennaja tehnologija utilizacii othodov. [Jelektronnyj resurs]. URL: https://betosteel.ru .- Data obrashhenija 08.02.2025.[in Russian]

66. Gibridnyj plazmennyj zavod, modernizacija ustanovok piroliza i rektifikacii s polucheniem topliva. PLAZARIUM MPS [Jelektronnyj resurs]. URL: https://www.plazarium.com. Data obrashhenija: 08.02.2025. [in Russian]

67. Poljakov M. D., Sychev Je. V. Social' nye aspekty racional' noj utilizacii i pererabotki musora v gorodskom hozjajstve // Social' naja antropologija goroda: kul' turnoe, social' noe i hozjajstvennoe prostranstvo : sbornik nauchnyh trudov po materialam konferencii, Sankt-Peterburg, 21–22 marta 2019 goda. SPb.: L-Print, 2019. - S. 40–44. [in Russian]

68. Kaderleev M. K. Tehnologija plazmennoj gazifikacii Westinghouse Plasma Corporation [Jelektronnyj resurs]. URL: http://www.cleandex.ru .- Data obrashhenija: 08.02.2025. [in Russian]

69. Gil' mundinov. Otchet o rabote. Vypolnenie marketingovyh issledovanij (ocenka rynka v Rossii i mire, analogi, kompanii– konkurenty), Novosibirsk, 2021. [in Russian]

Сведения об авторах

Нургалиев Н.У.- кандидат химических наук, ассоциированный профессор, Казахский университет технологии и бизнеса им. К.Кулажанова, Научно-исследовательский институт Новых химических технологий при Евразийском национальном университете им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: nurgaliev_nao@mail.ru;

Искакова Ж. Б.- кандидат химических наук, ассоциированный профессор, Научно-исследовательский институт Новых химических технологий при Евразийском национальном университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: zhanariskakova@mail.ru;

Колпек А.- кандидат химических наук, ассоциированный профессор,Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: aynagulk@mail.ru;

Айбульдинов Е.К.- доктор PhD, Казахский университет технологии и бизнеса им.К.Кулажанова, Научно-исследовательский институт Новых химических технологий при Евразийском национальном университете им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: elaman_@mail.ru;

Сабитов А.С.- докторант, кафедра химии, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: sawy552@gmail.com;

Копишев Э.Е. - кандидат химических наук, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: eldar_kopishev@mail.ru;

Машан Т. Т.- кандидат химических наук, доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: togzhan-mashan@mail.ru;

Кусепова Л.А.-кандидат химических наук, доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: kusepova71@mail.ru;

Алжанова Г.Ж.- докторант, Научно-исследовательский институт Новых химических технологий при Евразийском национальном университете им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: galiya.alzhanova@gmail.com;

Абдиюсупов Г.Г.-менеджер, ТОО «CCS Services – Central Asia», Астана, Казахстан, e-mail: gaziz_86@inbox.ru;

Өмірзақ М. Т.- доктор PhD, ТОО «Sauda Exports&Import»,Астана, Казахстан, e-mail: madi.omirzak@gmail.com.

Information about the authors

Nurgaliev N.U.- Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business named after K.Kulazhanov, Scientific Research Institute of New Chemical Technologies at the L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: nurgaliev_nao@mail.ru;

Iskakova Zh.B.- Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Scientific Research Institute of New Chemical Technologies at the L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: zhanariskakova@mail.ru;

Kolpek A. - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: aynagulk@mail.ru;

Aybuldinov E.K.- PhD, Kazakh University of Technology and Business named after K.Kulazhanov, Scientific Research Institute of New Chemical Technologies at the L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: elaman_@mail.ru;

Sabitov A.S.- Doctoral student, Department of Chemistry, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: sawy552@gmail.com;

Kopishev E.E. - Candidate of Chemical Sciences, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: eldar_kopishev@mail.ru;

Mashan T. T. - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: togzhan-mashan@mail.ru Kusepova L.A.-Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: kusepova71@mail.ru;

Alzhanova G.Zh.- Doctoral student, Scientific Research Institute of New Chemical Technologies at the L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: galiya.alzhanova@gmail.com;;

Abdiyussupov G. G. – Manager, CCS Services – Central Asia LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: gaziz_86@inbox.ru;

Ómirzak M. T. – PhD, Sauda Exports&Import LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: madi.omirzak@gmail.com.

IRSTI 31.21.01 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-884**

STUDY OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF ADSORBENTS BASED ON POTASSIUM HUMATE AND USE IN HYDROGEN STORAGE

[1,2,3]M.K. Kazankapova✉, [1,2,3]B.T. Yermagambet [1,2]U.M. Kozhamuratova, [1,2]Zh.M. Kassenova, [1,2]A.B. Malgazhdarova, [1,3]Zh.T. Dauletzhanova, [5]A. Cygan, [1,2]G.K. Mendaliyev, [1]A.S. Akshekina, [4]F. Tarikhov

[1]«Institute of Coal Chemistry and Technology» LLP, Astana, Kazakhstan,
[2]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
[3]K. Kulazhanov kazakh university of technology and business, Astana, Kazakhstan,
[4]Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan
[5]ITPE – Institute Of Technology And Fuel Processing Technology, Zabrze, Poland
✉Корреспондент-автор: e-mail: maira_1986@mail.ru, coaltech@bk.ru

This research is based on the investigation of the physicochemical properties of adsorbents based on potassium humate. During this study, we evaluated the structure, characteristics, and adsorption capacity of these materials. Potassium humate served as the main starting material, and we used a series of high-temperature carbonization and activation processes to produce the adsorbents we were investigating.

We characterized the surface structure, porosity, and elemental composition of the resulting adsorbents using techniques such as cryogenic scanning probe microscopy and scanning electron microscopy (SEM). We determined the specific surface area of the adsorbents in terms of surface volume using gas absorption techniques, specifically the Brunauer-Emmett-Teller (BET) method.

The findings reveal a significant improvement in the porosity and adsorption properties of activated adsorbents. Most of these materials have a high specific surface area, which indicates their exceptional adsorption capacity.

These porous carbonaceous adsorbents, obtained through the methods described, are well-suited for purifying industrial wastewater and can act as effective gas adsorbents, including for hydrogen storage. Further research and experimentation hold promise for even greater improvements. Based on the results obtained through these methods, potassium Humate-derived adsorbents emerge as a versatile and technologically feasible raw material with wide-ranging applications.

Key words: adsorbent, potassium humate, adsorption properties, surface area, activation, storage, hydrogen.

КАЛИЙ ГУМАТЫ НЕГІЗІНДЕ АЛЫНҒАН АДСОРБЕНТТЕРДІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ СУТЕГІ САҚТАУДА ҚОЛДАНУ

[1,2,3]М.Қ. Қазанқапова✉, [1,2,3]Б.Т. Ермағамбет, [1,2]Ұ.М. Қожамұратова, [1,2,3]Ж.М. Касенова, [1,2]А.Б. Малғаждарова, [1,3]Ж.Т. Даулетжанова, [5]А. Цыган [1,2]Г.К. Мендалиев, [1]Ә.С. Акшекина, [4]Ф. Тарихов

[1]«Көмір химиясы және технология институты» ЖШС, Астана, Қазақстан,
[2]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
[3]Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,
[4]Назарбаев Университеті, Астана, Қазақстан,
[5]Технологиялар және отын өңдеу технологиясы институты, Забже, Польша,
e-mail: coaltech@bk.ru, maira_1986@mail.ru

Бұл зерттеу калий гуматы негізіндегі адсорбенттердің физика-химиялық қасиеттерін зерттеуге негізделген. Осы зерттеу барысында біз осы материалдардың құрылымын, сипаттамаларын және адсорбциялық қабілетін бағаладық. Калий гуматы негізгі бастапқы материал ретінде қызмет етті және біз зерттеген адсорбенттерді алу үшін жоғары температуралы карбонизация және белсендіру процестерінің сериясын қолдандық.

Біз алынған адсорбенттердің беттік құрылымын, кеуектілігін және элементтік құрамын криогендік сканерлеу зондтарының микроскопиясы және сканерлеуші электронды микроскопия (SEM) сияқты әдістерді қолдана отырып сипаттадық. Біз адсорбенттердің бетінің нақты ауданын газды сіңіру әдістерін, атап айтқанда Брунауэр-Эмметт-Теллер (BET) әдісін қолдана отырып, бетінің көлемі бойынша анықтадық.

Нәтижелер белсендірілген адсорбенттердің кеуектілігі мен адсорбциялық қасиеттерінің айтарлықтай жақсарғанын көрсетеді. Бұл материалдардың көпшілігінің бетінің жоғары спецификалық ауданы бар, бұл олардың ерекше адсорбциялық қабілетін көрсетеді.

Сипатталған әдістер арқылы алынған бұл кеуекті көміртекті адсорбенттер өнеркәсіптік ағынды суларды тазартуға өте қолайлы және тиімді газ адсорбенттері, соның ішінде сутегін сақтау үшін әрекет ете алады. Әрі қарайғы зерттеулер мен эксперименттер одан да жақсартуға уәде береді. Осы әдістер арқылы алынған нәтижелерге сүйене отырып, Калий Гуматынан алынған адсорбенттер жаңжақты және технологиялық тұрғыдан мүмкін болатын шикізат ретінде пайда болады.

Түйін сөздер: адсорбент, калий гуматы, адсорбциялық қасиеттері, бетінің ауданы, активтенуі, сақталуы, сутегі.

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АДСОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ ГУМАТА КАЛИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В ХРАНЕНИИ ВОДОРОДА

[1,2,3]М.Қ. Қазанқапова✉, [1,2,3]Б.Т. Ермағамбет, [1,2]Ұ.М. Қожамұратова, [1,2,3]Ж.М. Касенова, [1,2]А.Б. Малғаждарова, [1,3]Ж.Т. Даулетжанова, [5]А. Цыган [1,2]Г.К. Мендалиев, [1]Ә.С. Акшекина, [4]Ф. Тарихов

[1]ТОО «Институт химии угля и технологии», Астана, Казахстан,
[2]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан,
[3]Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, Казахстан,
[4]Назарбаев Университет, Астана, Казахстан,
[5]Институт технологий и технологий переработки топлива, Забже, Польша,
e-mail: coaltech@bk.ru, maira_1986@mail.ru

Данное исследование основано на изучении физико-химических свойств адсорбентов на основе гумата калия. В ходе этого исследования мы оценили структуру, характеристики и адсорбционную способность этих материалов. Гумат калия служил основным исходным материалом, и мы использовали ряд процессов высокотемпературной карбонизации и активации для получения исследуемых адсорбентов.

Мы охарактеризовали структуру поверхности, пористость и элементный состав полученных адсорбентов, используя такие методы, как криогенная сканирующая зондовая микроскопия и сканирующая электронная микроскопия (SEM). Мы определили удельную поверхность адсорбентов в пересчете на объем поверхности, используя методы поглощения газа, в частности метод Брунауэра-Эмметта-Теллера (BET).

Полученные результаты свидетельствуют о значительном улучшении пористости и адсорбционных свойств активированных адсорбентов. Большинство из этих материалов имеют высокую удельную поверхность, что свидетельствует об их исключительной адсорбционной способности.

Эти пористые углеродсодержащие адсорбенты, полученные описанными способами, хорошо подходят для очистки промышленных сточных вод и могут выступать в качестве эффективных газовых адсорбентов, в том числе для хранения водорода. Дальнейшие исследования и эксперименты обещают еще большие улучшения. Основываясь на результатах, полученных с помощью этих методов, адсорбенты на основе гумата калия становятся универсальным и технологически приемлемым сырьем с широким спектром применения.

Ключевые слова: адсорбент, гумат калия, адсорбционные свойства, площадь поверхности, активация, хранение, водород.

Introduction. In light of the global trend towards renewable energy sources and the mounting environmental concerns, the development of highly efficient, sustainable, and environmentally friendly materials assumes paramount importance

The Relevance of the Study. Natural carbon-based materials, particularly humic substances such as potassium humate, have garnered significant attention due to their remarkable chemical reactivity, abundance, and potential for tailored modification [1].

These materials exhibit promising sorption properties, rendering them suitable for a wide range of applications, including water purification, gas adsorption, and hydrogen storage. However, a more in-depth exploration of their activation mechanisms, thermal stability, structural integrity, and textural characteristics is crucial to fully appreciate their scientific significance and practical utility.

The purpose of this research is to develop and investigate the properties of porous sorbents based on potassium humate. Specifically, we aim to analyze how different activation temperatures affect the structure, chemical composition, and sorption capacity of these materials, as well as their potential for hydrogen storage.

In order to accomplish this objective, several tasks were defined:

- To conduct carbonization and activation processes of potassium humate at various temperatures.

- To characterize the textural properties of the resulting materials using BET, Raman, and FTIR spectroscopy techniques, as well as scanning electron microscopy (SEM).

- To determine how heat treatment influences graphitization processes and the formation of microporous structures.

- To study the hydrogen sorption performance of these materials and compare it to that of CO_2 and N_2 sorbates.

Scientific breakthrough. In the course of our research, we conducted experiments aimed at producing porous carbon that was activated at elevated temperatures of 800 and 900 degrees Celsius. By comparing their physicochemical properties, we were able to observe their characteristics. With an increase in processing temperature, we observed an enhancement in the quality attributes of the adsorbent and a corresponding increase in its adsorption capacity. Potassium humate can be added to the list of environmentally and economically viable adsorbents.

In the current context of various processes involving man-made waste contamination, as well as the purification of contaminated wastewaters and gases, adsorbents play a crucial role as part of composite materials in the realm of medicine.

In light of these features and advantages, research into the development of porous materials based on humic substances is gaining momentum. The structure of potassium humate, the primary component of adsorbents, exhibits remarkable complexity. Due to the presence of diverse functional groups, it demonstrates rapid reactivity with a wide range of metals and simple substances, indicating its high chemical activity [2,3].

Within this functional structure, carboxyl, phenolic, and hydroxyl groups can be identified [4]. Studies have demonstrated that modifications to humates, such as carbonization and activation, significantly enhance their specific surface area, porosity, and selective adsorption capabilities.. The activation of humates through physicochemical methods, such as thermal treatment, exposure to water vapor, carbon dioxide or chemical reagents, can result in the formation of a highly porous structure with exceptional adsorption capacity. Potassium humate, a specific type of humic substance, holds significant potential in agriculture due to its capacity to enhance the physical and chemical characteristics of soil, promote root system development, and bolster plant resilience against abiotic stressors. The utilization of potassium

humate fosters more efficient nutrient absorption, allowing for a reduction in mineral fertilizer application without compromising crop yield [5]. Moreover, the use of granular forms of potassium humate has been demonstrated to enhance soil water-holding capacity and stimulate microbiological processes.. Humic substances (HS), which are formed through the process of humification and carbonization of natural organic materials such as lignite, brown coal, Leonardite, and peat, play a crucial role in soil ecosystems [6,7]. They constitute the dominant component of soil organic matter, accounting for 60–80% of the total organic matter and 50–80% of dissolved organic matter in water, with a concentration of 25% in groundwater.

These substances contribute to soil water retention, regulate the formation of soil aggregates, facilitate carbon sequestration, and impact the dynamics of soil microorganisms. However, extracting HS from natural organic materials presents significant challenges due to their tendency to bind with humins, polyvalent cations, and heavy metals, rendering them insoluble and less accessible for agricultural use [8].

Research has shown that materials based on humates effectively remove heavy metals and organic contaminants from aqueous solutions, while other studies have explored the use of humic sorbents in gas separation and air purification processes.. The study conducted by [9] highlights the advantages of humic sorbents, such as their lower cost and upgradeability compared to activated carbon. Furthermore, research [10] has explored various methods for activating humic substances, including treatments with CO_2, steam, and ozone, allowing for precise control over the structure of the material [11]. However, optimizing activation conditions and enhancing mechanical strength remains a challenging task.

A number of investigations have demonstrated that adsorbents based on potassium humate can effectively eliminate heavy metals, organic contaminants, petroleum products, and other toxic substances from aqueous solutions, as reported in [12] and [13]. In the study [14], it was demonstrated that treating humates in a CO_2 atmosphere increases their surface area and forms a mesoporous structure, enhancing their capacity to absorb metal ions such as Pb^{2+} and Cd^{2+}. Further investigations suggest the potential application of humate-laden adsorbents for capturing gases such as CO_2 and H_2C, thereby paving the way for their utilization in gas separation processes and air purification procedures [15]. Moreover, adsorbents based on humic substances exhibit similar advantages to activated carbon when compared to conventional sorbents, owing to their affordability, renewable nature, and capacity for chemical modification of their structure to enhance sorption performance [16].

Nevertheless, there remain unresolved challenges related to optimizing activation methods, enhancing the mechanical durability of the resulting materials, and investigating their regenerative capabilities [17]. In this study, we delve into the physicochemical characteristics of adsorbents derived from potassium humate, examining their structure, porosity, and sorption efficacy.

Materials and methods. In order to conduct this research, we employed state-of-the-art laboratory instruments and equipment, including a quartz reactor, a rotary tube furnace, a gas chromatograph, a shaker-incubator, and a spectrophotometer, as well as a microscope equipped with a pH meter, a centrifuge, an ultrasonic bath, and an electron quantum scanning device.

The process of carbonization and activation to produce potassium humate-based carbon adsorbents occurred under laboratory conditions in a nitrogen-filled environment at a temperature of 500 degrees Celsius. Carbonization serves the purpose of eliminating volatile components and establishing a porous structure in the material. For activation, water vapor was employed, which facilitated the development of a microporous framework.

Various methods were employed to investigate the physicochemical characteristics of the resulting adsorbents. X-ray diffraction analysis was conducted using an X-ray diffractometer equipped with Cu Ka radiation, spanning a range from 5 to 90 degrees of diffraction angle, to examine the phase composition and crystal structure.. The analysis of infrared (IR) spectra was conducted in

the laboratories of «Nazarbayev University» using a Nicolet iS10 Fourier transform infrared (FTIR) spectrometer. To evaluate the porous structure and specific surface area of the materials, gas adsorption was employed using the Brunauer-Emmett-Teller (BET) method. Scanning electron microscopy (SEM) allowed us to investigate the morphology and surface structure of the adsorbents, while the adsorption properties were explored using methyl orange, enabling the determination of the materials'https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-884 activity in solutions containing organic pollutants.

The elemental composition of the materials was analysed using a Quanta 3D 200i scanning electron microscope equipped with an energy dispersive X-ray analyser (EDAX detector). Additionally, the pH levels of aqueous solutions containing the adsorbents were measured using a pH meter, providing insights into their acid–base properties. All experiments were conducted multiple times.

Results and discussion. The gas chromatographic analysis revealed the primary composition of gases emitted during the processes of carbonization and activation of potassium humate.

At a temperature of 800°C, the concentration of oxygen was 38.033%, hydrogen - 27.612%, carbon dioxide - 6.966%, nitrogen - 1.532%, and methane - 9.767%.

During pyrolysis at a temperature of 900°C, oxygen concentration decreased to 7.39%, while hydrogen increased to 17.68%. The concentration of carbon dioxide remained relatively stable at 5.58%. Nitrogen concentration rose to 69.35%, indicating a significant increase in its proportion. Carbon monoxide was also detected in the gas mixture.

Detailed information on the composition of gases and material balance during carbon activation is provided in Tables 1-4, which showcase the elemental composition of the released gases.

At the initial stage of the thermal processing of potassium humate, there is a process of dehydration, accompanied by the release of water and volatile compounds with a low molecular weight. As the temperature continues to rise, the decomposition of carboxyl, phenolic, and other oxygen-containing functional groups commences, resulting in the emission of CO_2, CO, and a minor amount of volatile organic compounds.

Table 1 - Material balance of potassium humate activation at 800°C

	Name	Massa, g	Compound, %
Original	Potassium humate	270.0	90.0
	Water	30.00	10.00
	Total	300.00	100.00
Product	Solid residue (adsorbent)	172.00	57.30
	Generator gas	97.40	32.50
	Liquid product (water + resin)	30.60	10.20
	Total	300.00	100.0

Table 2 - Material balance of potassium humate activation at 900°C

	Name	Massa, g	Compound, %
Original	Potassium humate	200.00	66.67
	Water	100.00	33.33
	Total	300.00	100.00

Product	Solid residue (adsorbent)	68.40	22.80
	Generator gas	201.66	67.22
	Liquid product (water + resin)	29.94	9.98
	Total	300.00	100.00

Table 3 - Gas composition of carbonization and humate activation at 800℃

Process	T, C°	Gas composit vol., %				
		O_2	H_2	CO_2	N_2	CO
Carbonization	200	53.94	0.07	-	46.05	-
	300	37.52	0.71	9.45	22.34	27.83
	400	50.99	5.98	15.39	29.69	-
	500	30.17	6.73	19.43	45.77	-
	600	28.03	17.61	6.96	47.53	-
Activation	700	22.31	19.56	7.89	42.31	-
	800	19.14	16.37	7.93	57.25	-

Table 4 - Gas composition of carbonization and humate activation at 900℃

Process	T, C°	Gas composit vol., %			
		O_2	H_2	CO_2	N_2
Carbonization	200	8.79	2.18	-	89.03
	300	12.62	31.07	0.40	55.91
	400	10.89	8.16	0.47	80.48
	500	8.29	9.91	4.07	77.73
	600	5.68	10.44	5.24	78.64
Activation	700	2.96	4.93	5.89	86.31
	800	10.42	13.12	4.21	72.25
	900	7.39	17.68	5.58	69.35

Table 5 - Elemental composition of the initial and activated samples

Name	Content of elements, wt. %								
	C	O	Na	Mg	Al	Si	S	K	Fe
Initial potassium humate	42.94	26.16	0.62	0.21	1.27	0.48	0.26	25.92	2.14
Activated potassium humate 800℃	51.06	27.69	0.81	0.21	0.95	0.37	0.24	16.71	1.96
Activated potassium humate 900℃	29.45	31.22	3.86	0.08	0.56	0.25	0.18	34.07	0.33

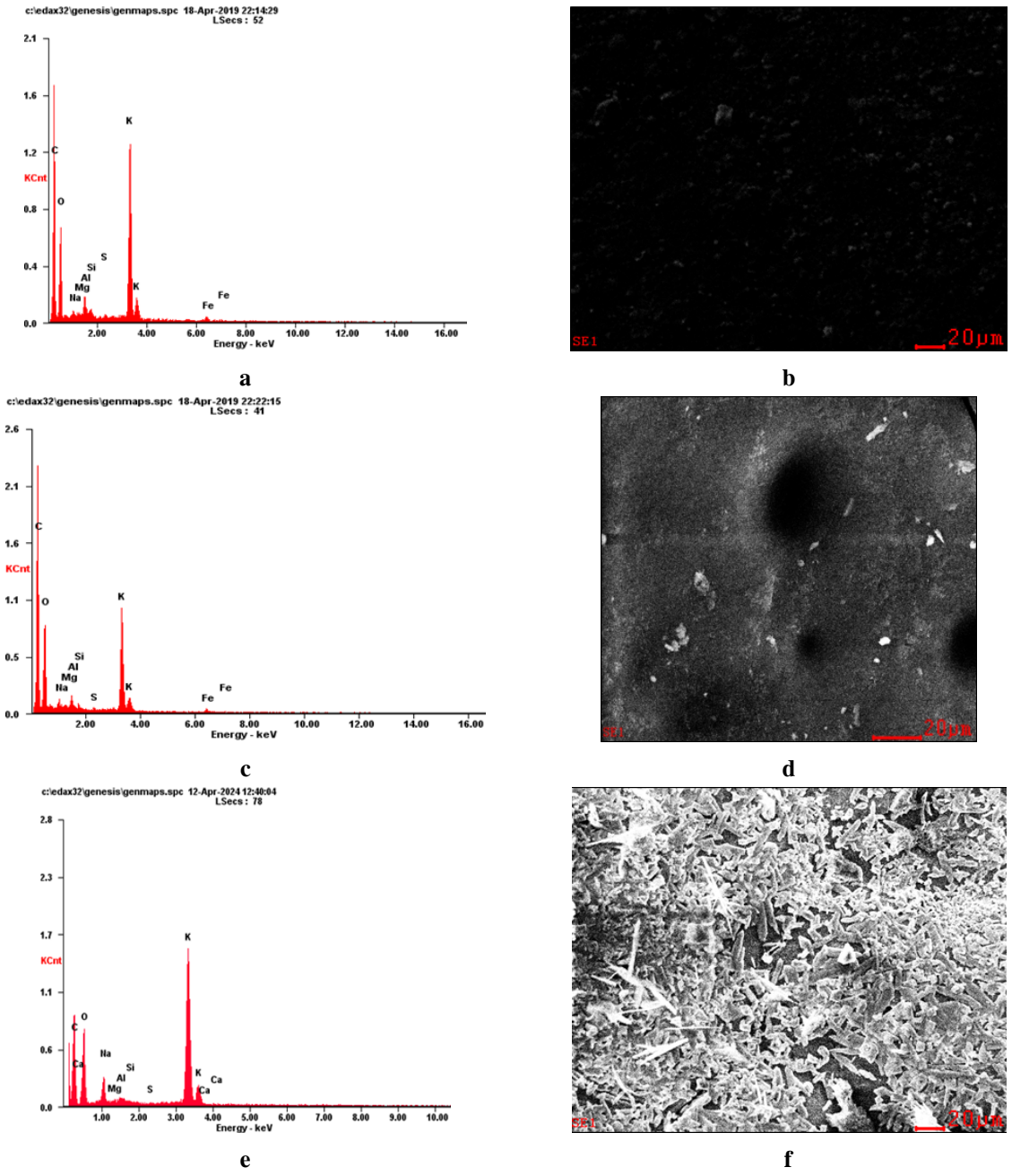


Fig.1 - Elemental composition of samples (a, b – initial potassium humate; c, d - activated potassium humate 800℃; e, f - activated potassium humate 900℃)

With an increase in temperature, aromatic and aliphatic components of the humate structure undergo destruction, leading to the formation of resinous intermediate products. These substances can participate in structural reorganization processes, contributing to the creation of more thermodynamically stable carbon systems.

At higher temperatures ranging from 600 to 700 degrees Celsius, carbonization and condensation reactions become predominant, resulting in the production of a carbonaceous residue with a highly porous structure.. The presence of potassium in a given environment promotes the catalytic breakdown of organic constituents, thereby facilitating the creation of microporous carbon materials. This process is of utmost significance in the manufacturing of activated carbon and sorbent materials. The findings regarding the elemental

composition of the examined samples are detailed in Table 5 and illustrated in Figure 1.

Based on the table data, the original potassium humate contains 42.94% C, 26.16% O_2, 0.62% Na, 0.21% Mg, 1.27% Al, 0.48% Si, 0.26% S, 25.92% K and 2.14% Fe.

Following activation at a temperature of 800 degrees Celsius, the carbon content rises to 51.06 percent, oxygen to 27.69 percent, sodium to 0.81 percent, while magnesium remains unchanged at 0.21 percent. Aluminium decreases to 0.95 percent, silicon to 0.37 percent, sulphur to 0.24 percent, potassium content declines to 16.71 percent, and iron to 1.96 percent.

Upon activation at 900 degrees Celsius, the carbon content of the material significantly decreases to a level of 29.45 percent, while the oxygen content rises to 31.22 percent. The sodium concentration diminishes to 3.86 percent, magnesium to 0.08 percent, aluminum to 0.56 percent, silicon to 0.25 percent, and sulfur to 0.18 percent. Conversely, the potassium content rises to a value of 34.07 percent, while iron content decreases to 0.33 percent.

The presence of potassium within the humate framework serves as a catalyst, activating thermal decomposition reactions and promoting the expansion of the overall porous structure.. At temperatures exceeding 700 degrees Celsius, the process of active micropore formation commences, resulting in a substantial increase in the specific surface area of the material. The precise pore structure is contingent upon the conditions of heat treatment: at lower temperatures, mesopores dominate, providing exceptional sorption capacity for larger molecules, while high-temperature activation between 900 and 1000 degrees Celsius leads to the formation of well-developed micropores, further enhancing the specific surface area and rendering the material highly effective as a sorbent for both gases and smaller molecules.

The micrographs of both the original and activated samples can be seen in Figure 2. Upon analyzing the morphology of these adsorbents, it became evident that the dimensions of the particles exhibit a non-homogeneous structure. The adsorbent treated with potassium humate and subsequently dried at 900 degrees Celsius exhibited dimensions ranging from 295.4 to 548.2 nanometers, while the adsorbent treated with the same potassium humate but at 800 degrees Celsius had dimensions ranging between 41.2 and 71.1 nanometers.

As seen in Figure 2, the formation of carbon nanotubes is observed at 800 °C, where at 900 °C, other carbon materials are predominantly formed. The pores in the structure of potassium humate are formed as a result of heat treatment and chemical activation, which helps to increase the specific surface area and improve the adsorption properties of the material. These pores have different sizes, which allows potassium humate to effectively interact with gases and liquids.

The presence of some large particles and large pores is also observed, which may indicate the initial stage of structural changes in the material. The structure of potassium humate appears to be quite loose and porous, which determines its high activity and potential for use in various applications, such as adsorption or catalysis. FTIR is an effective analytical method used to study the chemical structure and composition of potassium humate. This material, a salt of humic acids obtained as a result of the decomposition of organic substances in soil and peat, undergoes significant structural changes when exposed to high-temperature activation. A comparison of the spectra obtained at 800 ℃ and 900 °C shows the evolution of functional groups during heat treatment.

Both spectra exhibit characteristic absorption bands associated with humic substances. The wide band around 3438-3445 cm^{-1} corresponds to the stretching fluctuations of hydroxyl (O-H), which indicates the presence of water, alcohol, or phenolic groups. The range of ~1630 cm^{-1} reflects fluctuations in carbonyl (C=O) and unsaturated C=C bonds, usually extending from aromatic rings. The 1404 cm^{-1} peak is caused by bending vibrations of C–h and deformation of O-H in humus structures. Ranges of 1010-1125 cm^{-1} show fluctuations in the stretching of C-O, which suggests the presence of alcohol or phenolic functions important for metal

bonding. The area of approximately 830 cm^{-1} and 700 cm^{-1} confirms the structures of aromatic rings, bending beyond the C–H plane. The ranges of ~2610 and 2950 cm^{-1} are associated with asymmetric and symmetrical C–H stretching fluctuations, usually observed in aromatic and aliphatic groups (Table 6).

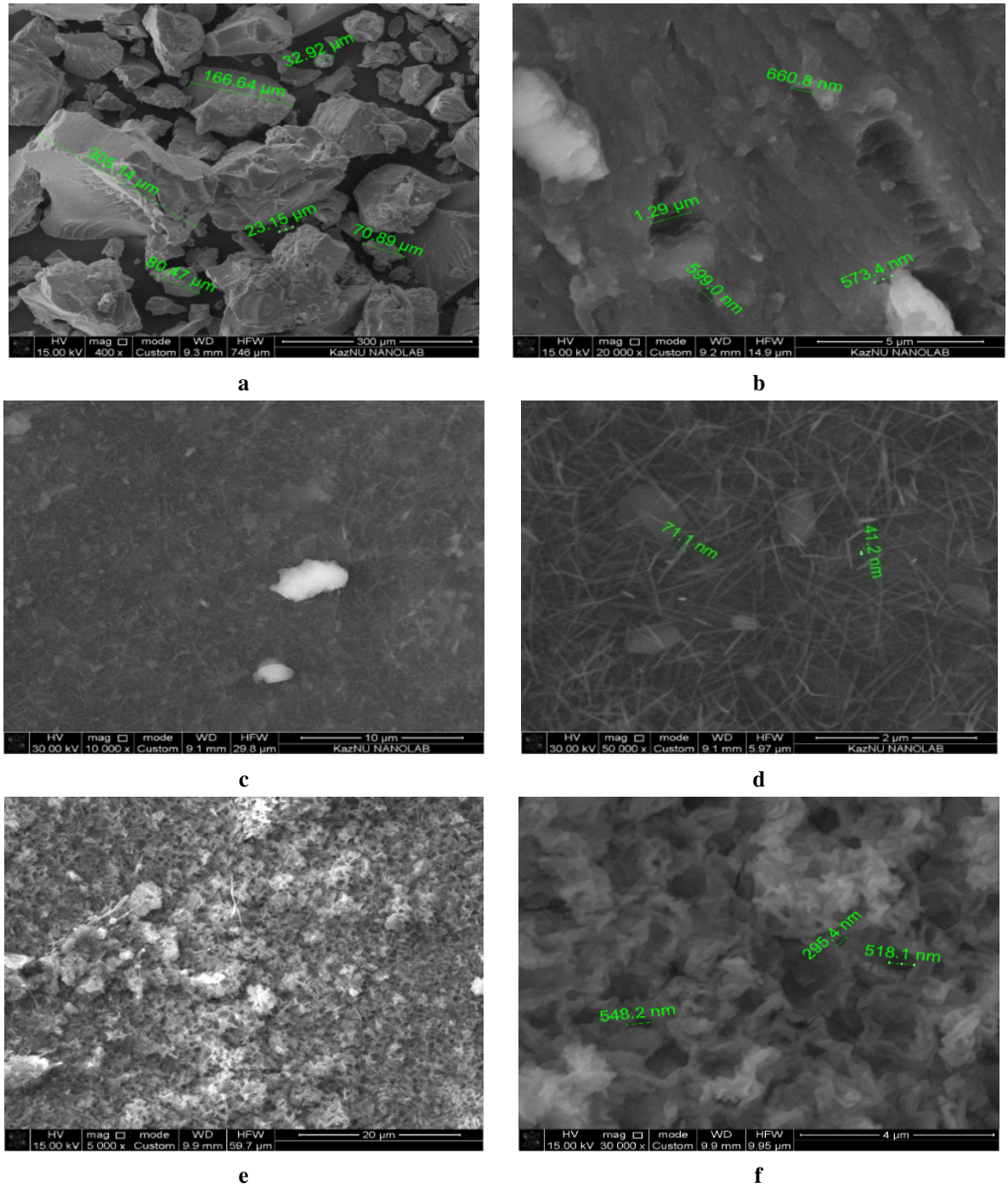


Fig.2 - SEM images of samples (a, b - initial potassium humate; c, d - activated potassium humate 800℃; e, f - activated potassium humate 900℃)

Figure 3 shows the IR spectra of potassium Humate activated at different temperatures-800°C and 900°C, showing changes in the composition of functional groups as a result of heat treatment.

An increase in the activation temperature from 800°C to 900°C leads to small but significant edits in the FTIR absorption bands, especially in the carbonyl and C–O regions, which indicates continuous decomposition or rearrangement of organic functional groups. The loss of the 510 cm^{-1} band at 900°C means a possible rupture of metal-organic interactions or complexes. Despite the thermal stress, the aromatic structures remain quite unchanged, which is expressed in the preservation of peaks below about 830 cm^{-1} and 700 cm^{-1}. In general, the Humate activated at 900°C is structurally stabilized and enriched with aromatic content, the volatile and unstable functional groups are reduced. The results of Raman spectroscopy of potassium Humate activated at 800 °C indicate the presence of peaks D (1359 cm^{-1}) and G (1575.8 cm^{-1}). The degree of graphitization for a given sample is 22.13%, which is determined using spectroscopic methods such as Gaussian decay of the spectrum. The intensity ratio of peaks D and G is I//I = = 0.86, and the obrat inverse ratio I / / I calculated by the Gaussian method is 1.15.

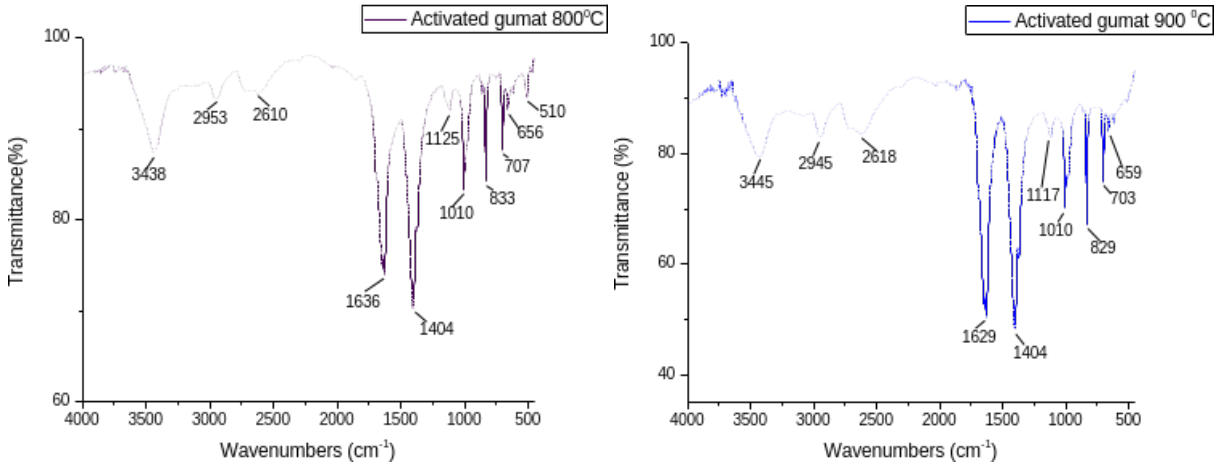


Fig.3 - IR spectra of potassium humate at 800°C (a) and 900°C (b)

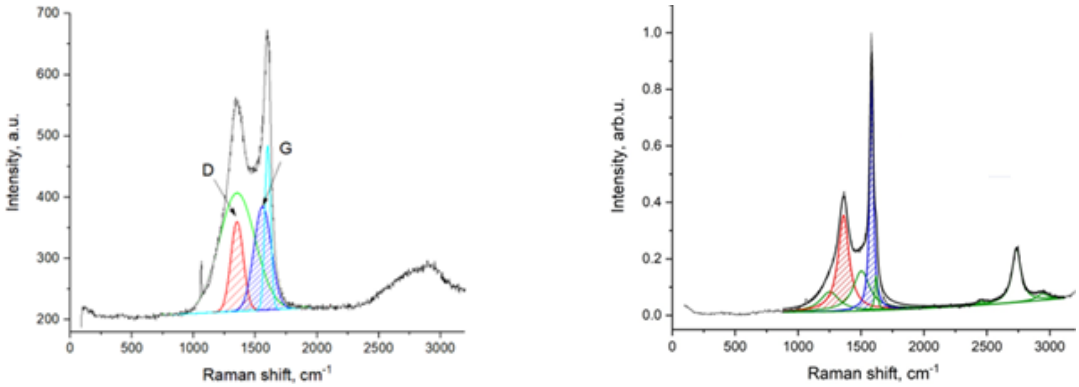
With an increase in the activation temperature to 900°C, the structure of the carbon material undergoes significant changes. In this sample, the degree of graphitization decreases compared to potassium Humate activated at 800°C, which may be due to the redistribution of carbon phases and changes in the structure defect. As a result, its adsorption properties and catalytic activity can be affected.

Thus, heat treatment at different temperatures significantly affects the degree of graphitalization of potassium Humate, as well as its structural and functional characteristics. An increase in the activation temperature leads to an increase in the defect of the carbon material, which is confirmed by a change in spectral characteristics.

Table 6 - Key Differences at 800 °C and 900 °C Spectr

Spectral Region	800 °C	900 °C	Interpretation
O–H Stretching	3438 cm^{-1}	3443 cm^{-1}	Slight shift, possibly due to changes in hydrogen bonding or moisture content.

C=O / C=Stretch C	1635 cm^{-1}	1626 cm^{-1}	A downward shift indicates the weakening or rearrangement of carbonyl/aromatic groups.
C–O Stretch	1125 - 1010 cm^{-1}	1118 - 1010 cm^{-1}	A slight decrease in wavenumber may be due to the breaking or structural rearrangement of ether/phenolic bonds.
C-H Aromatic Bend	833 cm^{-1}	827 cm^{-1}	A very small shift indicates a stable aromatic character.
C–H Out-of-Plane Bend	706 - 656 cm^{-1}	702 - 659 cm^{-1}	Minimal changes confirm the preservation of aromatic ring systems.
Low Frequency Vibration	510 cm^{-1}	Abs	A disappearance may indicate the decomposition of organometallic complexes at 900°C.
Asymmetric Stretch C-H	2611 cm^{-1}	2614 cm^{-1}	A slight shift towards magnification indicates changes in the local environment of aromatic/aliphatic C–H bonds.
Symmetric Stretch C-H	2952 cm^{-1}	2945 cm^{-1}	A slight decrease towards magnification indicates a slight structural rearrangement of organic structures.



a b

Fig.4 - Raman spectr of activated potassium humate at 800℃ (a) and at 900℃ (b)

Potassium Humate interesting sorption properties that can be studied by adsorbing nitrogen. Nitrogen adsorption isotherms for potassium Humate show characteristic features of a microporous structure, which is confirmed by the fact that isotherms belong to type I. That is, potassium Humate has a high surface area, mainly consisting of micropores with a diameter of no more than a few nitrogen molecules. The process of nitrogen adsorption in potassium Humate is accompanied by saturation of the micropores of the material with nitrogen molecules, which leads to the formation of a horizontal site in the isotherm, where adsorption occurs at low pressure values. This suggests that the material is capable of effectively capturing gas molecules in microporous space. With increasing pressure, nitrogen fills the existing pores, but at higher pressure values, adsorption reaches

saturation, which is confirmed by the presence of a horizontal site in the isotherm. Potassium Humate also exhibits a type IV hysteresis cycle, which may indicate the presence of slit-like pores in its structure, typical of organic materials with a multilayer porous mesh. This allows potassium Humate to interact effectively with various gases, including nitrogen, making it useful in a variety of sorption and catalytic applications.

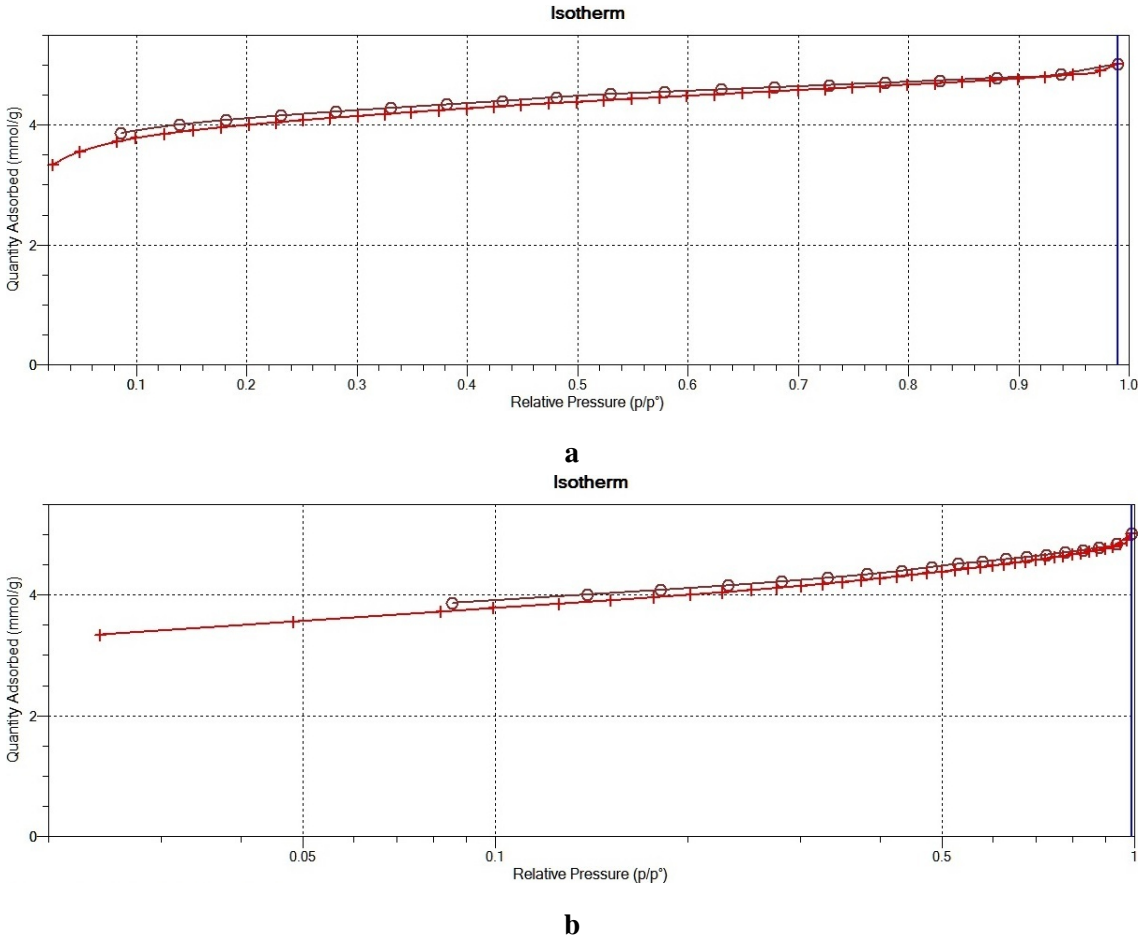


Fig.5 - Adsorption of activated adsorbents a-800°C, b-900°C (N_2, by BET method)

The results of the analysis of the pore structure show that the activation of potassium Humate at different temperatures significantly affects its texture characteristics.

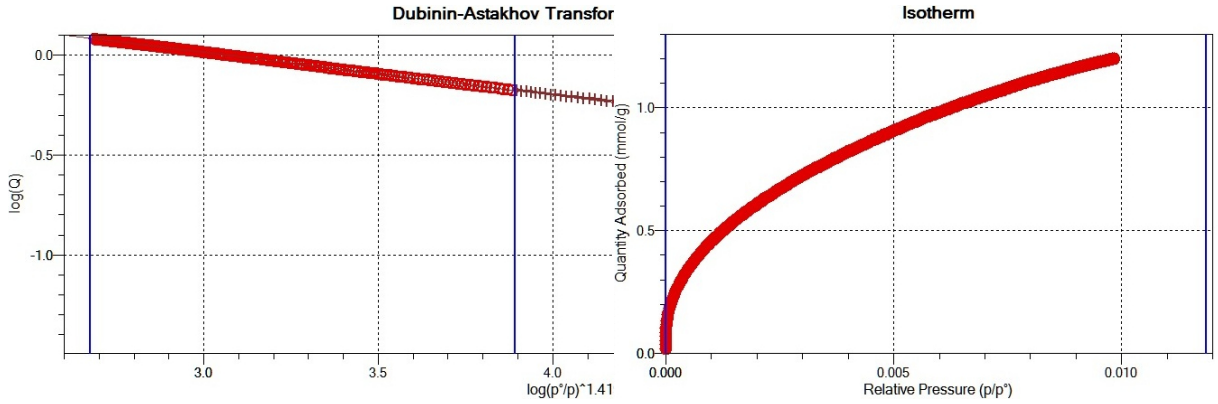
For a sample activated at 800°C, the specific surface area according to bat (S_{BET}) is 320.993 m^2/g, the total pore volume is 0.174 cm^3/G, including 0.116 cm^3/G - micropores, 0.052 cm^3/G - mesopores and 0.006 cm^3/G - macropores. For pores with a width of 17,000 Å to 3,000,000 Å, the actual surface area calculated by BJH is 68.8307 m2/g, while the average width of adsorption pores according to BJH (4V/A) is 36.72 Å.

When the activation temperature rises to 900 °C, the specific surface of the SBET increases to 349.775 m^2/g, but the total pore volume decreases to 0.166 cm^3 / g. in this case, the volume of micropores remains practically unchanged (0.117 cm^3 / G), and the volume of mesopores decreases to 0.029 cm^3 / G, and the proportion of macropores increases to 0.020 cm^3/ G. the specific surface of BJH decreases to 28.9376 m^2 / g, and the average width of BJH adsorption pores decreases to 28.025 Å. Thus, an increase in the activation temperature leads to an increase in the specific surface and redistribution of porosity, which is accompanied by a decrease

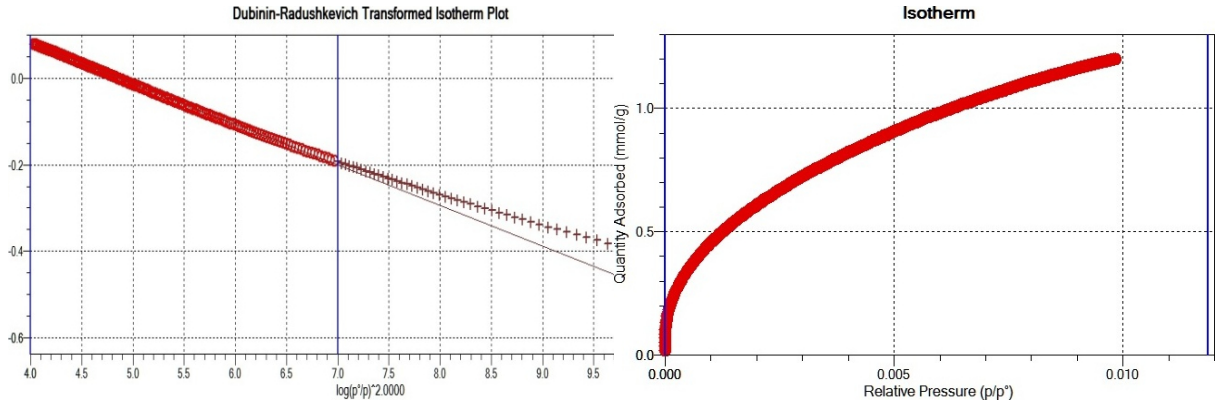
in mesopores and an increase in the proportion of macropores, which can affect the adsorption properties of the material.

Table 7 - Adsorption characteristic of samples (N_2)

Name	SBET, m^2/g	Total pore volume, cm^3/g	Micro-pores, cm^3/g	Meso-pores, cm^3/g	Macro-pores, cm^3/g	SBJH, for pore width from 17,000 Å to 3,000,000 Å, m^2/g	Average wid of adsorption pores BJH (4V/A), Å
Activated potassium humate 800℃	320.993	0.174	0.116	0.052	0.006	68.8307	36.720
Activated potassium humate 900℃	349.775	0.166	0.117	0.029	0.020	28.9376	28.025



a



b

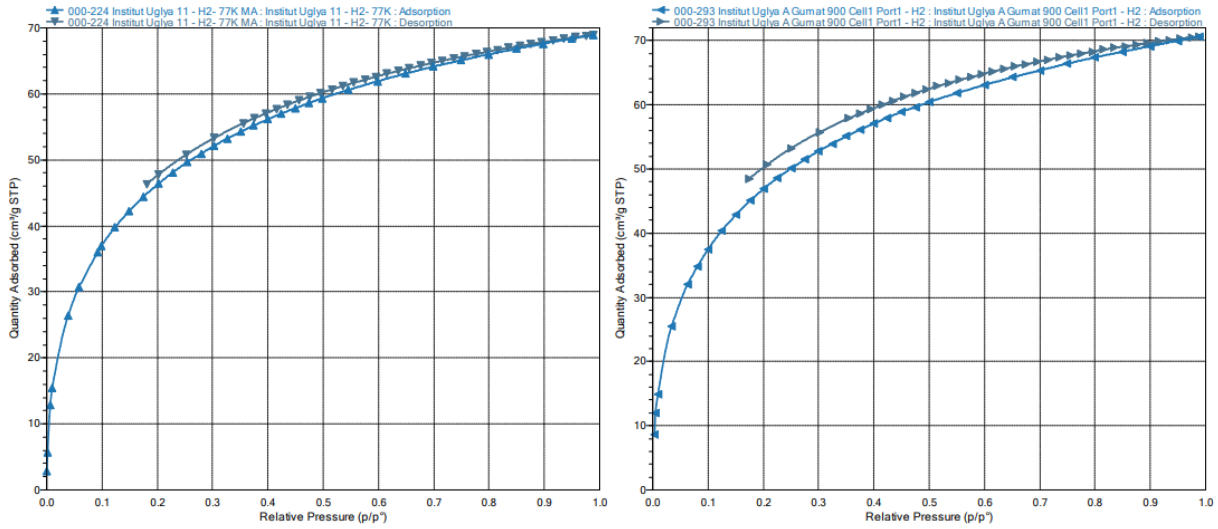
Figure 5 - Adsorption curves of activated potassium humate adsorbent a-800℃, b-900℃ (according to Dubinin-Astakhov, CO_2)

Table 8 shows the results of calculating the porous characteristics using the Dubinin-Radushkevich and Dubinin-Astakhov methods, showing changes in the micropore structure of activated potassium humate with an increase in the activation temperature.

For the sample activated at 800°C, the maximum micropore capacity using the Dubinin-Radushkevich method is 2.8628 mmol/g, and the maximum micropore volume is 0.136467 cm^3/g. The equivalent surface area reaches 293.08 m^2/g. According to the Dubinin-Astakhov method, the maximum micropores capacity is high - 4.56696 mmol/G, and the micropores volume limit is 0.217702 cm^3 / G. when using this method, the equivalent surface area is significantly higher and is 675.86 m2/g, and the average equivalent pore width is 1.88 Å.

Table 8 - Results of the study of sorption of PUM (by CO_2)

Name	Dubinin-Radushkevich			Dubinin-Astakhov			
	Maximum capacity of micropores, mmol/g	Maximum volume of micropores, cm^3/g	Equivalent surface area, m^2/g	Maximum capacity of micropores, mmol/g	Micropore volume limitation, cm^3/g	Equivalent surface area, m^2/g	Average equivalent pore width, Å
Activated potassium humate 800℃	2.8628	0.136467	293.084348	4.56696	0.217702	675.861223	1.884422
Activated potassium humate 900℃	2.2484	0.107183	230.192239	6.57723	0.408868	803.156566	1.303239



a **b**

Fig.6 - Adsorption curve of Activated potassium humate a-800℃, b-900℃ (H_2)

When activated at a temperature of 900°C, the maximum capacity of micropores decreases according to the Dubinin-Radushkevich method, to 2.24848 mmol / G, and the maximum volume

of micropores decreases to 0.107183 cm^3/g. accordingly, the equivalent surface area decreases to 230.19 m^2 / g. however, according to the Dubinin-Astakhov method, the maximum capacity of micropores increases to 6.57723 mmol / G, A micropores volume limit increases to 0.408868 cm^3 / G. the equivalent surface area reaches 803.16 m^2/g, the average equivalent pore width decreases to 1.30 Å.

A comparison of the data shows that with an increase in the activation temperature, the volume of micropores and their equivalent width decreases, but with the Dubinin-Astakhov method, the maximum capacity of micropores increases. This indicates the development of a fine porous structure, which can affect the adsorption properties of the material and its ability to hold molecules of different sizes. The adsorption curves of the activated adsorbent for hydrogen are shown in Figure 6.

The adsorption of hydrogen in activated potassium Humate is due to its developed porous structure with micropores and mesopores. The main contribution to the retention of H_2 is physical adsorption on the carbon surface, which is enhanced by the presence of narrow pores that contribute to an increase in retention forces due to capillary condensation at low temperatures (77 K). An increase in the activation temperature of potassium Humate leads to a slight increase in its actual surface area and redistribution of porosity, which ultimately contributes to an increase in hydrogen capacity.

Table 9 - Results of the study of hydrogen sorption with potassium humate

Name	Specific surface area $S_{(DFT)}$, m^2/g	Mass of H_2, % (77 K)	Maximum amount of adsorbed H_2, (cm^3/g)
Activated potassium humate 800℃	130.4471	0.6154	68.9271
Activated potassium humate 900℃	130.9283	0.6305	70.6192

The findings obtained from calculating the specific surface area and hydrogen adsorption at a temperature of 77 kelvin suggest that the activation of potassium humate at higher temperatures leads to a slight improvement in sorption characteristics.

Using the DFT technique, we determined the specific surface area for a sample that was activated at 800 degrees Celsius to be 130.4471 square meters per gram. The mass fraction of hydrogen adsorbed at 77 degrees Kelvin is 0.6154 percent, with a maximum amount of absorbed H_2 of 68.9271 cubic centimeters per gram.

Upon increasing the activation temperature to 900 degrees Celsius, the specific surface area marginally increases to 130.9283 square meters per gram. Correspondingly, the mass fraction of absorbed hydrogen rises to 0.6305 percent, while the maximum amount of H_2 adsorption reaches 70.6192 cubic centimeters per gram.

Consequently, despite a minor increase in the specific surface area, activation at 900 °C leads to an enhancement in hydrogen adsorption, which can be attributed to changes in the pore structure and the redistribution of micropore fractions. Table 7 provides comparative values for the calculated specific surface areas $S_{(BET)}$ related to the adsorption of N_2, CO_2, and H_2.

The investigation into the sorption characteristics of activated potassium humate under a temperature of 77 K revealed a correlation between the activation temperature and the pore structure as well as the gas adsorption capacity of the material.

Specifically, for a sample that was activated at 800 °C, the specific surface area was determined using the Brunauer-Emmett -Teller (BET) method with nitrogen (N2) and amounted to 320.993 m^2/g. The equivalent specific surface area computed using the Dubinin-Radushkevich approach with carbon

dioxide (CO2) was calculated to be 293.084 m^2/g, while the Dubinin-Astakhov approach yielded a value of 675.861 m^2/g. Density functional theory (DFT) computations with hydrogen (H2) estimated the specific surface to be 130.4471 m^2/g.

Under 77 K, the amount of adsorbed hydrogen reached 0.6154% corresponding to a volume of 68.9271 cm^3/g.

With an increase in activation temperature to 900 °C, the specific surface area determined by the Brunauer–Emmett–Teller (BET) method increases to 349.775 m^2/g. Conversely, the equivalent specific surface area calculated using the Dubinin–Radushkevich method decreases to 230.192 m^2, while the equivalent specific area determined by Dubinin–Astakhov increases to 803.156 m^2.

Table 10 – Comparative table of specific surface area $S_{(BET)}$ for N_2, CO_2 and H_2

Temp-erature, K	S(BET), m^2/g (based on N2)	Equivalent specific surface area (S), m^2/g (based on CO2)		Specific surface area S(DFT), m^2/g (based on H2)	Amount of adsorbed H2 gas	
		Dubinin-Radushkevich	Dubinin-Astakhov		%	cm^3/g
Activated potassium humate (800^0C)						
77	320.993	293.084348	675.861223	130.4471	0.6154	68.9271
-						
77	349.775	230.192239	803.156566	130.9283	0.6305	70.6192

According to density functional theory (DFT), the specific surface remains virtually unchanged at 130.9283 m^2. The quantity of adsorbed hydrogen rises to 0.6305%, or 70.6192 cm^3/g.

Thus, an increase in activation temperature leads to an increase in specific surface area and a re-distribution of porosity. This positively affects the adsorption properties of humic substances, particularly with regard to hydrogen adsorption. This may be attributed to alterations in the micropore structure, resulting in an increase in narrow pores that effectively retain hydrogen through van der Waals interactions.

Conclusion. The investigation into the adsorption and structural properties of activated potassium humate subjected to different thermal treatments at 800°C and 900°C has shown that an increase in the activation temperature leads to substantial alterations in the porous structure of the material. These modifications affect the specific surface area, the distribution of pore sizes, and the sorption characteristics of the substance.

A comprehensive analysis of the composition reveals that at 900°C, there is a decrease in the carbon content (from 51.06% to 29.45%) accompanied by an increase in oxygen content (from 27.69% to 31.22%). Additionally, there is a notable rise in the concentration of sodium and potassium, which can be attributed to a redistribution of mineral constituents within the structure of humate.

Raman spectroscopy analysis revealed a decline in the degree of graphitization as the activation temperature increased, with a 27.6% decrease at 800°C and a 22.13% decrease at 900°C. This was confirmed by an increase in the intensity ratio of the D and G peaks, indicating a rise in structural defects, which could potentially affect adsorption properties.

The porous characteristics showed a slight increase in specific surface area according to the Brunauer-Emmett-Teller (BET) method, from 320.99 m^2/g at 800 °C to 349.77 m^2/g at 900 °C, while total pore volume remained relatively constant.

Pore structure analysis using the Dubinin–Radushkevich and Dubinin–Astakhov models revealed changes in maximum micropore volume

and average pore size at 900 °C. Maximum micropore volume decreased, equivalent surface area increased, and average pore diameter decreased.

The sorption characteristics of hydrogen demonstrated a slight enhancement in the specific surface area, calculated using the DFT method with H2, ranging from 130.45 to 130.93 square meters. The adsorption capacity of hydrogen also increased from 0.6154% to 0.6305%.

This increase may be attributed to a reconfiguration of microporous structures and the emergence of novel active sites. An increase in the activation temperature for potassium humate resulted in an expansion of the specific surface area and a redistribution of porosity, affecting its adsorption capabilities. At 900°C, there was a reduction in graphitization degree and an enhancement in hydrogen sorption capacity. These findings indicate that humates could be employed as effective adsorbents for hydrogen storage in gas systems.

This study confirms the promising potential of potassium humate as an adsorbent. It opens up opportunities for the development of cost-effective and environmentally friendly carbon-based materials for applications in hydrogen storage, water treatment, and gas capture technologies.

Acknowledgement. *This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP19577512 "Development of scientific and technical bases for obtaining microporous carbon nanomaterials for hydrogen separation and storage").*

References

1. Satyam S., Patra S. Innovations and challenges in adsorption-based wastewater remediation: a comprehensive review // Heliyon. - 2024. - Vol.10, №.9. - P.29573. DOI 10.1016/j.heliyon.2024.e29573.

2. Chianese S. et al. Sorption of organic pollutants by humic acids: A review //Molecules. - 2020. - Vol.25 (4). - P.918. DOI 10.3390/molecules25040918.

3. Xie L. et al. Potassium humate-derived nitrogen-doped activated carbons with narrow micropore size distribution for high-performance supercapacitors //Nano. - 2017. - Vol.12 (4). - P.1750040. DOI 10.1142/S1793292017500400.

4. Stevenson F.J. Humus chemistry: Genesis, composition, reactions. – 2nd ed./ New York: John Wiley & Sons. - 1994. - 512 p. - ISBN 978-0471594741

5. Lumactud R. A., Gorim L. Y., Thilakarathna M. S. Impacts of humic-based products on the microbial community structure and functions toward sustainable agriculture //Frontiers in Sustainable Food Systems. - 2022. - Vol.6. - P.977121. DOI 10.3389/fsufs.2022.977121.

6. Maffia A. et al. Humic Substances: Bridging Ecology and Agriculture for a Greener Future //Agronomy. - 2025. - Vol.15 (2). - P.410. DOI 10.3390/agronomy15020410.

7. Dzanagov S.H., Dzheliev A.S., Basiev A.E., Kanukov Z.T., Lazarov T.K. The effect of potassium humate and micronutrients on the yield of cucumber fruits in greenhouse conditions // BIO Web of Conferences. - 2022. - Vol.51. - Art.02002. DOI 10.1051/bioconf/20225102002.

8. Benito P., Bellón J., Porcel R., Yenush L., Mulet J.M. The biostimulant, potassium humate ameliorates abiotic stress in Arabidopsis thaliana by increasing starch availability // International Journal of Molecular Sciences. - 2023. - Vol.24 (15). - Art.12140. DOI 10.3390/ijms241512140.

9. Hartmann M., Six J. Soil structure and microbiome functions in agroecosystems // Nature Reviews Earth & Environment. - 2022. - Vol. 4. - P.1-15. DOI 10.1038/s43017-022-00366-w.

10. Zhang Z. et al. Selective modifier-assisted humic acid extraction: Implications for soil quality enhancement //Environmental Science & Technology. - 2024.- Vol.58 (22). - P.9896-9907. DOI

10.1021/acs.est.3c10713

11. Sarlaki E., Kianmehr M.H., Ghorbani M., et al. Highly humified nitrogen-functionalized lignite activated by urea pretreatment and ozone plasma oxidation // Chemical Engineering Journal. - 2023. - Vol. 456. - Art.140978. DOI 10.1016/j.cej.2022.140978.

12. Wang X. et al. Facile synthesis of recycling Fe_3O_4/graphene adsorbents with potassium humate for Cr (VI) removal //Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. - 2019. - Vol.560. - P. 384-392. DOI 10.1016/j.colsurfa.2018.10.036.

13. Kopinke F. D., Poerschmann J., Stottmeister U. Sorption of organic pollutants on anthropogenic humic matter //Environmental Science & Technology. - 1995.-Vol.29 (4). - P.941-950. DOI 10.1021/es00004a014.

14. Puspitawati I. N. et al. Effect of Cellulose on The Characterization of Potassium Silica–Humat Composite Gel //Nusantara Science and Technology Proceedings. - 2021. - P.57-61. DOI 10.11594/nstp.2021.1410.

15. Meng F. et al. The adsorption characteristics of uranium (VI) from aqueous solution on leonardite and leonardite-derived humic acid: a comparative study //Langmuir. - 2021. - Vol.37 (43). - P. 12557-12567. DOI 10.1021/acs.langmuir.1c01838.

16. Tigrine Z. et al. Sustainable Activated Carbon from Agricultural Waste: A Study on Adsorption Efficiency for Humic Acid and Methyl Orange Dyes //Sustainability. - 2024. - Vol.16 (21). - P.9308. DOI 10.3390/su16219308.

17. Janoš P. et al. Multifunctional humate-based magnetic sorbent: Preparation, properties and sorption of Cu (II), phosphates and selected pesticides //Reactive and functional polymers. - 2013. -Vol. 73 (1). - P.46-52. DOI 10.1016/j.reactfunctpolym.2012.09.001.

Information about the authors

Kazankapova M.K. - PhD in Philosophy, Associate Professor, Corresponding Member of KazNANS, Leading Researcher, Head of Laboratory of LLP ”Institute of Coal Chemistry and Technology”, Astana, Kazakhstan, e-mail: maira_1986@mail.ru;

Yermagambet B.T. – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of KazNANS, Project Manager, Chief Researcher, Director of LLP ”Institute of Coal Chemistry and Technology”, Astana, Kazakhstan, e-mail: bake.yer@mail.ru;

Kozhamuratova U.M. - Junior Researcher «Institute of Coal Chemistry and Technology», master student Eurasian National University of L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan, e-mail: kozhamuratova.u@mail.ru;

Kassenova Zh.M. - Candidate of Chemical Sciences (PhD), Associate Professor Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Corresponding Member of KazNANS, Leading Researcher, Deputy Director of LLP ”Institute of Coal Chemistry and Technology”, Astana, Kazakhstan, e-mail: zhanar_k_68@mail.ru;

Malgazhdarova A.B. - Junior Researcher «Institute of Coal Chemistry and Technology», master student Eurasian National University of L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan, e-mail: malgazhdarova.ab@mail.ru;

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;

Cygan A. - Leading Researcher Institute Of Technology And Fuel Processing Technology, Zamkowa 1, 41-803 Zabrze, Poland, e-mail: acygan@itpe.pl;

Mendaliyev G. K. - Junior Researcher «Institute of Coal Chemistry and Technology», master student Eurasian National University of L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan, e-mail: ganimen02@mail.ru;

Akshekina A.S. - Senior Lab Assistant «Institute of Coal Chemistry and Technology», master student Eurasian National University of L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan, e-mail: akshekina11@gmail.com;

Tarikhov F. - Research technologist, Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan, e-mail: farkhad.tarikhov@nu.edu.kz

Сведения об авторах

Казанкапова М.К. -PhD, асс. профессор, чл.-корр. КазНАЕН, ведущий научный сотрудник, заведующий лабораторией

ТОО «Институт химии и технологии угля», Астана, Казахстан, e-mail: maira_1986@mail.ru;

Ермагамбет Б.Т. - доктор химических наук, профессор, академик КазНАЕН, руководитель проекта, главный научный сотрудник, директор ТОО «Институт химии и технологии угля», Астана, Казахстан, e-mail: bake.yer@mail.ru;

Қожамұратова Ұ.М. - младший научный сотрудник ТОО «Институт химии угля и технологии», магистрант Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: kozhamuratova.u@mail.ru;

Касенова Ж.М. – кандидат химических наук (PhD), и.о асс. профессор Казахского университета технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, чл.-корр. КазНАЕН заместитель директора ТОО «Институт химии и технологии угля», Астана, Казахстан, e-mail: zhanar_k_68@mail.ru;

Малғаждарова А.Б. – младший научный сотрудник ТОО «Институт химии угля и технологии», магистрант Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: malgazhdarova.ab@mail.ru;

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;

Цыган А. - ведущий научный сотрудник Институт технологии и переработки топлива, Замкова 1, 41-803 Забже, Польша, e-mail: acygan@itpe.pl;

Мендалиев Г.К. - младший научный сотрудник ТОО «Институт химии угля и технологии», магистрант Евразийского национального университета им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: ganimen02@mail.ru

Акшекина Ә.С. - старший лаборант ТОО «Институт химии угля и технологии», Астана, Казахстан, e-mail: akshekina11@gmail.com;

Тарихов Ф. - научный технолог в Офисе коллективного пользования при Назарбаев Университете, Астана, Казахстан, e-mail: farkhad.tarikhov@nu.edu.kz

МРНТИ 65.63.03 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-942**

ТОЛТЫРҒЫШТАРДЫҢ СҮЗБЕ ӨНІМІНІҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ-МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

[1]А.А. Бектурганова, [1]А.Ж. Хастаева, [1]А.М. Омаралиева, [2]Н.С. Машанова, [3]С.Л. Гаптар

[1]Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,
[2]Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан,
[3]Новосибирск аграрлық мемлекеттік университеті, Новосибирск, Ресей Федерациясы
Корреспондент-автор: 1968al1@mail.ru

Дұрыс тамақтану адамның қалыпты өсуі мен дамуын қамтамасыз етеді, аурудың алдын алуға, өмірді ұзартуға, өнімділікті арттыруға ықпал етеді және адамдардың қоршаған ортаға адекватты бейімделуіне жағдай жасайды. Қазақстан халқының көпшілігінде дәрумендердің, минералдардың, толыққанды ақуыздардың жеткіліксіз тұтынылуына және олардың ұтымсыз арақатынасына байланысты тамақтану жүйесінің бұзылуы анықталады. Сондықтан, әр түрлі жастағы адамдардың тамақтануы үшін байытылған өнімдердің қолданыстағы технологияларын жетілдіру және жаңа технологияларын әзірлеу, оның ішінде өсімдік компоненттері есебінен макро - және микроэлементтермен байыту басым бағыт болып табылады.

Жұмыстың осы кезеңінде клесі міндет қойылды – желе түзу қасиеті бар ингредиенттерді қолданатын сүзбе өнімі түріндегі ашытылған сүт өнімін алу. Зерттеулерде жүгері ұнын ашытылған сүт ақуызы өнімін өндіруде өсімдік қоспасы ретінде пайдалану мүмкін. Химиялық құрамды салыстырмалы талдау көрсеткендей, алдын-ала термиялық өңдеуден өткен жүгері ұны дәрумендердің, минералдардың, аминқышқылдарының, диеталық талшықтардың ең құнды көзі болып табылады, сондықтан оларды майсыз сүзбемен біріктіру нәтижесінде оның құрамы қоректік заттардың бүкіл кешенімен едәуір байытылады. Сонымен қатар, олар оңай өңделеді, жергілікті өсімдік шикізаты, яғни бұл оларды өндіріске жеткізу шығындарын азайтады.

Түйін сөздер: технология, ашытылған сүт өнімі, жүгері ұны, майсыз сүзбе, аралас өнім, астық өнімі.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА

[1]А.А. Бектурганова, [1]А.Ж. Хастаева, [1]А.М. Омаралиева, [2]Н.С. Машанова, [3]С.Л. Гаптар

[1]Казахский университет технологии и бизнеса им К.Кулажанова, Астана, Казахстан,
[2]Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина Астана, Казахстан,
[3]Новосибирский аграрный государственный университет, Новосибирск, Российская Федерация,
e-mail: 1968al1@mail.ru

Правильное питание обеспечивает нормальный рост и развитие человека, способствует профилактике заболеваний, продлению жизни, повышению работоспособности и создает условия для адекватной адаптации людей к окружающей среде. У большинства населения Казахстана выявляются нарушения системы питания, обусловленные недостаточным потреблением витаминов, минеральных веществ, полноценных белков и нерациональным их соотношением. Поэтому, приоритетным направлением является совершенствование существующих и разработка новых технологий обогащенных продуктов для питания людей разного возраста, в том числе обогащение макро- и микронутриентами за счет растительных компонентов.

На данном этапе работы была поставлена задача – получить комбинированный кисломолочный продукт типа творожного продукта, для чего использовали ингредиенты, обладающие свойством желеобразования. В исследованиях, использование кукурузной муки в качестве растительной добавки при производстве кисломолочного белкового продукта является возможным. Сравнительный

анализ химического состава показал, что кукурузная мука, подвергнутые предварительной термической обработке, являются ценнейшим источником витаминов, минеральных веществ, аминокислот, пищевых волокон, поэтому, в результате комбинировании их с нежирным творогом будут существенно обогащать его состав целым комплексом полезных веществ. Кроме того, они легко поддаются технологической обработке, являются местным растительным сырьем, что снижает затраты по их доставке на производство.

Ключевые слова: технология, кисломолочный продукт, кукурузная мука, творог обезжиренный, комбинированный продукт, зерновой продукт.

STUDY OF THE INFLUENCE OF FILLERS ON THE STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF A COTTAGE CHEESE PRODUCT

[1]A.A. Bekturganova✉, [1]A.M. Omaraliyeva, [1]A.Zh. Khastayeva, [1]N.S. Mashanova, [3]S.L. Gaptar

[1]Kazakh University of Technology and Business named after K.Kulazhan, Astana, Kazakhstan,
[2]Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin Astana, Kazakhstan,
[3]Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russian Federation,
e-mail: 1968al1@mail.ru

Proper nutrition ensures normal human growth and development, contributes to the prevention of diseases, prolongation of life, improvement of working capacity and creates conditions for adequate adaptation of people to the environment. The majority of the population of Kazakhstan has nutritional disorders due to insufficient intake of vitamins, minerals, full-fledged proteins and their irrational ratio. Therefore, the priority is to improve existing and develop new technologies for fortified foods for people of different ages, including the enrichment of macro- and micronutrients from plant components.

At this stage of the work, the task was set to obtain a combined fermented milk product such as a curd product, for which ingredients with the property of gelling were used. In research, the use of corn flour as a vegetable additive in the production of a fermented milk protein product is possible. A comparative analysis of the chemical composition has shown that corn flour, subjected to preliminary heat treatment, is the most valuable source of vitamins, minerals, amino acids, dietary fiber, therefore, as a result of combining them with low-fat cottage cheese, they will significantly enrich its composition with a whole complex of useful substances. In addition, they are easy to process, they are local plant raw materials, which reduces the cost of their delivery to production.

Keywords: technology, fermented milk product, corn flour, low-fat cottage cheese, combined product, grain product.

Кіріспе. Соңғы жылдары тамақтанудың өзгеруіне байланысты адамдардың көпшілігінде негізгі қоректік заттар мен энергияны тұтынудың біртіндеп төмендеуі байқалады. Себептердің бірі-өнімнің құнын арзандату үшін тамақ өнімдерін өндірушілер пайдаланатын шикізаттың өзара алмастырылуы. Рационда өсімдік және жануар тектес ақуыздар мен ақуыздық заттардың азаюы анықталды, бұл халықтың жекелеген санаттарында ақуыз жеткіліксіздігінің белгілерін қалыптастыру үшін алғышарттар жасайды. Бұл мәселені шешудің ең тиімді және үнемді жолы-азықтүлікті байыту немесе маңызды қоректік факторларға бай тағамдық қоспаларды пайдалану [1-3].

Ағзаны өмірлік маңызды дәрумендермен және микроэлементтермен қамтамасыз ету мәселесі ерекше қызығушылық тудырады.

Комбинирленген сүт өнімдерін өндіруде өсімдік компоненттерін пайдалану өнімдердің тағамдық және биологиялық құндылығын арттырып қана қоймайды, сонымен қатар стартерлік микроорганизмдердің дамуына басқаша әсер етеді. Зерттеу жұмысында ашытылған сүт өнімін өсімдік ақуыздарымен, көмірсулармен, майлармен, минералды заттармен байыту үшін жүгері ұнын пайдаланамыз [4-5].

Әдеби деректерге аналитикалық шолу жасау негізінде зерттеудің бағыты, мақсаты мен міндеттері негізделді. Зерттеудің бұл кезеңінің мақсаты біріктірілген ашытылған сүт өнімінің құрылымы мен консистенциясына әсер ететін толтырғыштардың мөлшерін зерттеу болды. Жұмыстың осы кезеңінде сүзбе өнімінің түрінің құрама ашытылған сүт өнімін алу міндеті қойылды, ол үшін гельдік қасиеті бар ингредиенттер пайдаланылды.

Ақуыз өнімдерін өндіру ашыту, құрылымды қалыптастыру және араластыру процесіне негізделген, оның барысында енгізілген компоненттер бір массаға біріктіріледі. Тағамдық қоспаның құрылымдық-механикалық қасиеттері үлкен технологиялық маңызға ие және көптеген факторларға байланысты, олардың ішіндегі ең маңыздысы ингредиенттер балансы болып табылады [6]. Бұл зерттеуде біртекті, жұмсақ, нәзік консистенциялы өнімді алу қажет.

Материалдар мен әдісдер. Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университетінің «Технология және стандарттау» кафедрасының зертханаларында эксперименталды зерттеулер жүргізілді.

Әдеби дереккөздерді талдау және тұжырымдалған міндеттер негізінде зерттеу нысаны ретінде келесілер таңдалды:

- ҚР СТ 94-95 - Сүзбе. Техникалық шарттар;

- МемСТ 327342 «Жартылай фабрикаттар. Жеміс-көкөніс пюресі, консервіленген. Техникалық шарттар»;

- МЕМСТ14176-69 - «Жүгері ұны. Техникалық шарттар».

Зерттеу барысында қойылған міндеттерді шешу үшін жалпы қабылданған стандартты әдістер, оның ішінде органолептикалық және физика-химиялық талдау әдістері қолданылды. Дәнді қоспалары бар қышқыл сүтті ақуыз өнімдерінің сынамаларын іріктеу және оларды зерттеуге дайындау МЕМСТ 26809-86 талаптарына сәйкес жүргізілді. Ал дайын өнімдердің титрленетін қышқылдығы МЕМСТ 3624-92 «Сүт және сүт өнімдері. Қышқылдықты анықтаудың титриметриялық әдістері» стандарты бойынша анықталды.

Жүгері ұны қосылған дәнді сүзбе массалары мен майсыз сүзбенің микробиологиялық зерттеулерге арналған сынамаларын дайындау МЕМСТ 26669-85 «Тағамдық және дәмдік өнімдер. Микробиологиялық талдауға арналған сынамаларды дайындау» стандартына сәйкес жүргізілді. Ал өнімдердің белсенді қышқылдығы (pH) МЕМСТ 32892-2014 талаптарына сай анықталды.

Нәтижелер мен талқылау. Тағамдық қоспаның құрылым түзу процесі оның дисперсия дәрежесіне, құрамындағы заттардың табиғатына және ақуыз жүйесінің күйіне тікелей байланысты. Зерттеу барысында негізгі мақсат – құрылымы тұрақты, үйлестірілген құрамға ие қышқыл сүтті өнім, яғни сүзбе тәрізді өнім алу болды. Осы мақсатта желе түзуші қасиеттері бар ингредиенттер қолданылды, олар өнімнің қажетті консистенциясы мен сапалық көрсеткіштерін қамтамасыз етуге мүмкіндік берді [7].

Құрамдас компонент ретінде жүгері ұнын қолдану арқылы дайындалған қышқыл сүтті ақуыз өнімінің санитарлық-гигиеналық көрсеткіштерін мұқият зерттеу, сондай-ақ өсімдік шикізатын алдын ала термиялық өңдеу барысында олардың өзгеру динамикасын талдау қажет. Дәнді қоспа ретінде қуырудан өткен жүгері ұнын пайдалану дайын өнімнің сапасын арттырып, оның қауіпсіздігі мен тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Ашыған сүтке қосар алдында жүгері ұны №29-32 електен өткізіліп, содан кейін 20 °С температурада майсыз сүтте ерітіліп, негізгі сүтті негізге енгізіледі. Бұл оның өнім құрылымында біркелкі таралуына және сапалық сипаттамаларының жақсаруына ықпал етеді.

Әрі қарай тәжірибе барысында енгізілген қоспаның дозасы, ашыту ұзақтығы, өсімдік құрамдас бөлігінің тромбтың құрылымына әсері және органолептикалық көрсеткіштер сияқты көрсеткіштерді зерттейміз.

Сондай-ақ, жоғарыда айтылғандардың барлығынан басқа, жүгері ұны майы аз сүзбемен үйлескенде құрылымдаушы және тұрақтандырушы агент ретінде әрекет етеді, өйткені дәнді дақылдардың полисахаридтері мен ақуыздары казеинаттармен ақуызды-полисахаридті кешендерді түзуге қабілетті, осылайша сүт проте-

инінің қоспасының эмульгаторлық, тұрақтандырушы және суды сақтайтын қасиеттерін арттырады. Алынған композицияның құндылығы сонымен қатар жануарлардан алынатын ақуыздар мен майлардың бір бөлігін өсімдік тектестерге ауыстыруда болады.

Жұмыстың бірінші кезеңінде біз енгізілетін жарма қоспасының дозасын анықтаймыз. Жүгері ұнтағының концентрациясын 0,5%, 1%, 1,5%, 2% («Сүт және сүт өнімдерінің қауіпсіздігі туралы» Кеден одағының техникалық регламенті бойынша) таңдап аламыз және салыстыру үшін толтырғыш қоспай бақылау экспериментін жүргіземіз [8]. Зерттеу нәтижелері 1-кестеде берілген.

1-кесте. Жүгері ұнының мөлшеріне байланысты қышқыл сүт негізінің органолептикалық көрсеткіштері

Көрсеткіш	Енгізілген жарма қоспасының мөлшері, %				
	0	0,5	1	1,5	2
Сыртқы түрі және консистенциясы	біртекті, тығыз	біртекті, тығыз	біртекті, тығыз, тұтқырлығы төмен	біртекті, тығыз, тұтқырлығы төмен	біртекті, тығыз, аздап ұнды
Дәмі мен иісі	жағымды қышқыл сүтті	жағымды қышқыл сүтті	жағымды қышқыл сүтті	қоспалардың аздап дәмі бар жағымды қышқыл сүтті	жүгері ұнтағының тән дәмі бар жағымды қышқыл сүтті
Түсі	ақ	ақ	сәл сарғыш	сәл сарғыш	сарғыш
Ашыту ұзақтығы, сағ	4,0-4,5	4,0	3- 3,5	3,5	3,0

2-кесте. Жеміс-көкөніс толтырғышының мөлшерінің қышқыл сүт өнімінің органолептикалық көрсеткіштеріне әсері

Толтырғыш дозасы	Органолептикалық бағалау			
	консистенциясы	ұпайлар	дәмі мен иісі	ұпайлар
10%	орташа тығыз, сәл сұйық	4,5	қышқыл сүтті, айқын білінетін	3,5
15%	тығыз, сарысу бөлінбеген	5,0	қышқыл сүтті, сәл алма-сәбіз пюресінің дәмімен	5
20%	тығыз, сарысу бөлінбеген	4,8	қышқыл сүтті, алма-сәбіз пюресіне тән дәмімен	4,5

Зерттеу нәтижесінде өнімдегі жарма толтырғышының ең оңтайлы концентрациясы 1% құрайтыны анықталды, бұл басқа үлгілермен салыстырғанда ең жақсы органолептикалық көрсеткіштерді береді. Жүгері ұнтағын 0,5% мөлшерде пайдаланғанда ашыту уақыты 4,5 сағатқа дейін артады, толтырғыштың 1%-дан астамын қосқанда өнімнің органолептикалық қасиеттері нашарлайды, бірақ ашыту процесі қысқарады, бірақ өнім жүгері ұнтағының дәмімен шығады. Кесте-

дегі мәліметтерді талдай отырып, 1% мөлшерінде қосылған өсімдік қоспасы ашытылған сүт өнімінің ашыту ұзақтығына және органолептикалық қасиеттеріне оң әсер етеді деп қорытынды жасауға болады.

Ашытқы микроорганизмдерінің қышқыл түзу қабілетіне жеміс-көкөніс пюресі дозасы. Бақылау үлгісі ретінде жеміс-көкөніс пюресі қосылмаған сүзбе массасы болды.

1-нұсқа - 10%, 2-нұсқа - 15%, 3-нұсқа - 20%. Жүргізілген зерттеу нәтижелері суретте көрсетілген.

Мәліметтерді талдай отырып, сүзбе массасына өсімдік толтырғыштарын енгізу қышқыл түзілу процесін баяулатады деген қорытындыға келуге болады. Алма-сәбіз пюресі оңтайлы дозасын анықтау үшін өнімнің органолептикалық көрсеткіштері анықталды (2-кесте).

Жеміс-көкөніс толтырғышының мөлшерінің өнімнің консистенциясына әсерін талдау нәтижесінде, өсімдік толтырғыштарының 15% мөлшерінде қосылған өнімдер ең жоғары органолептикалық көрсеткіштерге ие екені анықталды.

Келесі зерттеу кезеңінде сүзбе өнімінің ашыту процесіне полизакваска мөлшерінің әсері зерттелді.

Ашыту процесіне енгізілетін ашытқы қоспасының құрамы ғана емес, сонымен қатар оның мөлшері де үлкен әсер етеді. Өнімнің жоғары органолептикалық көрсеткіштерін қамтамасыз ететін полизакваска мөлшерінің оңтайлы деңгейін анықтау мақсатында зерттеулер жүргізілді. Ізденіс экспериментінің нәтижелері мен ғылыми әдебиеттерге сүйене отырып, сынақ үшін үш түрлі закваска мөлшері таңдалды: 1-нұсқа – 3%, 2-нұсқа – 5%, 3-нұсқа – 7%. Зерттеу нәтижелері 3-кестеде келтірілген.

3-кесте. Закваска мөлшерінің ашытылған өнімнің сапалық көрсеткіштеріне әсері

Өнім	Ашытқы дозасы, %	Қышқылдық, ºТ	Органолептикалық көрсеткіштер			Тұтқырлық, Па*с*10-3
			консистенциясы	дәмі мен иісі	ұпайлар	
Нұсқа 1	3	98	тығыз, сәл тұтқыр, сарысу бөлінбеген	қышқыл сүтті, әлсіз білінетін	4,5	3,1
Нұсқа 2	5	110	біртекті, серпімді, сарысу бөлінген	қышқыл сүтті, айқын білінетін	5,0	3,2
Нұсқа 3	7	120	біртекті, серпімді, сарысу бөлінген	қышқыл сүтті, айқын білінетін, тым қышқыл	4,3	3,2

3-кестеден ашытқы мөлшерін 7% - ға дейін арттыру (3-нұсқа) өнімнің консистенциясына, қышқылдығына және органолептикалық көрсеткіштеріне теріс әсер ететінін көруге болады. Атап айтқанда, ашыту дозасы жоғарылаған кезде ашыту процесі қарқынды жүретіні, ашыту уақыты 2,5-3 сағатқа дейін азаятыны анықталды. Бұл жағдайда қоспаның қышқылдығы өте тез өседі, ал қоспаның ақуыз құрылымы әлі қалыптасуға уақыт жоқ [9,10]. Зерттеу нәтижелері бойынша өнімге жоғары органолептикалық көрсеткіштерді беретін ашытқы мөлшері анықталды - 5%. Ашыту температурасы ашытқы құрамына кіретін микроорганизмдердің түрімен анықталды-барлық микроорганизмдер 38-40°С температурада оңтайлы дамуға ие.

Келесі кезеңде сүзбе өнімінің органолептикалық, физика-химиялық көрсеткіштері, химиялық құрамы зерттелді.

Сүзбе өнімінің органолептикалық көрсеткіштерінің сипаттамасы 4-кестеде келтірілген.

Сүт шикізатын өсімдік тектес толтырғыштармен байыта отырып, әр түрлі жастағы сүзбе өні-

мінің дәмдік қасиеттерін бағалау кезінде өнімнің барлық компоненттердің жақсы дәмдік үйлесімділігі бар екендігі анықталды. Сүзбе өнімінің физика-химиялық көрсеткіштері мен энергетикалық құндылығы 5-кестеде келтірілген.

4-кесте. Сүзбе өнімінің органолептикалық көрсеткіштері

Өнім	Көрсеткіштің атауы		
	сыртқы түрі, консистенциясы	дәмі, иісі	түсі
Сүзбе өнімі	біртекті, серпімді, біркелкі ұйыған, газ түзілмеген	таза, қышқыл сүтті, бөгде иістерсіз, қалыпты тәттілікке ие, қосылған өсімдік толтырғыштарының (жүгері ұны, алма-сәбіз пюресі) дәмі сезілетін	қосылған толтырғышқа тән түс, бүкіл масса бойынша біркелкі.

5-кесте – Сүзбе өнімінің физика-химиялық көрсеткіштері және энергетикалық құндылығы

Көрсеткіштер	Сүзбе өнімі
Массалық үлес, %	
Май	0,06
Ақуыз	3,0
Көмірсулар	9,6
Құрғақ заттар	15,8
Белсенді қышқылдық, pH	4,7
Титрленетін қышқылдық, ºТ	105
Кәсіпорыннан шығару кезіндегі температура, ºС, жоғары емес	2-4
Сақтау мерзімі, сағат.	72
Энергетикалық құндылығы, кДж	334,7

Қорытынды. Жұмыстың осы кезеңінде бастапқы шикізаттың барлық биологиялық құнды заттарын жоғалтпай, өнімге жақсы дәм беретін бұрын алынған зерттеу нәтижелері негізінде жүгері ұнынан астық қоспасын алудың технологиялық параметрлерін пысықтау міндеті қойылды.

Зерттеу нәтижесінде жүгері ұнының технологиялық өңдеуге жақсы бейімделетіні және оны өңдеу үшін үлкен энергетикалық шығындар талап етілмейтіні анықталды. Жергілікті шикізаттан алынатын бұл дәнді дақыл құнды химиялық құрамға ие, оның арқасында қышқыл сүтті ақуызды негізді (майсыз сүзбе) витаминдермен, минералды заттармен, тағамдық талшықтармен және аминқышқылдарымен байытуға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, жүгері ұны салыстырмалы түрде арзан және қолжетімді.

Осылайша, жүгері ұны күрделі шикізат құрамына ие үйлестірілген қышқыл сүтті өнімдерді өндіруде пайдаланылатын өсімдік шикізатына қойылатын барлық талаптарға толық сәйкес келеді.

Алдыңғы зерттеулер нәтижесінде термиялық өңдеуден өткен бұл дәнді дақылдың жоғары ісіну қабілетіне, ылғал сіңіру қасиетіне және ылғалды жылдам сіңіру жылдамдығына ие екендігі аны-

қталды. Жүгері ұнынан дайындалатын өсімдік қоспасын өндіру технологиясы бірнеше кезеңнен тұрады: қуыру, салқындату, қайнату және оны қышқыл сүтті ақуызды негізге енгізу.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, әртүрлі жастағы тұтынушылар үшін пайдалы нутриенттермен байытылған арнайы өнімдерді әзірлеу мен олардың технологиясын жасау өзекті мәселе болып табылады.

Әдебиеттер

1. Пастушкова Е.В., Мысаков Д.С., Чугунова О.В. Некоторые аспекты фактора питания и здоровья человека // Медико-фармацевтический журнал «Пульс». -2016. -№ 4. –С.67-71.

2. Погосян Д.Г. Функциональные пищевые ингредиенты в молочных продуктах / Д.Г. Погосян, И.В. Гаврюшина // Переработка молока: технология, оборудование, продукция: отраслевой специализированный журнал. –2013. – № 3(161). –С.24-26.

3. Банникова, А. В. Новые технологические решения по созданию йогуртов с пищевыми волокнами // Техника и технология пищевых производств. – 5014. – № 3. – С.5–9.

4. Надирова С.А., Мамунова А.М. Использование растительных добавок для получения молочных продуктов // Вестник Алматинского технологического университета. -2018. -№ 2. –С.54-58.

5. Федотова ОБ., Макаркин Д.В., Соколова О.В., Дунченко Н.И. Разработка и исследования пищевой и биологической ценности и потребительских свойств кисломолочного продукта с мукой, не содержащего глютен // Вопр. питания. -2019. -Т.88, -№ 2. -С.101-110. DOI 70.24411/0042-8833-2019-10023.

6. Громов Егор Сергеевич. Разработка новых белковых продуктов на основе исследования особенностей сычужной коагуляции молока: Дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04. -Кемерово, 2004. -148 с.

7. Казанцева И.Л. Научно-практическое обоснование и совершенствование технологии комплексной переработки зерна нута с получением ингредиентов для создания продуктов здорового питания: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. – Саратов, 2017. -391 с.

8. Технический регламент Таможенного союза ”О безопасности молока и молочной продукции” (с изменениями на 19 декабря 2019 года). [Электронный ресурс]. URL: – Дата обращения: 15.01.2025.

9. Каленик Т.К., Медведева Е.В., Моткина Е.В., Медведев Г.В. Кисломолочный биопродукт с повышенным содержанием белка // Молочная промышленность. – 2020. – № 12. –С.12-13.

10. Зобкова З.С. Разработка технологии творожного продукта, обогащенного функциональными ингредиентами / З.С. Зобкова, Т.П. Фурсова, Д.В. Зенина, А.Д. Гаврилина, И.Р. Шелагинова // Молочная промышленность. –2019. –№ 5. –С.44–46.

References

1. Pastushkova E.V., Mysakov D.S., Chugunova O.V. Nekotorye aspekty faktora pitanija i zdorov’ ja cheloveka // Mediko-farmacevticheskij zhurnal «Pul’ s». -2016. -№ 4. –S.67-71.[in Russian]

2. Pogosjan D.G. Funkcional’ nye pishhevye ingredienty v molochnyh produktah / D.G. Pogosjan, I.V. Gavrjushina // Pererabotka moloka: tehnologija, oborudovanie, produkcija: otraslevoj specializirovannyj zhurnal. –2013. – № 3(161). –S.24-26. .[in Russian]

3. Bannikova, A. V. Novye tehnologicheskie reshenija po sozdaniju jogurtov s pishhevymi voloknami // Tehnika i tehnologija pishhevyh proizvodstv. – 2014. – № 3. – S.5–9. .[in Russian]

4. Nadirova S.A., Mamunova A.M. Ispol’ zovanie rastitel’ nyh dobavok dlja poluchenija molochnyh produktov // Vestnik Almatinskogo tehnologicheskogo universiteta. -2018. -№ 2. –S.54-58. .[in Russian]

5. Fedotova OB., Makarkin D.V., Sokolova O.V., Dunchenko N.I. Razrabotka i issledovanija pishhevoj i biologicheskoj cennosti i potrebitel’ skih svojstv kislomolochnogo produkta s mukoj, ne soderzhashhego gljuten // Vopr. pitanija. -2019. -T.88, -№ 2. -S.101-110. DOI 10.24411/0042-8833-2019-10023. [in Russian]

6. Gromov Egor Sergeevich. Razrabotka novyh belkovyh produktov na osnove issledovanija osobennostej sychuzhnoj koaguljacii moloka: Dis. ... kand. tehn. nauk: 05.18.04. -Kemerovo, 2004. -148 c. [in Russian]

7. Kazanceva I.L. Nauchno-prakticheskoe obosnovanie i sovershenstvovanie tehnologii kompleksnoj pererabotki zerna nuta s polucheniem ingredientov dlja sozdanija produktov zdorovogo pitanija: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.18.01. – Saratov, 2017. -391 s. .[in Russian]

8. Tehnicheskij reglament Tamozhennogo sojuza ”O bezopasnosti moloka i molochnoj produkcii” (s izmenenijami na 19 dekabrja 2019 goda). [Jelektronnyj resurs]. URL: http://docs.cntd.ru/. – Data obrashhenija: 15.01.2025. [in Russian]

9. Kalenik T.K., Medvedeva E.V., Motkina E.V., Medvedev G.V. Kislomolochnyj bioprodukt s povyshennym soderzhaniem belka // Molochnaja promyshlennost’. – 2020. – № 12. –S.12-13. [in Russian]

10. Zobkova Z.S. Razrabotka tehnologii tvorozhnogo produkta, obogashhennogo funkcional’ nymi ingredientami / Z.S. Zobkova, T.P. Fursova, D.V. Zenina, A.D. Gavrilina, I.R. Shelaginova // Molochnaja promyshlennost’. –2019. –№ 5. –S.44–46. [in Russian]

Сведения об авторах

Бектурганова А.А. – кандидат технических наук, асс.профессор, Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: 1968al1@mail.ru;

Хастаева А.Ж. – PhD, Казахский университет технологии и бизнеса им К.Кулажанова, Астана Казахстан, email: gera_or@mail.ru;

Омаралиева А.М.- кандидат технических наук, асс.профессор, Казахский университет технологии и бизнеса им К. Кулажанова, Казахстан, Астана, e-mail: aigul-omar@mail.ru;

Машанова Н.С.- - доктор технических наук, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: nurmashanova@gmail.com;

Гаптар С.Л. - кандидат технических наук, Новосибирский аграрный государственный университет, Новосибирск, Российская Федерация, e-mail: 466485@mail.ru.

Information about the authors

Bekturganova A.A. - PhD (technical sciences), ass.professor, Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan, e-mail: 1968al1@mail.ru;

Khastaeva A.J. - PhD, Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana Kazakhstan, e-mail: gera_or@mail.ru;

Omaralieva A.M. - Ph. Ph.D., Assistant Professor, Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan, e-mail: aigul-omar@mail.ru;

Mashanova N.S. - Doctor of Technical Sciences, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, e-mail: nurmashanova@gmail.com;

Gaptar S.L. - Ph.D., Novosibirsk Agrarian State University, Novosibirsk, Russian Federation, e-mail: 466485@mail.ru.

ҒТАМР 65.59.03 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-736**

АБАЙ ОБЛЫСЫНДАҒЫ ӘРТҮРЛІ ЖАНУАРЛАР МЕН ҚҰС ЕТІНІҢ ЖӘНЕ СУБӨНІМДЕРІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

А.К. Суйчинов, Ж.С. Есимбеков, Г.А. Капашева, Г.Е. Жүзжасарова, С.Н. Туменов
Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты (Семей филиалы), Семей, Қазақстан
Корреспондент-автор: ezhanibek@mail.ru

Бұл мақалада әртүрлі жауарлар мен тауық еті және субөнімдерінің физика-химиялық көрсеткіштері, pH сутек иондарының концентрациясы, өнімдердің ылғалды байланыстыру қабілеті және кесу кернеуін зерттеу көрсеткіштері мен нәтижелері көрсетілген. Тартылған ет өнімдерінен сынама алынып олардың химиялық құрамын, ылғалды байланыстыру қабілетін, ортаның белсенді қышқылдылығы (pH) және кесу кернеуін анықтау стандартты әдістермен жүргізілді. Бұл субөнімдердің химиялық зерттеу нәтижелері бойынша ақуыздың ең жоғарғы көрсеткішті жылқы жүрегі (20,48 %), майлылығы ең төменгі көрсеткішке қойдың бауыры (3,09 %), күлі ең жоғарғы сиыр жүрегінде (3,08 %) болды. Ылғалды байланыстыру қабілетін зерттеу барысында ең төменгі көрсеткішті тауық бауыры (22,7 %), ал ортаның белсенді қышқылдылығын (pH) анықтаған кезде, ең жоғарғы көрсеткішті сиыр, жылқы, қой қарыныдары (6,6) тең көрсеткішке ие болды. Сынамаға алынған (pH) нәтижелері бойынша балғын еттің жарамдылығын көрсетті. Қой еті мен тауық етінің кесу кернеуін анықтау кезіндегі көрсеткіш нәтижелері бойынша тауық еті (182,0) кПа сынамасы көрсетсе, қой еті (177) кПа сәйкес төмен екендігі анықталды. Нәтижелер өңдеу процестерін оңтайландыруда және тұтынушылардың талаптарына сәйкес келетін өнімдерді әзірлеуде ет өнеркәсібі үшін пайдалы болуы мүмкін.

Түйін сөздер: жылқы, қой, сиыр және тауық субөнімдері, физика-химиялық көрсеткіші, ылғалды байланыстыру қабілеті, кесу кернеуі.

ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАЗЛИЧНЫХ ЖИВОТНЫХ И ПТИЦЫ, МЯСА И СУБПРОДУКТОВ В АБАЙСКОМ РАЙОНЕ

А.К. Суйчинов, Ж.С. Есимбеков, Г.А. Капашева, Г.Е. Жүзжасарова, С.Н.Туменов
Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности (Семейский филиал), Семей, Казахстан,
e-mail: ezhanibek@mail.ru

В статье представлены результаты исследования физико-химических параметров различных видов мяса и субпродуктов. Изучены концентрация ионов водорода (pH), влагосвязывающая способность, напряжение среза, а также химический состав продуктов. Для определения химического состава, влагосвязывающей способности, активной кислотности (pH) среды и напряжения среза применялись стандартные методы анализа. В результате исследования установлено, что наибольшее содержание белка зарегистрировано в сердце конины (20,48%), а наименьшее содержание жира — в бараньей печени (3,09%). Максимальная зольность отмечена в говяжьем сердце (3,08%). Влагосвязывающая способность оказалась наименьшей у куриной печени (22,7%). Наибольшие значения активной кислотности (pH) зафиксированы у говяжьего, конского и бараньего рубца (6,6). При анализе напряжения среза выявлено, что мясо курицы обладает более высоким показателем (182,0 кПа), чем мясо баранины (177,0 кПа). Результаты могут быть полезны для мясной промышленности при оптимизации процессов переработки и разработки продуктов, соответствующих требованиям потребителей.

Ключевые слова: конина, баранина, говяжьи и куриные субпродукты, физико-химические показатели, влагосвязывающая способность, напряжение среза.

STUDYING THE PHYSICAL AND CHEMICAL COMPOSITION OF DIFFERENT ANIMALS AND POULTRY, MEAT AND BY-PRODUCTS IN THE ABAY DISTRICT

A.K. Suichinov, J.S. Yessimbekov✉, G.A. Kapasheva, G.E. Zhuzzhasarova, S.N.Tumenov

Kazakh Scientific Research Institute of Processing and Food Industry (Semey branch), Semey, Kazakhstan,
e-mail: ezhanibek@mail.ru

The paper presents the results of the study of physicochemical parameters of various types of meat and by-products. Hydrogen ion concentration (pH), water-binding capacity, shear stress, and chemical composition of the products were studied. Standard analytical methods were used to determine the chemical composition, water-binding capacity, active acidity (pH) of the medium and shear stress. The study revealed that the highest protein content was recorded in horse heart (20.48%) and the lowest fat content was recorded in lamb liver (3.09%). Maximum ash content was recorded in cattle heart (3.08%). The water-binding capacity was lowest in chicken liver (22.7%). The highest values of active acidity (pH) were recorded in beef, horse and mutton stomachs (6.6). Analysis of shear stress revealed that chicken meat had a higher value (182.0 kPa) than lamb meat (177.0 kPa). The results may be useful for the meat industry in optimizing processing and developing products that meet consumer requirements.

Key words: horses, sheep, beef and chicken by-products, physico-chemical parameters, moisture-binding capacity, shear stress.

Кіріспе. Қазақстан 2024 жылы бірінші жартыжылдықта шетелге 27,5 мың тоннаға жуық ет экспорттады [1]. Бұл жаңа қайта өңдеу кәсіпорындарының іске қосылуы және құс шаруашылығында ет бағытындағы мемлекеттік қолдаудың кеңеюі осы өнімдер өндірісінің артуына ықпал етуде. Экспорттың артуына сәйкес әртүрлі жануарлардың субөнімдер қалдығыда артады. Осы өндірілген субөнімдерді қалдықсыз пайдалану, әрі өнім өндіру өзекті бағыттардың бірі [2]. Өңдеу технологияларын жетілдіру ет шикізатын, әсіресе субөнімдерді өндіру кезек күттірмейтін өндірістік және әлеуметтік маңызды міндет болып табылады, сондай-ақ берілген ресурстармен жаңа ұрпақты сапалы азық-түлік өнімдерін өндіруге жағдай жасау [3].

Ет – бағалы тағамдық өнім. Ағзаның қалыпты жұмыс істеуі үшін қажетті толық ақуыздардың, майлардың және пайдалы минералды заттардың көзі. Еттің құрамында 0,6-1,2% минералды заттар кездеседі және олардың құрамындағы макроэлементтер (натрий, калий, хлор, магний, кальций және темір) сонымен қатар микроэлементтерге (йод, мыс, кобальт, марганец, фтор, қорғасын) жатады. Ет құрамында B1, B2, B6, B9, B12, H, PP, A, D, E, дәрумендер тобы кездеседі [4]. Ал субөнімдер (жүрек, бауыр, қарын) құрамында бұл дәрумендер оданда көп мөлшерде кезедседі [5].

Субөнімдер – ұшаның жеуге жарамды ішкі мүшелері мен сыртқы бөліктері. Жануарлар салмағының орта есеппен 10-18% субөнімдері құрайды [6].

Ұлт денсаулығы елдің қауіпсіздігін жақсарту үшін шұғыл шараларды қажет етеді. Дұрыс тамақтану ғана адамның өсуін, қалыпты дамуын және жұмыс істеуін қамтамасыз ету, аурулардың алдын алуға үлес қосады [7]. Жануарлардың еттері (сиыр, жылқы, қой) мен тауық еті және олардың субөнімдері (жүрек, бауыр, қарын) адамзат рационында маңызды азық болып табылады. Ет өнімдерінің химиялық құрамының өзгеруі денсаулыққа әсер етеді, сондықтан бұл көрсеткіштерді зерттеу маңызды.

Бұл жұмыстың мақсаты- жануарлар еттері (сиыр, жылқы, қой) мен тауық еті және олардың субөнімдері (бауыр, жүрек, асқорту бұлшықеті) физика-химиялық құрамын, ылғал байланыстыру қабілетін және pH сутек иондарының концентрациясын, кесу кернеуін зерттеу.

Материалдар мен әдістер. *Зерттеу объектілері:* Зерттеу объектісі Абай облысы Семей қаласындағы әртүрлі жануар еті мен тауық етін сататын арнайы дүкендерінен сатып алынған жылқы, сиыр, қой еттері мен тауық еті және оның субөнімдері (жүрек, бауыр, қарын, асқорту бұлшықеті) болды.

Физика-химиялық зерттеу әдістері

Жалпы химиялық құрамын сандық анықтау

сынаманың бір бөлігінің әдістерімен жүргізілді. Бұл әдісте бір өнім үлгісіндегі ылғалды, майды, күлді анықтау үшін жеделдетілген әдіспен ет және сүт өнімдерінің ылғалдылығы мен майлылығын анықтауға арналған құрылғы қолданылады [8].

Ортаның белсенді қышқылдылығы (pH) потенциометриялық әдіспен pH-метр-150МИ құрылғысы арқылы ерітіндіге екі электродты батыру және pH мәнін құрылғы шкаласына жазу арқылы анықталды. Ұсақталған өнім сумен (1:10 қатынасында) ерітінді (судың сүзіндісі) дайындалды. pH 20 °С температурада 30 минуттан кейін өлшенді [9].

Еттің ылғал байланыстыру қабілетін анықтау. Ылғалды байланыстыру қабілеті Р.Грау және Р.Хамм әдісімен анықталды. Бұл әдіс зерттелетін үлгіні аздап басқан кезде суды шығаруға және оның мөлшерін сүзгі қағазында қалдырған дақ аймағының өлшеміне қарай анықтауға бағытталған [10].

Кесу кернеуін анықтау

Зерттеу үлгілері арнайы құрылғыда сынамаларды кесу арқылы жүзеге асады. Айналмалы құбырлы пышаққа өнімнің бір бөлігін аздап басу арқылы сынамалар арнайы құрылғыда кесілді. Алынған диаметрі 0,01 м болатын тегіс цилиндрлік үлгі итергіш көмегімен жүзеге асты. Сынамаларды кесуге арналған арнайы құрылғы болмаған жағдайда, сынаманы қабырғалары 0,02Х 0,02 м шаршы түрінде қолмен кесіп алды.

Дайын өнім сынамасы үстелге мұқият орналастырылды. Сынаманы кесуге қажетті күш құрылым дисплейінде жазылды. Содан кейін құрылғының жұмыс режимі жоғарыда сипатталғандай орнатылды. «Бастау» түймесін басу арқылы үлгіні кесетін кесу құралы қозғалысқа келтірілді. Өлшеу кезінде параметр мәндері экранда пайда болды және құрылғының жадында автоматты түрде жазылды. Осыдан кейін барлық өлшеу деректері компьютерде өңделеді. Бұл жағдайда кесу кернеуінің мөлшері өнімге әсер ететін күшті формула (1) бойынша өнімнің бетінен өтетін жолдың ауданына бөлу арқылы анықталды:

$$\theta_{\text{ср}} = \frac{P}{F},\ \text{Па} \qquad (1)$$

P-кесу күші, Н;

F-кесу бетінің ауданы, м^2: $F = \pi R^2$;

R-үлгінің радиусы, м.

Статистикалық талдау

Өлшеу нәтижелерін өңдеу Excel-2016 бағдарламасының көмегімен жүзеге асырылды. Талдау нәтижелері p≤0,05 кезінде статистикалық маңызды болды. Деректер орташа ± стандартты ауытқу ретінде ұсынылған. Үлгілер арасындағы айырмашылықтардың маңыздылығын бағалау үшін бір жақты дисперсия талдауы (ANOVA) жүргізілді.

1 - кесте. Еттің химиялық құрамы

Ет түрі	Ылғалдылығы	Ақуызы	Майы	Күлі
Сиыр	70.40±1,25	18.88±0,37	9.68±0,17*	0.97±0,01
Қой	67.98±0,76	18.60±0,31	11.86±0,16*	0.97±0,01
Жылқы	71.21±1,17*	20.63±0,29*	6.44±0,14*	1.13±0,01*
Құс еті (тауық)	66.49±0,85	18.51±0,23	13.21±0,20*	0.99±0,02

** бағандардағы мәндер айтарлықтай ерекшеленеді (p<0.05)*

Зерттеу нәтижелері. Зерттеу барысында жылқы, сиыр, қой еттері мен тауық еті және олардың субөнімдерінің (бауыр, жүрек, қарын, асқазан бұлшықеті) физика-химиялық құрамы, pH сутек иондарының концентрациясы, ылғал байланыстыру қабілеті және кесу кернеуі анықталып

кестелерде, диаграммаларда көрсетілді.

Химиялық құрамын зерттеу

Зерттеуге сынама ретінде сиыр, жылқы, қой және тауық еттері мен олардың субөнімдері (бауыр, жүрек, қарын, асқазан бұлшықеті) алынды. Олардың физика-химиялық құрамы анықталды. Еттің химиялық құрамы 1- кестеде көрсетілген.

Талданатын ет түрлерінің ішінде жылқы етінде ылғалдың ең көп мөлшері -71,21%, одан кейін сиыр еті-70,40% байқалды. Сәйкесінше қой мен тауықтың ылғалдылығы 67,98% және 66,49% төмен болды. Жылқы еті мен сиыр етіндегі ылғалдың жоғары мөлшері бұлшықет талшықтарының құрамына [11] және ылғалдылық деңгейіне кері пропорционал болатын бұлшықет ішілік майдың аз болуына байланысты болуы.

Ақуыз еттің биологиялық және функционалдық қасиеттерін анықтайтын ең маңызды тағамдық құрамы болып табылады. Ең жоғары ақуыз мөлшері жылқы етінде 20,63%, сиыр етінен (18,88%), қой етінен (18,60%) және тауық етінен (18,51%) асып түсті. Жылқы еті құнды ақуыздар құрамы бойынша сиыр, қой және тауық етінен кем болмайтыны анықталған. Оның құрамында барлық алмастырылмайтын аминышқылдар бар және олар өте қолайлы қатынаста орналасқан [12].

Майдың мөлшері дәміне, құрамына және калориясына әсер етеді. Тауық еті майдың ең жоғары мөлшерін - 13,21 %, одан кейін қой еті - 11,86%, сиыр еті - 9,68% және жылқы еті - 6,44% көрсетті. Тауықтың аяқы мен жамбасындағы майдың көп мөлшері құстың анатомиясына сәйкес келеді, онда бұл бөліктерге көп май жиналады. Қой етіндегі майдың салыстырмалы түрде жоғары мөлшері май тінінің таралуының түрлік ерекшеліктерімен байланысты болуы мүмкін. Жылқы етіндегі майдың аздығы оның денсалуығын ойлайтын тұтынушыларды тарта алатын майсыз ет ретінде жіктелуін көрсетеді [13].

Күл әртүрлі физиологиялық функцияларды орындау үшін қажет және ет құрамындағы минералдардың жалпы мөлшері. Жылқы етінде күл мөлшері ең жоғары - 1,13% болды, бұл сиыр етімен (0,97%), қой етімен (0,97%) және тауықпен (0,99%) салыстырғанда минералды құрамның жоғары екендігін көрсетеді. Жылқы етіндегі күлдің жоғарылауы жануарлар түрлерінің рационына, зат алмасуындағы немесе бұлшықет құрамының айырмашылығына байланысты болуы мүмкін.

Осылайша, салыстырмалы дәлелдер жылқы етінің ылғалдылығы мен ақуызы ең жоғары және майы ең төмен екенін көрсетеді. Керісінше, тауық етінде, әсіресе аяқтар мен жамбастарда, зерттелген барлық ет түрлерінің ішіндегі ең жоғары май және ең аз ылғал мен ақуыз бар. Май мен ылғалдылық арасындағы кері байланыс барлық үлгілерде байқалады. Тауық еті мен қой еті сияқты майы жоғары еттердің ылғалдылығы төмен болды. Бұл құбылысты бұлшықет тініндегі судың маймен алмастырылуымен түсіндіруге болады, өйткені май мөлшері артады [14].

Әртүрлі жануарлар мен тауықтың субөнімдерінің химиялық құрамын талдау кезінде олардың мүшелері арасындағы айырмашылықтарды анықтады. ($p<0,05$). Сиыр еті, қой еті, жылқы еті мен тауық еті және субөнімдерін талдау кезінде ылғал, ақуыз, май және күл құрамындағы айырмашылықтар табылды.

Жүректің химиялық көрсеткіші

Ылғалдылық құрамы: Жүректің ылғалдылығы жануарлар түрлері арасында айтарлықтай өзгерді ($p <0,05$). Қой жүрегінде ең жоғары ылғалдылық 80,9% болса, бұл құс жүрегінен (76,3%), сиыр етінен (74,53%) және жылқы жүрегінен (74,46%) жоғары көрсеткіш көрсетті. Қойдың жүрегіндегі ылғалдың жоғарылауы жүрек тінінде судың сақталуына әсер ететін түрге тән метаболикалық сипаттамаларға байланысты болуы мүмкін. Субөнімдердің химиялық құрамы 2 – кестеде көрсетілген.

Ақуыздың құрамы: жылқы жүрегі ақуыздың ең жоғары деңгейіне - 20,48% ие болды, сиыр жүрегінен (18,52%), құс жүрегінен (15,42%) және қозы жүрегінен (14,12%) ($p < 0,05$) айтарлықтай асып түсті. Жылқы жүрегіндегі ақуыздың жоғары деңгейі бұлшықеттердің тығыздығын және май мен ақуыздың арақатынасының төмендігін көрсетеді, бұл оны майсыз ақуыздың

құнды көзі етеді.

Май құрамы: құстың жүрегінде майдың ең көп мөлшері бар - 6,68%, бұл жылқы жүрегінен (5,31%), сиыр жүрегінен (3,87%) және қой жүрегінен (3,48%) ($p < 0,05$) айтарлықтай көп. Құстың жүрегіндегі майдың көп мөлшері липидтер алмасуының және майдың жиналуының түрлік ерекшеліктеріне байланысты болуы мүмкін.

2 - кесте. Субөнімдердің химиялық құрамы, %

Ет түрі	Ылғалдылығы	Ақуызы	Майы	Күлі
Сиыр				
Жүрек	74.53±1,31	18.52±0,25	3.87±0,04	3.08±0,05
Бауыр	75.81±1,22	18.96±0,19	3.78±0,04	1.45±0,02*
Қарын	77.12±0,88	15.73±0,25*	5.85±0,07*	1.3±0,02*
Қой				
Жүрек	80.90±1,13	14.12±0,19*	3.48±0,06*	1.50±0,02
Бауыр	75.57±1,02*	19.85±0,41*	3.09±0,04*	1.49±0,02
Қарын	83.45±0,87	11.60±0,13*	4.04±0,06*	0.91±0,01*
Жылқы				
Жүрек	71.46±1,04	20.48±0,43*	5.31±0,09*	2.75±0,03*
Бауыр	75.25±0,60	19.40±0,22*	3.89±0,05*	1.46±0,02
Қарын	75.87±1,24	16,00±0,23*	6.40±0,07*	1.73±0,03
Тауық				
Жүрек	76.30±1,15	15.42±0,25*	6.68±0,10*	1.60±0,02
Бауыр	74.37±1,29	18.91±0,20	5.29±0,06*	1.43±0,02
Асқазан бұлшықеті	74.30±0,88	19.49±0,33	4.94±0,08*	1.28±0,02*

** бағандардағы мәндер айтарлықтай ерекшеленеді ($p<0.05$)*

Күл құрамы: сиыр жүрегінде күл мөлшері ең жоғары болды - 3,08%, бұл жылқы жүрегінен (2,75%), құс жүрегінен (1,6%) және қой жүрегінен (1,5%) ($p < 0,05$) айтарлықтай жоғары болды. Бұл сиыр етінің жүрегінде минералдар көп болуын көрсетеді, бұл оның тағамдық құндылығын арттырады [15].

Бауырдың химиялық құрамы

Ылғалдылық: бауыр үлгілеріндегі ылғалдылық аздап өзгерді. Сиыр бауырында 75,81% ылғал болса, одан кейін қой бауыры (75,57%) және жылқы бауыры (75,25%) көрсетті. Құстың бауыры ылғалдың аздығымен ерекшеленді-74,37%. Бұл айырмашылықтар статистикалық маңызды емес ($p > 0,05$), бұл жануарлардың осы түрлерінің бауырындағы ылғалдылық салыстырмалы түрде бірдей екенін көрсетеді.

Ақуыздың мөлшері: қой етінің бауыры ақуыздың ең жоғары мөлшерін көрсетті - 19,85%, бұл жылқы бауырынан (19,4%), сиыр бауырынан (18,96%) және құс бауырынан (18,91%) сәл жоғары. Айырмашылықтар статистикалық маңызды емес ($p > 0,05$), бұл осы түрлердің бауырындағы ақуыздың ұқсас құрамын көрсетеді.

Май құрамы: майдың мөлшері әр түрлі болды, құстың бауырында майдың ең көп мөлшері 5,29% болды, бұл қой бауырынан (3,09%), сиыр бауырынан (3,78%) және жылқы бауырынан (3,89%) ($p < 0,05$) едәуір көп. Құс бауырындағы майдың жоғарылауы құс бауырында липидтердің

жиналуының жоғарылауымен байланысты болуы мүмкін.

Күл құрамы: бауырдағы күл мөлшері салыстырмалы түрде бірдей және тауық бауырында 1,43%-дан қой бауырында 1,49%-ға дейін кездесті. Бұл шамалы айырмашылықтар статистикалық маңызды емес ($p > 0,05$), бұл әртүрлі бауыр тіндеріндегі салыстырмалы минералды құрамды көрсетеді.

Қарын мен асқазан бұлшықетінің химиялық құрамы

Ылғалдылық: қой етінің қарыны ең жоғары ылғалдылыққа ие болды-83,45%, сиыр қарыны (77,12%), жылқы қарыны (75,87%) және тауықтың асқазан бұлшықеті (74,3%) ($p < 0,05$). Қойдың қарынындағы ылғалдың жоғары болуы ас қорыту физиологиясындағы айырмашылықтарды және қарынның ашыту процестеріндегі рөлін көрсетуі мүмкін, бұл судың көп сақталуына әкеледі.

Ақуыздың мөлшері: құс асқазанында ақуыздың ең жоғары мөлшері 19,49% анықталса, бұл жылқы етінен (16,0%), сиыр етінен (15,73%) және қой етінен (11,6%) айтарлықтай жоғары ($p <0,05$) екендігін көрсетеді. Бұл күйіс қайыратын малдың қарындарымен салыстырғандағы құрылымдық және функционалдық ерекшеліктерге байланысты тауық асқазан бұлшықетінің ақуызға бай екендігін көрсетеді [16].

Майдың мөлшері: майдың ең жоғары мөлшері жылқының қарынында 6,4% болса, бұл сиыр етінен (5,85%), құс етінен (4,94%) және қой етінен (4,04%) айтарлықтай ($p <0,05$) жоғары болды. Жылқының қарындағы майдың жоғарылауы диеталық факторларға және жылқыларға ғана тән майдың жиналуына байланысты болуы мүмкін.

Күлдің мөлшері: күлдің ең жоғары мөлшері жылқы қарынында 1,73% болса, бұл сиыр етінен (1,3%), құс етінен (1,28%) және қой етінен (0,91%), ($p <0,05$) жоғары болды. Бұл жылқының қарындағы минералды құрамның жоғары екенін көрсетеді, бұл қоректік тұрғыдан пайдалы болуы мүмкін [17].

Ортаның белсенді қышқылдылығы (pH) мен ылғалды байланыстыру қабілетін анықтау

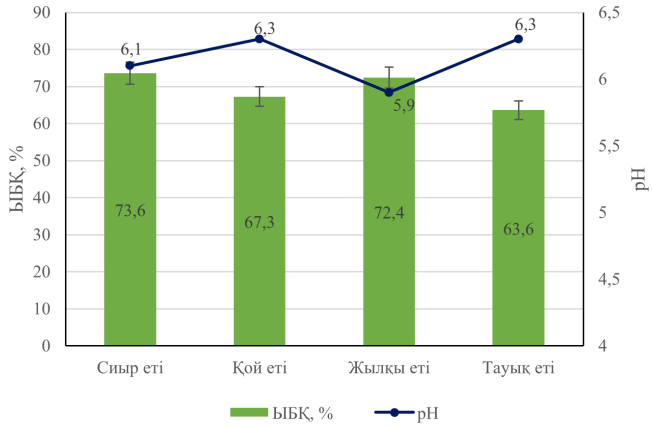
Зерттеудің келесі кезеңінде әртүрлі жануарлардың – сиыр, қой, жылқы және тауық етінің pH және ылғал байланыстыру қабілеті (ЫБҚ) зерттелді (1-сурет). Бұл нәтижелер әртүрлі ет түрлерінің арасындағы pH және ЫБҚ мәніндегі айырмашылықтарды көрсетеді.

Бұл зерттеуде жылқы етінде ең төменгі pH 5,9 болды, бұл басқа еттермен салыстырғанда ет ақуыздарының изоэлектрлік нүктесіне жақынырақ. Осыған қарамастан жылқы еті салыстырмалы түрде жоғары ЫБҚ 72,4% көрсетті, бұл сиыр етінен сәл ғана төмен болды, ең жоғары ЫБҚ 73,6% және pH 6,1 болды [18]. Бұл ақуыз сияқты pH-дан басқа факторлардың ЫБҚ-ге әсер етуде маңызды рөл атқаратынын көрсетеді. Зерттелетін ет түрлерінің ішінде ең жоғары ақуыз мөлшері жылқы етінде – 20,63%, ал майлылығы – 6,44% болды. Ақуыздың жоғары мөлшері ылғалмен байланысу қабілетінің жоғарылауына ықпал етеді, өйткені ақуыздарда су молекулаларымен әрекеттесетін көптеген гидрофильді аймақтар бар, осылайша бұлшықет құрылымында көбірек су сақталады. Сонымен қатар, майдың төмен мөлшері ЫБҚ жоғарылауына ықпал етуі мүмкін, өйткені май суды ұстап тұру үшін пайдаланылуы мүмкін кеңістікті алады [19].

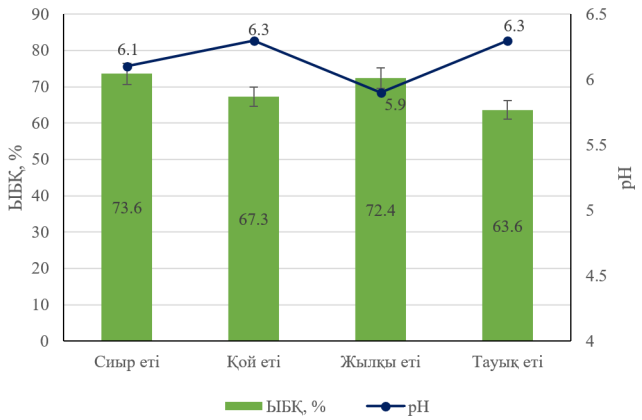
Сиыр еті pH 6,1 және ақуыз мөлшері 18,88% ең жоғары деңгейін ЫБҚ 73,6% көрсетті. Салыстырмалы түрде жоғары pH ақуыздардағы теріс зарядты арттыруға көмектеседі, олардың электростатикалық итеру арқылы суды ұстау қабілетін арттырады. Ақуыздың қалыпты мөлшері ақуыздың сумен әрекеттесуі нәтижесінде судың байланысуына ықпал етеді.

Қой мен құс етінің pH мәндері 6,3 жоғары болды. Дегенмен, ЫБҚ көрсеткіштері сиыр және жылқы етінен қой еті 67,3% және құс еті 63,6% төмен болды. Бұл айырмашылық ақуыз мөлшерінің төмен болуына байланысты болуы мүмкін - қой еті үшін 18,60% және құс еті үшін 18,51% - және майдың жоғарылығы - қой еті үшін 11,86% және құс еті үшін 13,21%. Майдың жоғары мөлшері суды байланыстыру қабілетін төмендетуі мүмкін, өйткені май суды байланыстырмайды және ақуыздар мен су молекулалары арасындағы өзара әрекеттесуге физикалық кедергі келтіруі мүм-

кін. Ақуыздың төмен мөлшері суды байланыстыратын гидрофильді орындардың аз болуын біліреді, бұл жалпы ЫБҚ азайтады [20].

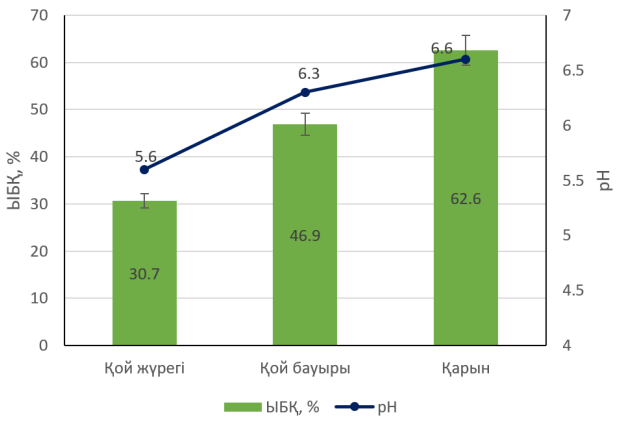


1 - сурет. Әртүрлі еттің ылғал байланыстыру қабілеті және pH мәні

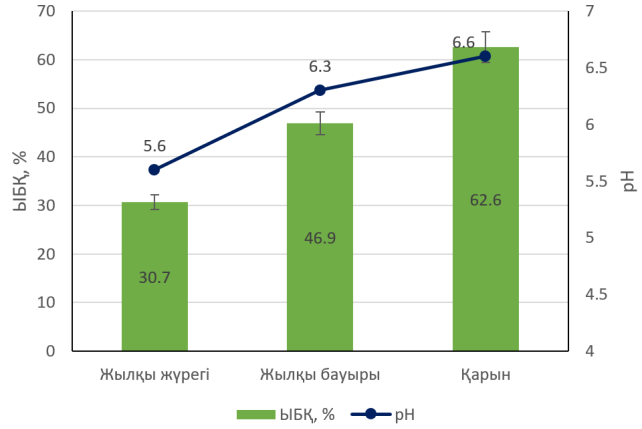


2 - сурет. Сиыр субөнімдерінің (жүрек, бауыр, қарын) ылғал байланыстыру қабілеті және pH мәні

Жалпы, еттің суды байланыстыру қабілетіне факторлардың жиынтығы әсер етеді, соның ішінде pH, ақуыз мөлшері, май мөлшері және бұлшықет талшықтарының сипаттамалары. Ал pH суды байланыстыру қабілетінде маңызды рөл атқарса да, ақуыз мөлшері еттің жалпы суды ұстау қабілетіне айтарлықтай үлес қосады. Жоғары ақуыз мөлшері, жылқы етінде байқалғандай, pH изоэлектрлік нүктеге жақын болса да, ЫБҚ жоғарылайды. Керісінше, майдың жоғарылауы бұлшықет құрылымындағы суды байланыстыратын ақуыздар үшін бос орынды азайту арқылы ЫБҚ-ке теріс әсер етуі мүмкін.

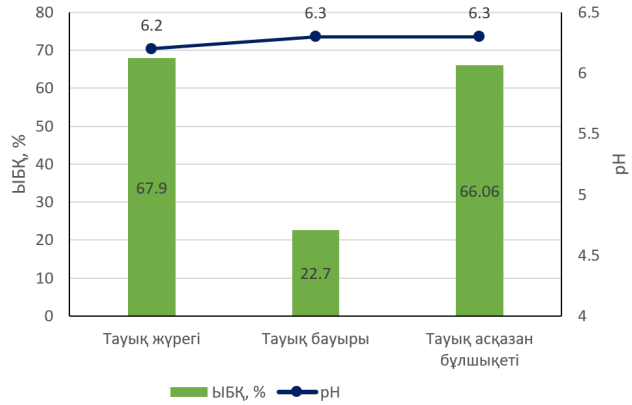


3 - сурет. Қой субөнімдерінің (жүрек, бауыр, қарын) ылғал байланыстыру қабілеті және pH мәні

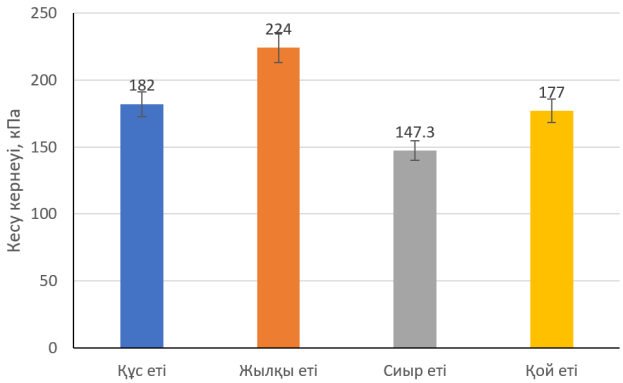


4 - сурет. Жылқы субөнімдерінің (жүрек, бауыр, қарын) ылғал байланыстыру қабілеті және pH мәні

Әртүрлі жануарлардың субөнімдерінің ылғалды байланыстыру қабілетін салыстырмалы түрде қарасақ жылқы мен қой жүрегі ЫБҚ 30,7% тең көрсетті. Ал сиыр жүрегі 29,1% төмен көрсеткішке ие болды (2-сурет). Жылқы мен қой бауыры сәйкес 46,9 % тең, сиыр жүрегі 45.6% аз. Жылқы мен қой қарыны 62,6% тең, ал сиыр қарыны 29,6 % төмен көрсеткіш көрсетті (3-4-сурет). Сиыр жүрегі ең жоғары pH-6,29 ал барлық жануарлар бауырында pH-6,3 және қарыны pH-6,6 тең болды.



5 - сурет. Тауық субөнімдерінің (жүрек, бауыр, асқазан бұлшықеті) ылғал байланыстыру қабілеті және pH мәні



6-сурет. Әртүрлі еттің кесу кернеуі

Тауық субөнімдерінің ЫБҚ тоқталатын болсақ, ең жоғарғы көрсеткішті жүрегі 67,9 %, ал ең төмен көрсеткішті бауыры 22,7% байқауға болады. Тауық жүрегі ең төменгі pH – 6,2 көрсетсе, сәйкесінше бауыры мен асқазан бұлшықеті pH – 6,3 тең келді (5-сурет).

Кесу кернеуі. Әртүрлі жануарлар мен құс етінің кесу кернеуінің ең жоғары мәні жылқы етінде 224 кПа байқалса, ең төменгі мәнді 147,3 кПа сиыр етінде анықталды. Бұл айырмашылық ең алдымен әртүрлі жануарлар мен құс етінің құрамы және құрылымымен түсіндіріледі. Сонымен қатар жылқы етінің дәнекер тіндері басым, бұл қаттылық пен серпімділік береді. (6 – сурет).

Етті кесу кернеуі май мен ылғалға байланысты текстуралық сипаттамаларға байланысты. Бұл параметрлер ет жұмсақтығы мен қаттылығы сияқты механикалық қасиеттеріне әсер етеді. Ылғалдылықтың жоғары мөлшері етті жұмсақ етеді, өйткені су бұлшықет талшықтарын жұмсартады. Ылғал азайған сайын ет тығызырақ және қаттырақ болады, бұл кесу кернеуін арттырады. Бұл әсіресе ылғалдың бір бөлігі жоғалған кезде термиялық өңдеу процесінде байқалады. Май бұлшықет талшықтары арасында ”майлау” қызметін атқарады, бұл олардың кесілген кездегі үйкелісін азайтады. Бұл етті жұмсақ етеді және кесу кернеуін азайтады. Майы аз ет, әдетте, жұмсартқыш әсерінің аздығына байланысты кесу кернеуі жоғары болады. Май, ылғал және кесілген кернеу арасындағы байланыс. Май мен ылғалдың үйлесімі еттің органолептикалық қасиеттерін жақсарта отырып, кесу кернеуін төмендетеді [21].

Нәтижелер мен талқылау. Сиыр еті - әлемде көптеген елдерінің тағамдарында кеңінен қолданылатын танымал ет өнімі. Бұл жоғары сапалы ақуыз мен қоректік заттардың көзі [22]. Жылқы мен тауық еттері төмен калориялы, ақуызға бай, денсаулыққа пайдалы тағамдар қатарына жатады. Олар диеталық мәзірлерде жиі қолданылады және салауатты өмір салтын ұстанатын адамдар үшін ұсынылады [23]. Қой етінің құрамындағы ақуыз сиыр етінікімен бірдей, ал майы жоғары қуатты. Сиыр етінікімен салыстырғанда қой етіндегі холестерин мөлшері 2-2,5 есе аз, ал маңызды калыций, фосфор, мыс, мырыш секілді минералды элементтері, керісінше көп [24].

Субөнімдері –ең маңызды аминқышқылдарының, витаминдер мен минералдардың көзі және көбінесе жоғары сапалы ақуызға бай болып табылады. Сиыр жүрегі – субөнімдердің ең маңызды түрлерінің бірі оның жүрегінде ең көп пайдалы мөлшерде В12 дәрумені және қоректік заттар темір, барлық тоғыз маңызды алмастырылмайтын амин қышқылы кездеседі [25]. Сиыр қарын құрамында жалпы ақуыз 17,1 г, коллаген 10,5 г құрайды. Аминқышқылдарының құрамы бойынша қарын маңызды алмастырылмайтын аминқышқылдарының толық жиынтығын қамтиды [26]. Жылқы және қойдың бауыры, жүрегі, және қарынының тағамдық диеталық қасиеттері ерекше, олар адам ағзасына пайдалы болып саналады.

Жылқы бауырында темірдің жоғары мөлшері қаназдықтың алдын алады, гемоглобинді көтеруге көмектеседі. А дәрумені көздің көру қабілетін жақсартады, иммундық жүйені нығайтады. Қой жүрек құрамында калий мен магний жүрекқан тамырлары жүйесінің жұмысын жақсартады. Жылқы қарын негізінен ақуыздан және аз мөлшердегі майдан тұрады және құрамында коллаген мен басқа да пайдалы заттар бар. Ал тауықтың субөнімдері (жүрегі, бауыры, асқазан бұлшықеті) дәрумендерге, минералдарға және ақуызға бай, ал олардың энергетикалық құндылығы жоғары емес, бұл оларды диеталық тағам ретінде де пайдалануға мүмкіндік береді.

Жүргізілген зерттеу нәтижесінде әртүрлі жануарлар мен құс етінің химиялық құрамы бойынша ең жоғарғы ылғылдылықты жылқы етінде 77,21%, ең төменгі ылғалдылықты құс еті 66,49 % ие болды. Ақуызына тоқталатын болсақ, ең жоғарғы көрсеткіш жылқы еті 20,63 % байқалса, төмен көрсеткішті 18,51 % құс етінде байқалды. Майлылығы бойынша жоғарғы көрсеткішті құс еті 13,21%, ең төменгі жылқы етінде 6,44 % анықталды. Күлі ең жоғарғысы жылқы етінде 1,13 % байқалды. Осы аталған өнімдердің субөнімдерінің химиялық көрсеткіші нәтижесінде ең жоғарғы ылғалдылықты қой қарыны 83,45 %, ақуызы ең төмен қой қарыны 11,60 %, ал майлылығы ең жоғары 6,40% жылқы қарынында, күлі төмен мәнге қой қарынында 0,91 % көрсетті. ЫБҚ зерттеу нәтижесі бойынша ең жоғарғы ЫБҚ сиыр еті 73,6 % көрсетсе, ал ең төменгі орта белсенді қышқылдылық көрсеткішті жылқы еті pH=5,9 екендігі байқалды.

Қорытынды. Зерттеу нәтижелері ет өнімдерін өндірудің технологиялық процестерінде әртүрлі жануарлар мен құс еті және оның субөнімдерін қолданудың орындылығын негіздейді. Жылқы етінің ақуыз құрамының жоғары нәтиже көрсетуі оның майсыз табиғаты мен ақуыздық фракцияны шоғырландыратын майдың аздығына байланысты болуы мүмкін. Сәйкесінше сиыр, қой және тауық етіндегі ұқсас ақуыз мөлшері осы еттегі бұлшықет ақуыздың салыстырмалы кескінін көрсетеді. Тауықтың аяғы мен жамбасындағы майдың көп мөлшері құстың анатомиясына сәйкес келеді, онда бұл бөліктер белсенді және көп май жинайды. Қой етіндегі майдың салыстырмалы түрде жоғары мөлшері май тінінің таралуының түрлік ерекшеліктерімен байланысты болуы мүмкін. Жылқы етіндегі майдың аздығы оның денсаулығын ойлайтын тұтынушыларды тарта алатын майсыз ет ретінде жіктелуін көрсетеді.

Әртүрлі жануарлардан алынған субөнімдерде ылғалдың, ақуыздың, майдың және күлдің құрамындағы айтарлықтай айырмашылықтар байқалды. Бұл деректер рационда жанама өнімдерді пайдалану кезінде жануарлар түрлерін таңдаудың маңыздылығын көрсетеді. Субөнімдер қоректік заттардың алуан түрін қамтамасыз етеді және оларды диетаға қосу тағамдық артықшылықтарға және жануарлар ресурстарын тұрақты пайдалануға ықпал етеді. Оларды пайдалану тағамды жоғары сапалы ақуызбен және маңызды аминқышқылдарымен байытуға ықпал етеді, бұл дұрыс тамақтану мен заман талабына сәйкес ұтымды пайдаланудың тенденцияларына сәйкес келеді. Жүргізілген зерттеулердің нәтижелері әртүрлі жануарлар мен құс еті және оның субөнімдері бойынша норма талаптарына сай екендігін көруге болады. Сондықтан мұндай зерттеулер ет және субөнімдерін одан әрі өңдеу және дамыту үшін пайдалы болады.

Өндірушілер үшін диеталық тағам өндіру мақсатында тауық, жылқы еттерін ұсынуға болады. Себебі олардың химиялық құрамы мен биологиялық құндылығы бойынша, оның ішінде жоғары ақуыз, төмен майлылық және маңызды микроэлементтер мен витаминдер бар, бұл оларды диеталық тағам ретінде пайдалану үшін өте тиімді етеді. Сонымен қатар бұл өнімдердің ассортиментін кеңейтеді, диеталық және экологиялық таза ет өнімдерін өндіреді.

Қаржыландыру: *Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігі (грант № BR24892775) қаржыландырады.*

Әдебиеттер

1. 24.kz. Казахстан экспортировал почти 27,5 тыс. тонн мяса в 2024 году. -2024. URL: https://24.kz .-Дата обращения:12.12.2024

2. AQJOL Demokratialyq Partiasy. Мал шаруашылығы өнімдерін экспорттауда түйіткілдер көп. -2021. https://akzhol.kz .-Дата обращения:12.12.2024

3. Brazhnaia I.E., Benzik I.N., Kulik O.M., Sudak C.N. Development of technology for minced beef products using by-products // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. -2022. -Vol.1052. DOI 10.1088/1755-1315/1052/1/012059

4. Pereira P., Filipa A. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet // Meat Sci. -2013. -Vol.93(3). - P.586-592. DOI 10.1016/j.meatsci.2012.09.018

5. Осипова Е.С., Дацко В. А. Рациональное использование субпродуктов. Новый взгляд на старый вопрос // Все о мясе. – 2016. - №6. - С.40-41.

6. Irshad, A., Sharma, B.D. Abattoir By-Product Utilization for Sustainable Meat Industry: A Review //Journal of Animal Production Advances.2015. Vol.5(6), P.681–696. DOI 10.5455/japa.20150626043918

7. Давлетов И.И., Свечникова Т. М. Обоснование необходимости производства диетического мяса в рамках федеральной программы «Здоровое питание - здоровье нации» //Московский экономический журнал. – 2019. - №8. – С.393-398. DOI 10.24411/2413-046X-2019-18019

8. Антипова Л.В, Глотова И.А, Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. – М.: Колос.2001. - 364 с. ISBN: 5-10-003612-5

9. СТ РК ИСО 2917-2009. Мясо и мясные продукты. Определение pH. Контрольный метод. - Введ. С 2010-07-01. - Астана: Госстандарт Республики Казахстан, 2010. - 16 с

10. Пат. KZ28152 РК. Способ определения водосвязывающей способности пищевых продуктов. Б.Б. Кабулов, А.К. Какимов, Ж.С. Есимбеков, Н.К. Ибрагимов; опубл.17.02.2014, бюл. №2.

11. Williamson, C., Foster, R., Stanner, S., and Buttriss, J. Red meat in the diet, Nutrition Bulletin. - 2005. - Vol.30, №4. P.323-355. DOI 10.1111/j.1467-3010.2005.00525.x

12. Ahmad R. S., Hussain M.B., Imran A. Nutritional Composition of Meat: In book: Meat Science and Nutrition. – 2018. DOI 10.5772/intechopen.77045

13. Узаков И.М., Таева А.М., Калдарбекова М.А., Искинеева А.С., Сериккызы М., Сатбаева А.С., Акмолдаева В. Исследование биологической и пищевой ценности баранины// Вестник Алматы Технологический университет. – 2012. - №4. -С.16-20.

14. Babiker SA, El Khider IA, Shafie SA. Chemical composition and quality attributes of goat meat and lamb //Meat science.- 1990. – Vol.28 №4. R.273-277. DOI 10.1016/0309-1740(90)90041-4

15. Okushanova E., Rebezov M., Yesimbekov J., Suychinov A. Study of Water Binding Capacity, pH, Chemical Composition and Microstructure of Livestock Meat and Poultry // Annual Research & Review in Biology. -2017. -Vol.14(3). -P.1-7. DOI 10.9734/ARRB/2017/34413

16. Gerber N. The role of meat in the human body nutrition for nutrient provision, particularly functional long-chain n-3 fatty acids. PhD dissertation, ETH. -2007. URL: https://www.research-collection.ethz.ch

17. Kim, Y.H.B. Pre rigor processing, ageing and freezing on tenderness and colour stability of lamb loins / Y.H.B. Kim, G. Luc, K. Rosenvold // Meat Sci. -2013. -Vol.95(2). -P.412–418. DOI 10.1016/j.meatsci.2013.05.017

18. Kim, H.W., Brad Kim Y. Effects of aging and freezing/thawing sequence on quality attributes of bovine Mm. gluteus medius and biceps femoris // Asian-Australas J Anim Sci. -2017. –Vol.30(2). –P.254–261. DOI 10.5713/ajas.16.0279

19. Lowrie R.A., Ledward D.A. Lowrie's Meat Science: 7th ed. -Woodhead Publishing Limited, 2006. ISBN 9781845691615

20. Xiong Y.L. Chemical and physical characteristics of meat // Protein Functionality. In book: Encyclopedia of Meat Sciences. -2014. -P.218-225. DOI 10.1016/b978-0-12-384731-7.00088-x

21. Cipto Cipto, Klemens A.R., Christian W.W., Sariman F., Hariyanto Hariyanto Meat Cutting Machine Shaft Design and Analysis // E3S Web of Conferences. – 2021. Vol.328. DOI 10.1051/e3sconf/202132807003

22. Chunbao L. The role of beef in human nutrition and health // In book: Ensuring safety and quality in the production of beef. -2017. -Vol.2. -P.329-338. DOI 10.19103/AS.2016.0009.16

23. Do-Hee. K., Joo-Ah.K Nutritional composition of horsemeat compared to white meat (chicken and duck)// Korean Journal of Food Preservation. - 2015. -Vol.22(5). -P.644-651. DOI 10.11002/kjfp.2015.22.5.644

24. Paolo P., Antonio O., Vincenzetti S., Beghelli D. Dietary properties of lamb meat and human health // Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism. - 2010. -Vol.4(1). -P.53-56. DOI 10.3233/s12349-010-0032-9

25. Zinina O., Merenkova S., Tazeddinova D., Rebezov M., Stuart M., Okuskhanova E., Yessimbekov Z., Baryshnikova N. Enrichment of meat products with dietary fibers: A review / Agronomy Research. - 2019. -Vol 17(4). -P.1808-1822. DOI 10.15159/ar.19.163

26. Kakimov A., Tsoy A., Suychinov A., Mustambayev N. Nutritive and Biological Value of Liver and Blood of Various Slaughtered Animals // Journal of Pharmaceutical Research International. - 2018. - Vol. 22(3). -P.1-5. DOI 10.9734/JPRI/2018/41448

References

1. Kazahstan jeksportiroval pochti 27,5 tys. tonn mjasa v 2024 godu. -2024. URL: https://24.kz (zhүgingen kүni:12.12.2024). [in Russian]

2. AQJOL Demokratialyq Partiasy. Mal sharuashylyғy өnimderin jeksporttauda tүjitkilder kөp. -2021. https://akzhol.kz (zhүgingen kүni:12.12.2024). [in Kazakh]

3. Brazhnaia I.E., Benzik I.N., Kulik O.M., Sudak C.N. Development of technology for minced beef products using by-products // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. -2022. -Vol.1052. DOI 10.1088/1755-1315/1052/1/012059

4. Pereira P., Filipa A. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet // Meat Sci. -2013. -Vol.93(3). - P.586-592. DOI 10.1016/j.meatsci.2012.09.018

5. Osipova E.S., Dacko V. A. Racional' noe ispol' zovanie subproduktov. Novyj vzgljad na staryj vopros // Vse o mjase. – 2016. - №6. - S.40-41.

6. Irshad, A., Sharma, B.D. Abattoir By-Product Utilization for Sustainable Meat Industry: A Review //Journal of Animal Production Advances.2015. Vol.5(6), R.681–696. DOI 10.5455/japa.20150626043918

7. Davletov I.I., Svechnikova T. M. Obosnovanie neobhodimosti proizvodstva dieticheskogo mjasa v ramkah federal' noj programmy «Zdorovoe pitanie - zdorov' e nacii» //Moskovskij jekonomicheskij zhurnal. – 2019. - №8. – S.393-398. DOI 10.24411/2413-046H-2019-18019 [in Russian]

8. Antipova L.V, Glotova I.A, Rogov I.A. Metody issledovanija mjasa i mjasnyh produktov. – M.: Kolos. 2001. - 364 s. ISBN: 5-10-003612-5 [in Russian]

9. ST RK ISO 2917-2009. Mjaso i mjasnye produkty. Opredelenie rN. Kontrol' nyj metod. - Vved. S 2010-07-01. - Astana: Gosstandart Respubliki Kazahstan, 2010. - 16 s [in Russian]

10. Pat. KZ28152 RK. Cposob opredelenija vodosvjazyvajushhej sposobnosti pishhevyh produktov. B.B. Kabulov, A.K. Kakimov, Zh.S. Esimbekov, N.K. Ibragimov; opubl.17.02.2014, bjul. №2. [in Russian]

11. Williamson, C., Foster, R., Stanner, S., and Buttriss, J. Red meat in the diet, Nutrition Bulletin. - 2005. - Vol.30, №4. P.323-355. DOI 10.1111/j.1467-3010.2005.00525.x

12. Ahmad R. S., Hussain M.B., Imran A. Nutritional Composition of Meat: In book: Meat Science and Nutrition. – 2018. DOI 10.5772/intechopen.77045

13. Uzakov I.M., Taeva A.M., Kaldarbekova M.A., Iskineeva A.S., Serikkyzy M., Satbaeva A.S., Akmoldaeva V. Issledovanie biologicheskoj i pishhevoj cennosti baraniny// Vestnik Almaty Tehnologicheskij universitet. – 2012. - №4. -S.16-20. [in Russian]

14. Babiker SA, El Khider IA, Shafie SA. Chemical composition and quality attributes of goat meat and lamb //Meat science.- 1990. – Vol.28 №4. R.273-277. DOI 10.1016/0309-1740(90)90041-4

15. Okushanova E., Rebezov M., Yesimbekov J., Suychinov A. Study of Water Binding Capacity, pH, Chemical Composition and Microstructure of Livestock Meat and Poultry // Annual Research & Review in Biology. -2017. -Vol.14(3). -P.1-7. DOI 10.9734/ARRB/2017/34413

16. Gerber N. The role of meat in the human body nutrition for nutrient provision, particularly functional long-chain n-3 fatty acids. PhD dissertation, ETH. -2007. URL: https://www.research-collection.ethz.ch

17. Kim, Y.H.B. Pre rigor processing, ageing and freezing on tenderness and colour stability of lamb loins / Y.H.B. Kim, G. Luc, K. Rosenvold // Meat Sci. -2013. -Vol.95(2). -P.412–418. DOI 10.1016/j.meatsci.2013.05.017

18. Kim, H.W., Brad Kim Y. Effects of aging and freezing/thawing sequence on quality attributes of bovine Mm. gluteus medius and biceps femoris // Asian-Australas J Anim Sci. -2017. –Vol.30(2). –P. 254–261. DOI 10.5713/ajas.16.0279

19. Lowrie R.A., Ledward D.A. Lowrie' s Meat Science: 7th ed. -Woodhead Publishing Limited, 2006. ISBN 9781845691615

20. Xiong Y.L. Chemical and physical characteristics of meat // Protein Functionality. In book: Encyclopedia of Meat Sciences. -2014. -P.218-225. DOI 10.1016/b978-0-12-384731-7.00088-x

21. Cipto Cipto, Klemens A.R., Christian W.W., Sariman F., Hariyanto Hariyanto Meat Cutting Machine Shaft Design and Analysis // E3S Web of Conferences. – 2021. Vol.328. DOI 10.1051/e3sconf/202132807003

22. Chunbao L. The role of beef in human nutrition and health // In book: Ensuring safety and quality in the production of beef. -2017. -Vol.2. -P.329-338. DOI 10.19103/AS.2016.0009.16

23. Do-Hee. K., Joo-Ah.K Nutritional composition of horsemeat compared to white meat (chicken and duck)// Korean Journal of Food Preservation. - 2015. -Vol.22(5). -P.644-651. DOI 10.11002/kjfp.2015.22.5.644

24. Paolo P., Antonio O., Vincenzetti S., Beghelli D. Dietary properties of lamb meat and human health // Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism. - 2010. -Vol.4(1). -P.53-56. DOI 10.3233/s12349-010-0032-9

25. Zinina O., Merenkova S., Tazeddinova D., Rebezov M., Stuart M., Okuskhanova E., Yessimbekov Z., Baryshnikova N. Enrichment of meat products with dietary fibers: A review / Agronomy Research. - 2019. -Vol 17(4). -P.1808-1822. DOI 10.15159/ar.19.163

26. Kakimov A., Tsoy A., Suychinov A., Mustambayev N. Nutritive and Biological Value of Liver and Blood of Various Slaughtered Animals // Journal of Pharmaceutical Research International. - 2018. -Vol.22(3). -P.1-5. DOI 10.9734/JPRI/2018/41448

Авторлар туралы мәліметтер

Суйчинов А.К. - PhD, «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты» ЖШС Семей филиалы, Семей, Қазақстан, e-mail: asuychinov@gmail.com;

Есімбеков Ж.С. - PhD, «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты» ЖШС Семей филиалы, Семей, Қазақстан, e-mail: ezhanibek@mail.ru;

Қапашева Г.Ә.-техника ғылымдарының магистрі, «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты» ЖШС Семей филиалы, Семей, Қазақстан, e-mail: gena.89.89@mail.ru;

Жүзжасарова Г.Е. - докторант; «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты» ЖШС Семей филиалы, Семей, Қазақстан, e-mail: gulnur900607@gmail.com;

Түменов С. Н. - техника ғылымдарының докторы, профессор, «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми зерттеу институты» ЖШС Семей филиалы, Семей, Қазақстан, e-mail: s.tumenov@mail.ru.

Information about the authors

Suychinov A.K.- PhD, Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (Semey Brunch), Semey, Kazakhstan, e-mail: asuychinov@gmail.com;

Yessimbekov Z.S. – PhD, Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (Semey Brunch), Semey, Kazakhstan, e-mail:ezhanibek@mail.ru;

Kapasheva G.A. - Master of Technical Sciences; Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (Semey Brunch), Semey, Kazakhstan, e-mail: gena.89.89@mail.ru;

Zhuzzhasarova G.Ye-PhD-doctoral student, Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (Semey Brunch). Semey, Kazakhstan, e-mail: gulnur900607@gmail.com;

Tumenov S.N. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry (Semey Brunch). Semey, Kazakhstan, e-mail: s.tumenov@mail.ru.

МРНТИ 62.09.37 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-1047**

ШЫРҒАНАҚ СЫҒЫНЫНАН АЛЫНҒАН ЭКСТРАКТ ҚОСЫЛҒАН ЖЫЛҚЫ ЕТІНІҢ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

[1]А.Н. Құрманәлі, [1]Ш.А. Абжанова, [2]Л.К. Байболова, [1]М.К. Алимарданова, [1]М. Серікқызы

[1]Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,
[2]Қ.Құлажанов атындағы қазақ технология және бизнес университеті
Корреспондент-автор: aktoty.kurmanali@mail.ru

Бұл зерттеу жұмысында шырғанақ (*Hippophae rhamnoides*) сығынынан алынған табиғи экстрактыны жылқы етіне, нақтырақ айтқанда қазақ халқының дәстүрлі ұлттық тағамы - жаяға қосу арқылы алынған дайын өнімнің физика-химиялық және биохимиялық сипаттамаларына әсері жан-жақты қарастырылды. Жая - жылқының сан етінен дайындалатын, дәмдік, құнарлық және тағамдық сапасы жоғары бағаланатын өнім. Оның құрамында ақуыз, темір, С және Е дәрумендері секілді адам ағзасына пайдалы заттар мол кездеседі.Соңғы жылдары тағам өнеркәсібінде синтетикалық қоспалар мен консерванттарға балама ретінде табиғи өсімдік тектес компоненттерді қолдану үрдісі кең етек алып келеді. Бұл бағытта шырғанақ өсімдігі ерекше назарға ілініп отыр. Себебі шырғанақ құрамында каротиноидтар, флавоноидтар, фенолды қосылыстар, С және Е дәрумендері, сондай-ақ биологиялық белсенді заттар молынан кездеседі. Мұндай заттар ет өнімдерінің тотығуға қарсы тұрақтылығын арттырып, олардың сақтау мерзімін ұзартады, тағамдық және функционалдық қасиеттерін жақсартады. Жұмыста шырғанақ экстрактысы әртүрлі концентрацияда жая етіне қосылып, алынған үлгілер физика-химиялық және биохимиялық көрсеткіштері бойынша салыстырылды. Бұл нәтижелер шырғанақ экстрактысын қосу ет өнімінің тек тағамдық құндылығын ғана емес, оның сақтау қасиеттерін де айтарлықтай жақсартатынын көрсетті. Сонымен қатар, мұндай тәсіл функционалдық және байытылған тағам түрлерін жасауға жаңа мүмкіндіктер береді. Бұл әсіресе денсаулықты сақтауға бағытталған тағам өндіру саласында ерекше маңызға ие.Зерттеу нәтижелері шырғанақ экстрактысын ет өнімдеріне енгізу — тамақ өнеркәсібінің инновациялық бағыты ретінде болашағы зор екендігін дәлелдеді. Алынған мәліметтер отандық азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуге, сондай-ақ ұлттық тағам өнімдерін жаңа деңгейге көтеруге септігін тигізеді.

Түйін сөздер: Жая, жылқы еті, шырғанақ сығыны, экстракт, антиоксиданттар, тағамдық құндылық, функционалдық өнімдер.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА МЯСА КОНИНЫ С ДОБАВЛЕНИЕМ ЭКСТРАКТА ЖМЫХА ОБЛЕПИХИ

[1]А.Н. Курманали, [1]Ш.А. Абжанова, [2]Л.К. Байболова, [1]М.К. Алимарданова, [1]М. Сериккызы

[1]Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,
[2]Казахский университет технологий и бизнеса им. К.Кулажанова, Алматы, Казахстан,
e-mail: aktoty.kurmanali@mail.ru

В данной исследовательской работе было всесторонне рассмотрено влияние природного экстракта из жмыха облепихи (*Hippophae rhamnoides*) на физико - химические и биохимические характеристики готового продукта, полученного путем добавления его в конину, а точнее в жая традиционное национальное блюдо казахского народа. Жая-продукт, изготавливаемый из мяса конского бедра, который высоко ценится за вкусовые, питательные и питательные качества. В его составе много полезных для организма человека веществ, таких как белок, железо, витаминыС и Е. В последние годы в пищевой промышленности набирает обороты тенденция использования натуральных растительных компонентов в качестве альтернативы синтетическим добавкам и консервантам. В этом направлении особого внимания заслуживает облепиха. Это связано с тем, что облепиха содержит большое

количество каротиноидов, флавоноидов, фенольных соединений, витаминов С и Е, а также биологически активных веществ. Такие вещества повышают антиокислительную устойчивость мясных продуктов, продлевают срок их хранения, улучшают пищевые и функциональные свойства. В работе экстракт облепихи соединяли с растительным мясом в различных концентрациях, а полученные образцы сравнивали по физико-химическим и биохимическим показателям. Эти результаты показали, что добавление экстракта облепихи значительно улучшает не только пищевую ценность мясного продукта, но и его сохраняющие свойства. Кроме того, такой подход дает новые возможности для создания функциональных и обогащенных видов пищи. Это особенно важно в области производства продуктов питания, которая направлена на сохранение здоровья. Результаты исследования доказали, что внедрение экстракта облепихи в мясную продукцию является перспективным инновационным направлением пищевой промышленности. Полученные данные помогут обеспечить отечественную продовольственную безопасность, а также вывести национальные продукты питания на новый уровень.

Ключевые слова: Жая, конина, жмых облепихи, экстракт, антиоксиданты, пищевая ценность, функциональные продукты.

STUDY OF THE COMPOSITION OF HORSE MEAT WITH THE ADDITION OF SEA BUCKTHORN PRESS CAKE EXTRACT

[1]A.N. Kurmanali✉, [1]Sh.A. Abzhanova, [2]L.K. Baibolova, [1]M.K. Alimardanova, [1]M. Serikkyzy

[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan
[2]Kazakh University of Technology and Business named after K.Kulazhanov, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: aktoty.kurmanali@mail.ru

In this research paper, the effect of a natural extract from sea buckthorn press cake (*Hippophae rhamnoides*) on the physico-chemical and biochemical characteristics of the finished product obtained by adding it to horsemeat, or rather to zhaya, a traditional national dish of the Kazakh people, was comprehensively considered. Zhaya is a product made from horse thigh meat, which is highly appreciated for its taste, nutritional and nutritional qualities. It contains many substances useful for the human body, such as protein, iron, vitamins C and E. In recent years, the trend of using natural herbal ingredients as an alternative to synthetic additives and preservatives has been gaining momentum in the food industry. Sea buckthorn deserves special attention in this area. This is due to the fact that sea buckthorn contains a large amount of carotenoids, flavonoids, phenolic compounds, vitamins C and E, as well as biologically active substances. Such substances increase the antioxidant resistance of meat products, prolong their shelf life, and improve nutritional and functional properties. In the work, sea buckthorn extract was combined with vegetable meat in various concentrations, and the samples obtained were compared according to physico-chemical and biochemical parameters. These results showed that the addition of sea buckthorn extract significantly improves not only the nutritional value of the meat product, but also its preserving properties. In addition, this approach provides new opportunities for creating functional and enriched types of food. This is especially important in the field of food production, which is aimed at maintaining health. The results of the study proved that the introduction of sea buckthorn extract into meat products is a promising innovative area of the food industry. The data obtained will help ensure domestic food security, as well as bring national food products to a new level.

Keywords: Zhaya, horsemeat, sea buckthorn press cake, extract, antioxidants, nutritional value, functional products.

Кіріспе. Қазіргі таңда халықтың дұрыс тамақтануына және функционалдық тағам өнімдерін өндіруге деген сұранысы артып келеді. Осыған байланысты құрамында биологиялық белсен-

ді заттары бар табиғи ингредиенттерді қолдану - тағам өнеркәсібінің өзекті бағыттарының біріне айналуда. Атап айтқанда, өсімдік тектес шикізаттар – витаминдерге, антиоксиданттарға, минералдарға және басқа да функционалдық компоненттерге бай болғандықтан, ет өнімдерінің тағамдық құндылығын арттыруда маңызды рөл атқарады [1].

Жылқы еті - қазақ халқының дәстүрлі азықтүлігінің бірі, ақуызға бай, оңай қорытылады және аллергиялық реакциялар туғызбайды. Оның құрамында В тобының дәрумендері, темір мен фосфор секілді микроэлементтер мол мөлшерде кездеседі [2]. Сонымен қатар, жая – жылқы етінің арнайы тұздап, сүрлеп немесе қақтап дайындалатын жоғары құнарлы және ұзақ сақтауға жарамды ұлттық тағамы. Жаяның құрылымы тығыз, дәмдік қасиеті жоғары әрі құрамында май мен ақуыз мөлшері мол [3].

Соңғы жылдары ет өнімдеріне табиғи өсімдік тектес экстракттарды, оның ішінде шырғанақ *(Hippophae rhamnoides L.)* экстрактын қосу арқылы олардың функционалдық қасиеттерін жақсарту жолдары зерттелуде. Шырғанақ - құрамында Е, С, А дәрумендері, β-каротин, органикалық қышқылдар мен флавоноидтар көп мөлшерде кездесетін дәрілік өсімдік [4]. Одан алынған экстракттар антиоксиданттық, қабынуға қарсы, иммунитетті нығайтатын әсерге ие. Осы қасиеттер шырғанақ сығындысын ет өнімдерінде қолдануға мүмкіндік береді [5].

Зерттеу жұмысының мақсаты- шырғанақ сығымынан алынған экстрактты жая (жылқы еті) құрамына қосу арқылы оның физика-химиялық және биохимиялық қасиеттерінің өзгерісін зерттеу, сонымен қатар өнімнің тағамдық және функционалдық құндылығын арттыру жолдарын анықтау.

Материалдар мен әдістер.Зерттеу жұмысына негізгі шикізат ретінде жылқы етінен дайындалған жая жәнешырғанақ сығымынан алынған экстракт пайдаланылды. Зерттелетін өнім бірқатар физика-химиялық және биохимиялық көрсеткіштер бойынша талдаудан өтті. Атап айтқанда: ылғалдың, ақуыздың, майдың, көмірсулардың, күлдің, сондай-ақ витаминдердің, минералды элементтердің және антиоксиданттардың массалық үлесі анықталды. Барлық зерттеу жұмыстары қолданыстағы мемлекеттік стандарттар мен әдістемелік нұсқаулықтарға сәйкес жүргізілді .

Ылғал мөлшері кептіргіш шкафында 105°С температурада тұрақты массаға дейін кептіру әдісімен анықталды [6]. Үлгінің бастапқы және соңғы массасы арасындағы айырмашылыққа негізделіп, ылғалдың массалық үлесі жалпы массаға пайызбен есептелді. Ақуыз мөлшері Кьельдаль әдісімен анықталды [7]. Үлгі алдын ала кептіріліп, кейін күкірт қышқылында қорытылып, бейтараптандырылып, титрлеу арқылы азот мөлшері есептелді. Азот негізінде ақуыз мөлшері пайызбен белгіленді. Май мөлшері органикалық еріткішпен экстракциялау арқылы анықталды [8]. Еріткіш ретінде мұнай эфирі қолданылды. Май ерітіндіден бөлініп, кептірілген соң, оның массасы құрғақ заттың жалпы массасына қатысты пайызбен есептелді. Көмірсу мөлшері перманганометриялық әдіспен анықталды [9]. Бұл әдіс көмірсуларды калий перманганаты арқылы тотықтыру және артық титрленетін перманганат көлеміне қарай мөлшерін анықтауға негізделген. Күлдің мөлшері үлгіні 550°С шамасында жоғары температурада жағу арқылы есептелді [10]. Барлық органикалық заттар жойылғаннан кейін қалған бейорганикалық қалдықтың массасы пайызбен белгіленді. Е дәрумені жоғары тиімді сұйық хроматография әдісімен анықталды [11]. Токоферолдар органикалық еріткішпен экстракцияланып, хроматографиялық жүйеде сандық түрде өлшенді. С дәрумені титриметриялық әдіспен, яғни йодпен тотығу және артық мөлшерін тиосульфатпен титрлеу арқылы анықталды [12]. Антиоксиданттар мөлшері амперометриялық әдіспен анықталды [13]. Белгілі бір потенциалда электрод бетінде заттардың тотығу кезінде пайда болған ток күші өлшеніп, стандартты кверцетинмен салыстырылды. Минералды элементтер мырыш, мыс және магний мөлшері атомды-абсорбциялық спектрометрия әдісімен анықталды. Алдымен үлгілер тұз қышқылында ерітіліп, қажет болған жағдайда алдын ала күлдендірілді. Алынған ерітінді ацетилен-ауа жалынында атомизацияланып, элементтердің сіңіру қарқындылығы арқылы мөлшері есептелді.

Нәтижелер және талқылау. 1- кестеде жая етіне 5%, 7% және 9% мөлшерінде шырғанақ сығынынан алынған экстракт қосылғаннан кейінгі негізгі физика-химиялық көрсеткіштердің өзгерісін көрсетеді. Нәтижелер бақылау үлгісімен салыстырғанда айтарлықтай оң өзгерістерді көрсетті. Ылғал мөлшері шырғанақ экстракты қосылған сайын сәл артқаны байқалады, бұл өнімнің ылғал сақтағыштық қасиетін жақсартуы мүмкін екенін көрсетеді.Ақуыз мөлшері барлық үлгілерде едәуір жоғарылаған, бұл шырғанақ сығындысының құрамындағы биологиялық белсенді қосылыстардың ақуыз биосинтезін арттыратындығымен байқауға болады.

1 - кесте. Жая етіне шырғанақ сығындысының әртүрлі концентрацияларын қосқаннан кейінгі физика-химиялық көрсеткіштерінің өзгерісі

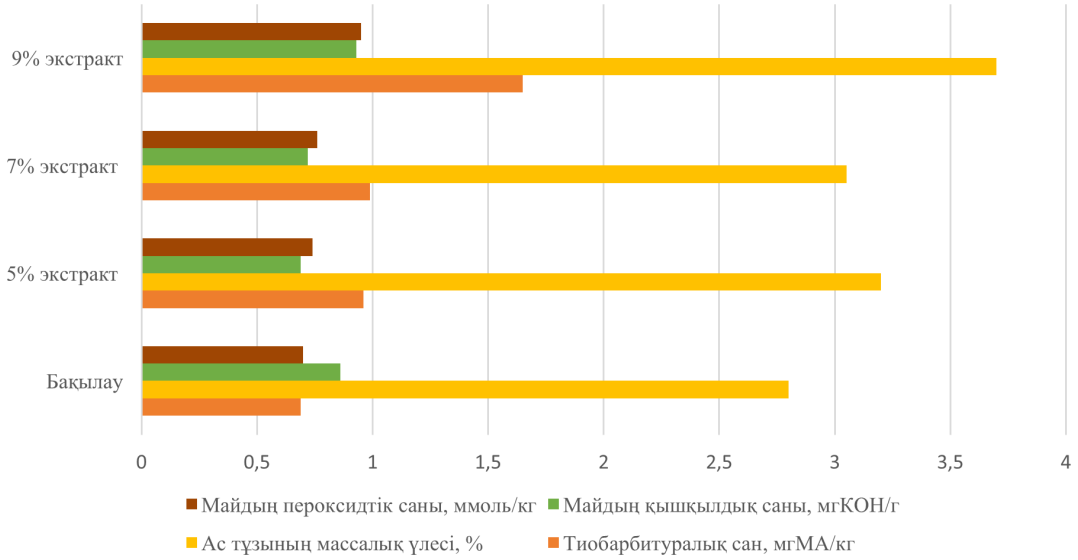
Көрсеткіш	Бақылау үлгісі	5% экстракт	7% экстракт	9% экстракт
Ылғалдың массалық үлесі, %	65,2 ± 0,82	67,8 ± 0,82	68,9 ± 0,42	67,3 ± 0,42
Ақуыздың массалық үлесі, %	21,2 ± 0,79	25,44 ± 0,79	29,02 ± 0,33	29,5 ± 0,33
Майдың массалық үлесі, %	31,06 ± 0,25	33,4 ± 0,25	35,7 ± 1,02	37,2 ± 1,02
Көмірсулардың массалық үлесі, %	Табылған жоқ	Табылған жоқ	Табылған жоқ	Табылған жоқ
Күлдің массалық үлесі, %	5,28 ± 0,06	6,01 ± 0,06	6,23 ± 0,03	6,92 ± 0,03
Құрғақ заттардың массалық үлесі, %	30,01 ± 0,37	35,57 ± 0,37	37,8 ± 0,73	38,9 ± 0,73

Майдың массалық үлесі де біртіндеп артқан, бұл экстракт құрамындағы кейбір липидтік компоненттердің өнімге сіңуінен болуы мүмкін.Күл мөлшері жоғарылағаны – минералдық құрамның байығанын білдіреді, бұл әсіресе цинк, мыс, магний сияқты микроэлементтердің өсуімен байланысты. Құрғақ зат мөлшері де артып, өнімнің тығыздығы мен сақтау тұрақтылығы жақсарғанын көрсетеді. Көмірсулар анықталмаған, себебі жая еті мен шырғанақ экстрактының өзінде көмірсу мөлшері өте төмен.

Жаяға шырғанақ сығынынан экстракт қосу нәтижесінде өнімнің сақтау тұрақтылығына және сапасына әсер ететін көрсеткіштер бойынша өзгерістерге түсіндірілді. Тиобарбитуралық сан (ТБС), малональдегид бұл көрсеткіш еттегі майлардың тотығу дәрежесін сипаттайды. ТБС мәнінің жоғарылауы өнімде тотығу процестерінің жүргенін көрсетеді. Экстракт концентрациясы артқан сайын ТБС өсіп отыр, бұл шырғанақтың өзінде бар табиғи антиоксиданттардың шектен тыс концентрацияда кері әсер етуі немесе тотығуға бейім қосылыстардың көбеюімен түсіндіріледі. Бірақ бұл көрсеткіш 2 мг/кг-дан аспайтындықтан, санитарлық норма шегінде, яғни өнім қауіпсіз болып қала береді. Ас тұзының массалық үлесі, дәм мен сақтау мерзіміне әсер ететін маңызды компонент. Шырғанақ экстрактысын қосу тұздың жалпы құрамын арттырғанын көрсетеді. Бұл шырғанақ қалдығында табиғи минералды тұздардың болуы немесе технологиялық процесте тұз қосудың артуына байланысты деп түсіндірді. Жоғары тұз мөлшері сақтау мерзімін ұзартады, бірақ дәмнің тым ащы болмауын ескерілді. Майдың қышқылдық саны бұл көрсеткіш майдың гидролиздік бұзылу дәрежесін білдіреді.

Қышқылдық саны май құрамындағы бос май

қышқылдарының мөлшерін көрсетеді. Экстракт қосылған үлгілерде бұл көрсеткіш бақылаумен салыстырғанда біршама төмендеген немесе тұрақты, бұл шырғанақ экстрактысының құрамындағы антиоксиданттардың майларды гидролизден қорғауға ықпал еткенін көрсетеді. Майдың пероксидтік саны, пероксид саны майдың бастапқы тотығу өнімдерінің (гидропероксидтер) мөлшерін көрсетеді. Бұл мәндер өте төмен жәнеруқсат етілген деңгейде, яғнимай тотығуы бақылауда. Шырғанақ экстрактысының табиғи антиоксиданттары майдың тотығу процесін баяулатуға көмектескен болуы мүмкін.



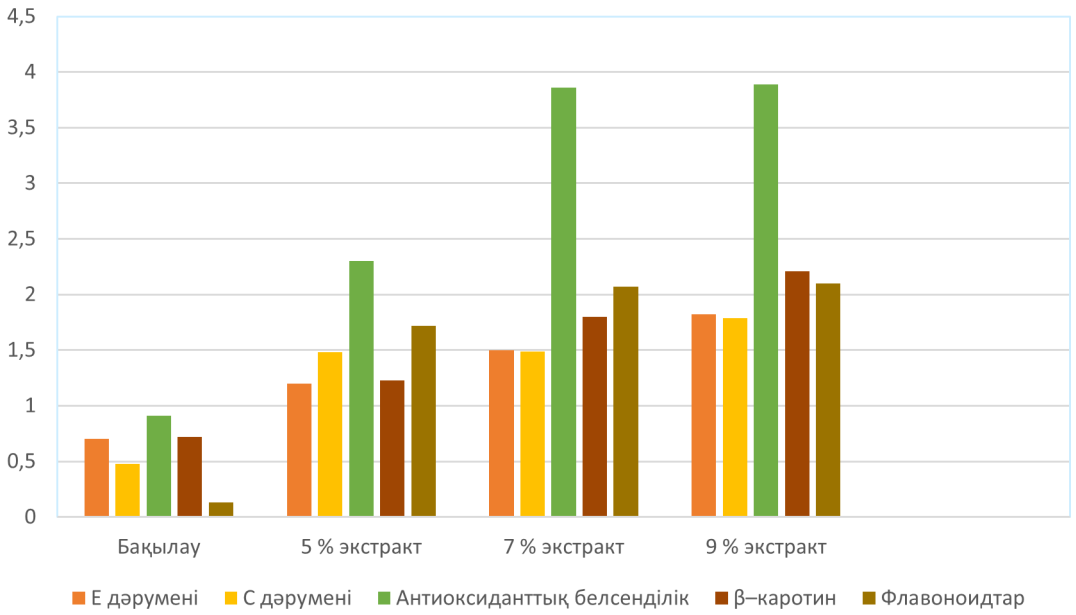
1 - сурет. Жая етіне шырғанақ сығымынан алынған экстракты қосу нәтижесінде өнімнің технологиялық және биохимиялық көрсеткіштері

2 - кесте. Жая етіне шырғанақ экстрактысын қосу нәтижесінде өнімнің технологиялық көрсеткіштері

Көрсеткішатауы	Бақылауүлгісі	5% экстракт	7% экстракт	9% экстракт
Ылғал ұстап тұру қабілеті (ВУС), %	60,27 ± 0,40	67,4 ± 0,40	68,15 ± 0,28	72,3 ± 0,39
Ылғал байланыстырғыш қабілеті (ВСС), %	62,8 ± 0,43	65,09 ± 0,43	69,19 ± 0,37	74,4 ± 0,37
Май ұстап тұру қабілеті (ЖУС), %	60,01 ± 0,26	65,8 ± 0,26	67,1 ± 0,35	69,1 ± 0,35

2 - кестеде жая етіне шырғанақ экстрактысын әртүрлі мөлшерде қосу нәтижесінде өнімнің технологиялық көрсеткіштеріндегі өзгерістерге түсіндірмеберілген:ылғал ұстап тұру қабілеті 60,27% → 72,3% дейін артқан. Бұл көрсеткіш өнімнің құрамындағы суды ұстау қабілетін сипаттайды. Шырғанақ экстрактысын қосу нәтижесінде ет құрылымы тығыздалып, суды байланыстыру қабілеті артқан. Бұл өнімнің шырынды әрі жұмсақ болуына септігін тигізеді, сондайақ технологиялық өңдеу кезінде ылғалдың жоғалуын азайтады. Ылғал байланыстырғыш қабілеті 62,8% → 74,4% дейін өскен. Бұл еттің ылғалды бұлшықет құрылымымен байланыстыру мүмкіндігі. Экстракт құрамындағы табиғи қосылыстар (мысалы, пектиндер, фенолдық қосылыстар) ет-

тегі ақуыздармен әрекеттесе отырып, суды тиімді ұстап қалуға көмектеседі. Бұл өнімнің физикалық тұрақтылығын жақсартады және кескенде сұйық бөлінуін азайтады. Май ұстап тұру қабілеті 60,01% → 69,1% дейін артқан. Бұл көрсеткіш еттің өз құрамындағы майды сақтау қасиеті. Шырғанақ экстрактысы маймен өзара әрекеттесіп, май бөлшектерінің өнімнен бөлініп кетуіне жол бермейді. Бұл қасиет дайын өнімнің консистенциясын жақсартады, майдың тепе-тең бөлінуіне ықпал етеді және өнімнің органолептикалық көрсеткіштерін жақсартты.



2 - сурет. Шырғанақ сығындысы қосылған жая етіндегі биологиялық белсенді заттардың мөлшері

2 - сурет бойынша нәтижелері бойынша 7% экстракт қолданылған үлгіде антиоксиданттық қосылыстардың айтарлықтай артуы байқалды. Атап айтқанда Е дәрумені мөлшері бақылаумен салыстырғанда 2,14 есе артып, 1,5 ± 0,16 мг/100 г болды. С дәрумені - 1,49 ± 0,08 мг/100 г, яғни бақылауға қарағанда 3 есе жоғары. Суда еритін антиоксиданттар - 3,86 ± 0,031 мг/г, бұл бақылау үлгісінен 4,24 есе артық, β–каротин мөлшері 1,8 ± 0,004 мг/кг құрап, 2,5 есе артты. Флавоноидтар үлесі 2,07 ± 0,008%, бұл бақылаумен салыстырғанда шамамен 16 есе жоғары көрсеткіш. Бұл нәтижелер 7% экстракттың биологиялық белсенді заттармен байытылу жағынан оңтайлы екенін дәлелдейді. Атап айтқанда, бұл концентрацияда антиоксиданттық белсенділік жоғары деңгейде, ал 9% экстрактпен салыстырғанда айырмашылық мардымсыз. Демек, экстракт мөлшерін 7% деңгейінде пайдалану тиімді әрі экономикалық жағынан да ұтымды шешім болып табылады.

Қорытынды. Шырғанақ сығымынан алынған экстракты қосу арқылы жая етінің технологиялық қасиеттері едәуір жақсарған. Атап айтқанда, ылғал мен майды ұстау және байланыстыру қабілеттері артып, өнімнің құрылымдық тұрақтылығы мен сапалық көрсеткіштері күшейген. Бұл - шырғанақ сығымынан алынған экстракты табиғи тұрақтандырғыш және құрылым түзуші ретінде тиімді екенін дәлелдейді.Шырғанақ экстрактысын жая етіне қосу өнімнің микробиологиялық және тотығу тұрақтылығына оң әсер етеді, әсіресе майлардың гидролизі мен тотығуынан қорғайды. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, шырғанақ сығынынан алынған экстрактын 7% концентрациясы қосылған жая етінің үлгісі антиоксиданттық белсенділік пен биологиялық белсенді заттар мөлшері бойынша оңтайлы көрсеткіштерге ие болды. Атап айтқанда, Е және С дәрумендерінің, суда еритін антиоксиданттардың, β–каротин мен флавоноидтардың айтарлы-

қтай артуы байқалды. Бұл – өнімнің функционалдық және тағамдық құндылығының жоғарылағанын дәлелдейді.Сонымен қатар, 9% экстрактпен салыстырғанда айырмашылықтың айтарлықтай болмауы 7% концентрацияны ең тиімді нұсқа ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Бұл тек технологиялық және сапалық жағынан ғана емес, экономикалық тұрғыдан да тиімді шешім болып табылады. Демек, шырғанақ сығындысын 7% мөлшерінде қолдану – ұлттық ет өнімдерін байытудың, олардың тұрақтылығын арттырудың және халық денсаулығын жақсартуға бағытталған функционалдық тағам өндірісін дамытудың маңызды бағыты ретінде ұсынылуы мүмкін.

***Қаржыландыру**. Материалдар «Инновациялық технологияларды дамыту» ғылыми-техникалық бағдарламасы аясында, № IRN BR24993234 «Ұлттық өнімдер өндірісінің инновациялық технологиялары: ет және сүт өнімдерін өндіруді интенсификациялау және цифрландыру» жобасы бойынша дайындалған.*

Әдебиеттер

1. Wagh R. V. Chatli M. K. Response surface optimization of extraction protocols to obtain phenolic rich antioxidant from sea buckthorn and their potential application into model meat system // Journal of Food Science and Technology. - 2017. -Vol. 54. -P. 1565–1576. DOI 10.1007/s13197-017-2588-6.

2. Abzhanova Sh. Rskeldiev B. Kulazhanov T. Baibolova L. Uzakov Y. Study of Qualitative Characteristics and Properties of Horse Meat // Journal of Pharmacy and Nutrition Sciences. - 2019. - 9 (2). - P.104-109. DOI 10.29169/1927-5951.2019.09.02.8.

3. Uzakov Y. M. Kaldarbekova M. A. Kuznetsova O. N. Improved technology for new-generation Kazakh national meat products // Foods and Raw Materials. - 2020. - Vol. 8(1). -P. 76–83. DOI 10.21603/2308-4057-2020-1-76-83.

4. Zenkova M. Pinchykova J. Chemical composition of sea-buckthorn and highbush blueberry fruits grown in the Republic of Belarus // Food Science and Applied Biotechnology. - 2019. -Vol. 2(2). -P. 121-129. DOI 10.30721/fsab2019.v2.i2.59.

5. Gao X. Ohlander M. Jeppsson N. Björk L. Trajkovski V. Changes in antioxidant effects and their relationship to phytonutrients in fruits of sea buckthorn (Hippophae rhamnoides L.) during maturation // Journal of Agricultural and Food Chemistry. - 2000. -Vol. 48(5). - P. 1485–1490. DOI 10.1021/jf991072g.

6. Sun X. Cao T. A Study on the Determination of Total Nitrogen in Soils by Automatic Kjeldahl Nitrogen Analyzer // Frontiers in Science and Engineering.- 2025. - Vol. 5(5). DOI 10.54691/4pps0m05.

7. Sáez Plaza P. Michałowski T. Navas M. J. García Asuero A. Wybraniec S. An Overview of the Kjeldahl Method of Nitrogen Determination. Part I. Early History, Chemistry of the Procedure, and Titrimetric Finish // Critical Reviews in Analytical Chemistry. - 2013. - Vol. 43(4). - P.178-223. DOI 10.1080/10408347.2012.751786.

8. Watkins P. Comparing the use of chloroform to petroleum ether for Soxhlet fat extraction in beef // Animal Production Science. - 2023. - Vol. 63(14). - P.1445-1449. DOI 10.1071/AN23014.

9. Santana A. Sensorial Evaluation and Physical Chemical Characterization of a Beverage Based on Whey and β-Glucans as a Potential Prevention of Nonalcoholic Steatohepatitis // Food and Nutrition Science. - 2024. - Vol. 15 (8). DOI 10.1093/9780197610145.003.2929.

10. Nielsen S. Moisture Content Determination // Food Analysis Laboratory Manual. - 2017. - P.105-115. DOI 10.1007/978-3-319-44127-6_10.

11. Nielsen S. S. Vitamin C determination by the 2,6-dichloroindophenol titrimetric method (AOAC Method 967.21) // Food Analysis Laboratory Manual. - 2017. - P.143-146. DOI 10.1007/978-3-319-44127-6_15.

12. Sáez-Plaza P.J. Navas M.J. Wybraniec S. Michałowski T. García-Asuero A. An overview of the Kjeldahl method of nitrogen determination. Part II. Sample preparation, working scale, instrumental finish, and quality control // Critical Reviews in Analytical Chemistry. - 2013. - Vol.43(4). - P.224-272. DOI 10.1080/10408347.2012.751787.

13. Vishwakarma G. Sonpal A. Hachmann J. Metrics for benchmarking and uncertainty quantification: quality, applicability, and a path to best practices for machine learning in chemistry//Trends in Chemistry.- 2021. - Vol.3(2). -P. 146 -156. DOI 10.1016/j.trechm.2020.12.004.

Авторлар туралы мәліметтер

Абжанова Ш.А., техника ғылымдарының кандидаты, қауымд. профессор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: sholpan-ab@mail.ru;

Байболова Л.К., техника ғылымдарының докторы, профессор, Қ.Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан, e-mail: baybolova@mail.ru;

Алимарданова М.К. – техника ғылымдарының докторы, ҚР Ауыл шаруашылығы ғылымдары академиясының академигі, профессоры, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: alimardan.m.atu4@mail.ru;

Серікқызы М. – phD доктор, қауымд. профессор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: mira.serikkyzy@mail.ru;

Құрманәлі А.Н. – техника ғылымдарының магистрі, ассистент, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: aktoty.kurmanali@mail.ru.

Information about the authors

Abzhanova Sh. A. – candidate of technical sciences, associate professor, Almaty University of Technology, Almaty, Kazakhstan, e-mail: sholpan-ab@mail.ru;

Baibolova L. K. – doctor of technical sciences, professor, Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan, e-mail: baybolova@mail.ru;

Alimardanova M. K. – doctor of technical sciences, professor, academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: alimardan.m.atu4@mail.ru;

Serikovna M. – PhD doctor, associate professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: mira.serikkyzy@mail.ru;

Kurmanali A. N. – master of technical sciences, assistant, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: aktoty.kurmanali@mail.ru.

IRSTI 65.65.03 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-813**

DETERMINATION OF TRANSISOMERS OF FATTY ACIDS IN BAKERY AND CONFECTIONERY PRODUCTS

A. Dalabayev

Astana branch «Kazakh research institute of processing and food industry» LTD, Astana, Kazakhstan
Corresponding-author: dalabaev_askhat@mail.ru

Currently, the problem of high content of trans-isomers of fatty acids in food products has become widely discussed throughout the world, as large-scale studies have proven the connection between the consumption of trans fats and the development of cardiovascular diseases, type II diabetes, and obesity. In 2018, the upper limit of trans-isomers of fatty acids was regulated in TR CU 024/2011 «Technical regulations for oil and fat products» no more than 2% of the fat content in the product. However, these restrictions apply exclusively to oil and fat products, and for other types of food products there are no such restrictions and the content of TFA in them is not regulated. In this regard, the purpose of the research is to assess the food safety of bakery and confectionery products obtained using margarines based on hydrogenated oils produced from domestic raw materials of the Republic of Kazakhstan. The article presents the incidence of circulatory system diseases and changes in prices for margarine products. The content of trans-isomers of fatty acids in 10 types of bakery and confectionery products was determined. It was found that the content of trans-isomers in all the studied samples does not exceed 2%, and the daily intake rate of trans-isomers of fatty acids was also determined.

Keywords: transisomers of fatty acids, hydrogenated oils, margarine, vegetable fat, bakery products, confectionery products, IR spectroscopy.

НАН ЖӘНЕ КОНДИТЕРЛІК ӨНІМДЕРДІҢ ҚҰРАМЫНДАҒЫ МАЙ ҚЫШҚЫЛДАРЫ ТРАНСИЗОМЕРЛЕРІНІҢ МӨЛШЕРІН АНЫҚТАУ

А.Б. Далабаев

Астана филиалы ЖШС Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институты, Астана, Қазақстан,
e-mail: dalabaev_askhat@mail.ru

Қазіргі уақытта азық-түлік өнімдеріндегі май қышқылдары трансизомерлерінің жоғары деңгейі мәселесі бүкіл әлемде кеңінен талқылануда, өйткені ауқымды зерттеулер транс майларын тұтыну мен жүрек-қан тамырлары ауруларының, II типті қант диабетінің және семіздіктің дамуы арасындағы байланысты дәлелдеді.2018 жылы май қышқылдарының трансизомерлерінің жоғарғы шегі КО ТР 024/2011 «Май және тоң-май өнімдерінің техникалық регламентінде өнімдегі май мөлшерінің 2%-дан аспауы керектігін орнатты. Дегенмен, бұл шектеулер тек май және май өнімдеріне қатысты, ал тамақ өнімдерінің басқа түрлері үшін мұндай шектеулер жоқ және олардағы трансизомерлерінің мөлшері реттелмейді. Осыған байланысты зерттеудің мақсаты Қазақстан Республикасының отандық шикізатынан өндірілген гидрогенизацияланған майлар негізіндегі маргариндерді қолдану арқылы алынған нан және кондитерлік өнімдердің тағамдық қауіпсіздігін бағалау болып табылады. Мақалада қан айналымы жүйесі ауруларының жиілігі мен маргарин өнімдерінің бағасының өзгеруі тамамдалған. Нан және кондитерлік өнімдердің 10 түріндегі май қышқылдарының трансизомерлерінің мөлшері анықталды. Барлық зерттелген үлгілердегі трансизомерлердің мөлшері 2%-дан аспайтыны анықталды, сонымен қатар май қышқылдарының транс-изомерлерінің тәуліктік қабылдау нормасы да анықталды.

Түйін сөздер: май қышқылдарының трансизомерлері, гидрогенизацияланған майлар, маргарин, өсімдік майы, нан өнімдері, кондитерлік өнімдер, ИҚ спектроскопиясы.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРАНСИЗОМЕРОВ ЖИРНЫХ КИСЛОТ В ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ И КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЯХ

А.Б. Далабаев

Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Астана, Казахстан,
e-mail: dalabaev_askhat@mail.ru

В настоящее время проблема высокого содержания трансизомеров жирных кислот в пищевых продуктах стала широко обсуждаемой во всём мире, так как в проведённых крупномасштабных исследованиях была доказана связь потребления трансжиров с развитием заболеваний сердечно-сосудистой системы, сахарного диабета II типа, ожирения. В 2018 году произошла регламентация верхнего предельного уровня трансизомеров жирных кислот в ТР ТС 024/2011 «Технический регламент на масложировую продукцию» не более 2% от содержания жира в продукте. Однако, эти ограничения касаются исключительно для масложировых продуктов, а для остальных видов пищевых продуктов отсутствуют данного рода ограничения и содержание ТЖК в них не регулируются. В связи с этим, целью исследований является оценка пищевой безопасности хлебобулочных и кондитерских изделий полученных с использованием маргаринов на основе гидрогенизированных масел произведенных из отечественного сырья РК. В статье приведены по заболеваемости системы кровообращения и изменение цен на маргариновую продукцию. Определены содержание трансизомеров жирных кислот в 10 видах хлебобулочных и кондитерских изделий. Установлено, что содержание трансизомеров во всех исследуемых образцах не превышает 2%, также опеделена суточная норма потребления трансизомеров жирных кислот.

Ключевые слова: трансизомеры жирных кислот, гидрогенизированные масла, маргарин, растительный жир, хлебобулочные изделия, кондитерские изделия, ИК спектроскопия.

Introduction. One of the recipe components of bakery and confectionery products are fats. Their content in the recipe can vary widely from 5% and higher [1-3]. Both vegetable oils (sunflower, rapeseed, cottonseed, corn) and margarines or special-purpose fats are used as fat components [4]. Despite the restriction in the countries of the Customs Union, including our country, since 2018 of trans-isomers of fatty acids (TFA) in oil and fat products, as has been written in the media in recent years, their amount in hard margarines and special-purpose fats for the bakery and confectionery industry remains high - up to 20% of the fat content in the product according to TR CU 024/2011 «Technical Regulations for Oil and Fat Products». In bakery and confectionery products using hydrogenated fats, the amount of TFA can reach up to 6.7%, and in potato chips - up to 35% [5-8]. As a result, with the consumption of 100 g of baked goods or flour confectionery, the human body can receive 5 times more TFA than the WHO recommended norms - 1% of the daily caloric intake, but is this really the case in the realities of the Republic of Kazakhstan?

The danger of TFA is associated, first of all, with an almost 2-fold increase in the risk of cardiovascular diseases due to an increase in cholesterol and low-density lipoprotein levels. As a result, the risk of sudden death increases [9,10]. The impact of TFA consumption on public health is actively studied in foreign countries; in our country, studies of this kind have not been conducted. The changes that occurred with the tightening of technical regulations in 2018 also require an assessment of the changing situation. The prevalence of alimentary-dependent diseases does not tend to decrease, which also determines the relevance of this study. At the same time, the impact of restrictions on TFA to 2% in 2018 for the Republic of Kazakhstan was studied.8 years have passed since the introduction of this restriction; during this period, the dynamics of population mortality from diseases of the circulatory system was studied, since most studies in recent years indicate a negative impact of TFA on the circulatory system. According to the ASPR RK

Bureau of National Statistics, the average mortality rate for diseases of the circulatory system before the introduction of restrictions was 0.2%, and after 0.18%, while on average over the past 6 years the mortality rate has decreased by only 0.02%, which does not give a more tangible effect for the population of the Republic of Kazakhstan. If we calculate the average number of deaths, then the introduction of restrictions led to a reduction in deaths by an average of 6 people over 6 years. Interestingly, the indication of the TFA content on food labels saved up to 500 lives per year in the United States due to a decrease in the incidence of cardiovascular diseases [11]. We also analyzed the change in retail prices for margarine before and after the introduction of restrictions, the results are presented in Figure 1.

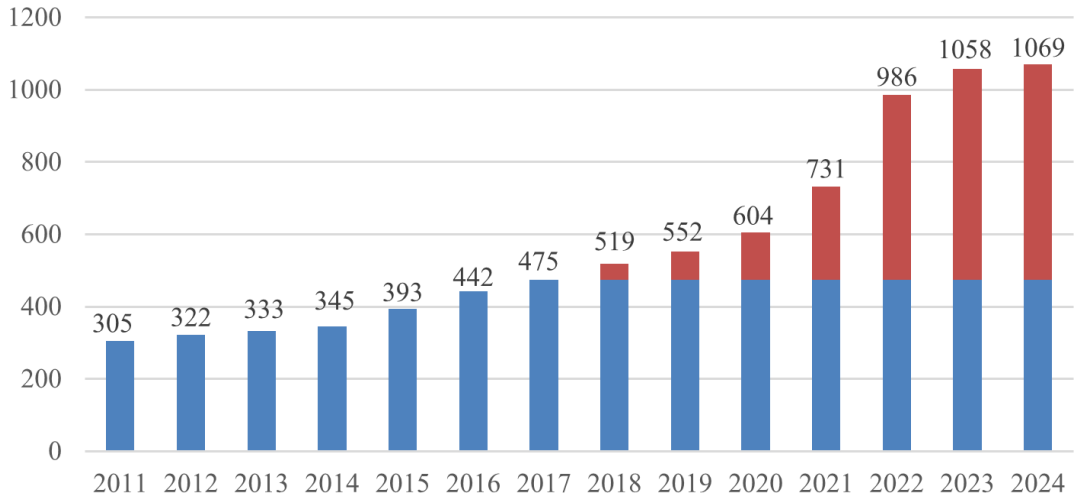


Fig.1 - Change in retail prices for margarine for 2011-2024

As can be seen from Figure 1, retail prices for margarines have grown rapidly after the introduction, if we take into account the average price values, then for 2018-2024 they have grown almost 2,1 times compared to 2011-2017. The introduction of restrictions on TFA to 2% of the fat content for oil and fat products led to an increase in the import of palm oil, an increase in the cost of margarines by 2,1 times, and did not give a significant effect in improving the health of the population of the Republic of Kazakhstan. In this regard, the purpose of the research is to assess the food safety of bakery and confectionery products obtained using margarines based on hydrogenated oils produced from domestic raw materials of the Republic of Kazakhstan.

Materials and methods. The objects of the study are: hydrogenated oil, margarine, sugar cookies, oatmeal cookies, crackers, gingerbread, prolong cookies, waffles, flatbreads, buns, fudge, confectionery glaze. The studies were conducted from September 2024 to January 2025.

For the studies, vegetable fat of 99.7% fat content, based on hydrogenated oils from Maslo-Del LLC, with a transisomer content of 10%, was provided; margarine «3 wishes» Pampushka, 55% fat content of Eurasian Foods JSC, was purchased as a control sample. Experimental baking was carried out in the laboratories of processing oilseed raw materials and deep processing of plant products, using a U1-ETK dough mixer, SB 500-70 dough sheeter, XL 413 proofer and HV 693 convection oven.

After the experimental baking, the mass fraction of fat in the finished bakery and confectionery products was determined according to GOST 5668-2022 and GOST 31902-2012. The analyzed sample of products was weighed on scales with the result recorded in grams to the third decimal place, placed in a filter paper cartridge. The cartridge with the sample was placed in a Soxhlet apparatus and fat

was extracted with diethyl ether for 5 hours. The resulting mixture was evaporated in a water bath in a fume hood. The flask with the obtained fat was dried in a drying cabinet at a temperature of 100°C until constant weight, then cooled in a desiccator for 20 min. In this way, 100 g samples of extracted fat were prepared for each product.

The content of trans isomers in the extracted fats was determined according to GOST 33441-2015 «Vegetable oils. Determination of quality and safety indicators by near infrared spectroscopy» on an IR Fourier spectrometer IR Spirit-TX (Shimadzu, Japan). Absorption spectra were recorded in the range of 4000-400 cm^{-1}, with a resolution of 8 cm^{-1}, 64 scans, with subsequent mathematical calculation of the values of the determined indicators.

Mass fraction of trans isomers of unsaturated fatty acids in products X, %, according to GOST R 54687 - 2011 «Confectionery products. The method for determining the mass fraction of trans-isomers of unsaturated fatty acids» is calculated using the formula:

$$X = \frac{Y \times T}{100} \quad (1)$$

where, Y - mass fraction of fat in the product under study, %;

T - mass fraction of trans fatty acids, %.

Statistical analyses were performed using the Statgraphics Centurion 19 software package.

Results and discussion. Experimental baking of bakery and confectionery products was carried out at the Astana branch of the Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry LLP. The results of the experimental and control baking are presented in Figure 2.



Fig.2 - Samples of bakery and confectionery products with the addition of vegetable fat and margarine

As a result, it was established that, in terms of organoleptic indicators, products prepared with the addition of vegetable fat based on hydrogenated oil are not inferior to products with the addition of margarine. Also, the mass fraction of fat in bakery and confectionery products was determined; the results of the studies are presented in Table 1.

Table 1 - Mass fractions of fat in bakery and confectionery products

№	Product name	Mass fraction of fat, %	ND on research methods

1	Sugar cookies	10,6	GOST 31902-2012
2	Oatmeal cookies	11,2	GOST 31902-2012
3	Crackers	10,4	GOST 31902-2012
4	Gingerbread	10,7	GOST 31902-2012
5	Prolong cookies	10,3	GOST 31902-2012
6	Waffles	10,5	GOST 31902-2012
7	Flatbreads	9,4	GOST 5668-2022
8	Buns	3,5	GOST 5668-2022
9	Fudge	9,7	GOST 31902-2012
10	Confectionery glaze	11,1	ГОСТ 31902-2012

Analyzing Table 1, it can be established that the mass fraction of fat in bakery and confectionery products varied from 3.5% to 11.2%. The content of TFA in the original oil and fat products was determined, the results of the studies are shown in Table 2.

Table 2 - TFA content in the original fat and oil products

№	Product name	Mass fraction of fat, %	TFA content, %
1	Vegetable fat based on hydrogenated oil	99,7	10,0
2	Margarine	55,0	0,31

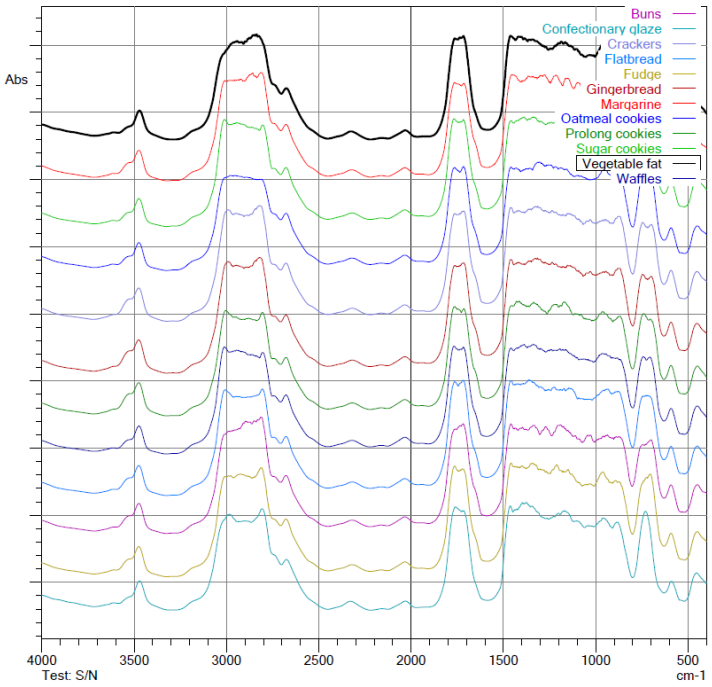


Fig.3 - IR spectra of the analyzed samples

The results of the studies showed that vegetable fat based on hydrogenated oil exceeds the 2% standard and is not suitable for direct oral use. Margarine with a TFA content of 0.31% complies with the standards of TR CU 024/2011. However, it is important to note that vegetable fat is presented as a fat product with a fat content of 99.7%, and margarine is an emulsion product with a fat content of 55%. If margarine with a fat content of 55% were prepared based on vegetable fat, the TFA content would decrease to 5.5%. Figure 3 shows the IR spectra of the analyzed samples.

Next, the content of trans-isomers of fatty acids in bakery and confectionery products with the addition of vegetable fat based on hydrogenated oil was determined; the results are presented in Table 3.

Table 3 - Content of trans-isomers of fatty acids in bakery and confectionery products

№	Product name	Mass fraction of fat, %	TFA content in extracted fat, %	TFA content in finished products, %
1	Sugar cookies	10,6	9,57	1,01
2	Oatmeal cookies	11,2	7,89	0,88
3	Crackers	10,4	9,28	0,97
4	Gingerbread	10,7	9,27	0,99
5	Prolong cookies	10,3	9,56	0,98
6	Waffles	10,5	9,76	1,02
7	Flatbreads	9,4	7,58	0,71
8	Buns	3,5	7,82	0,27
9	Fudge	9,7	8,63	0,84
10	Confectionery glaze	11,1	10,48	1,16

As can be seen from Table 3, the TFA content in all the listed bakery and confectionery products does not exceed 2%. Although vegetable fat is not suitable as an independent oil and fat product for direct oral use, it is quite suitable as an ingredient for other food products, such as bakery and confectionery products.

According to the Order of the Chairman of the Sanitary and Epidemiological Control Committee of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan dated 06/09/2023 No.69-NK, which approved the methodological recommendations «Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Republic of Kazakhstan», the recommended fat content of the total energy value of the daily diet for children under 6 months is 40-60%, up to 2 years - up to 35%, 2-18 years - 25-35%, adults - up to 30%.

At the same time, the recommended content of saturated fats in the diet is no more than 10% of the total caloric content of the daily diet. Consumption of trans-isomers of fatty acids should not exceed 1% of the caloric content of the daily diet. Also, according to the ASPR RK Bureau of National Statistics, at the end of 2023, the energy value of food products consumed by the population of the Republic of Kazakhstan was 3,129 kcal per day, of which the fat content is 32.6%, that is, 1020 kcal per day. The maximum limit for the consumption of trans-isomers is 31.3 kcal per day. Then, the maximum level of trans-isomers in the daily diet would be 3.1%, which is higher than the established norm of TR CU 024/2011 TFA no more than 2%. However, it is worth understanding that this indicator includes not only oil and fat products, but all food products.

Conclusion. As noted earlier, the use of

vegetable fat based on hydrogenated oil does not exceed the standard content of TFA in bakery and confectionery products, they can be considered safe for health. Taking into account the daily consumption of these products, we consider it necessary to allow domestic manufacturers of oil and fat products to produce fats for special purposes for the bakery and confectionery industry based on hydrogenated oils, bypassing the retail consumer market, and directly make deliveries between business representatives. It is necessary to work out the principles and stages of sales, introduce tools for monitoring the safety of such sales so that industrial margarines do not end up on consumer shelves. Against the background of the economic situation in the country, associated with the rise in the dollar and the growth of inflation for food products, this decision could give a positive impetus to the entire food industry of our country.

Financing *This research was funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan (BR22886613).*

References

1. Ferlay A., Bernard L., Meynadier A., Malpuech-Brugère C. Production of trans and conjugated fatty acids in dairy ruminants and their putative effects on human health: A review // Biochimie. -2017.-Vol.141.- P.107-120. DOI 10.1016/j.biochi.2017.08.006

2. Islam M.A., Amin M.N., Siddiqui S.A., Hossain M.P., Sultana F., Kabir M.R. Trans fatty acids and lipid profile: A serious risk factor to cardiovascular disease, cancer and diabetes // Diabetes & Metabolic Syndrome. -2019.-Vol.13(2).- P.1643-1647. DOI 10.1016/j.dsx.2019.03.033

3. M. Mencin, H. Abramovič, E. Zlatić, L. Demšar, S. Piskernik, M.Schreiner, K. Žmitek, A. Kušar, I. Pravst, R. Vidrih. Content of trans-fatty acid isomers in bakery products on the Slovenian market // LWT.-2021.-Vol.143.- P.111095. DOI 10.1016/j.lwt.2021.111095

4. Stender S. In equal amounts, the major ruminant trans fatty acid is as bad for LDL cholesterol as industrially produced trans fatty acids, but the latter are easier to remove from foods // The American Journal of Clinical Nutrition.-2015.-Vol.102(6).- P.1301-2. DOI 10.3945/ajcn.115.123646

5. Wanders A.J., Alssema M., De Koning E.J. Fatty acid intake and its dietary sources in relation with markers of type 2 diabetes risk: the NEO study // European Journal of Clinical Nutrition. – 2017. -Vol. 71(2.)– P.245–251. DOI 10.1038/ejcn.2016.204

6. Aronis K.N., Khan S.M., Mantzoros C.S. Effects of trans fatty acids on glucose homeostasis: a meta-analysis of randomized, placebo-controlled clinical trials // The American Journal of Clinical Nutrition. -2012. -Vol.96(5).- P.1093–1099. DOI 10.3945/ajcn.112.040576

7. Mirmiran P., Hosseini S., Hosseinpour-Niazi S. Hydrogenated Vegetable Oils and Trans Fatty Acids: Profile and Application to Diabetes // Bioactive Food as Dietary Interventions for Diabetes. -2019.- P.19-32. DOI 10.1016/B978-0-12-813822-9.00002-3

8. Costa N., Cruz R., Graça P., Breda J., Casal S. Trans fatty acids in the Portuguese food market // Food Control.- 2016. -Vol.64. - P. 128-134. DOI 10.1016/j.foodcont.2015.12.010

9. Vučić V., Arsić A., Petrović S., Milanović S., Gurinović M., Glibetić M. Trans fatty acid content in Serbian margarines: Urgent need for legislative changes and consumer information //Food Chemistry. -2015.- Vol.15(185).- P.437-440. DOI 10.1016/j.foodchem.2015.04.018

10. Micha R., Khatibzadeh S., Shi P. Global, regional, and national consumption levels of dietary fats and oils in 1990 and 2010: a systematic analysis including 266 country-specific nutrition surveys //British Medical Journal. -2014.-Vol.348.-P. g2272. DOI 10.1136/bmj.g2272

11. Ismail G., Abo El Naga R., El Sayed Zaki M., Jabbour J., & Al-Jawaldeh A. Analysis of Fat Content with

Special Emphasis on Trans Isomers in Frequently Consumed Food Products in Egypt: The First Steps in the Trans Fatty Acid Elimination Roadmap // Nutrients.-2021.-Vol. 13(9). - P.3087. DOI 10.3390/nu13093087

Information about the authors

Dalabayev A.- Master of Engineering and Technology, Senior Researcher of the Astana branch of «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry», Astana, Kazakhstan, e-mail: dalabaev_askhat@mail.ru.

Информация об авторах

Далабаев А.Б. – магистр техники и технологии, старший научный сотрудник Астанинского филиала ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Астана, Казахстан, e-mail: dalabaev_askhat@mail.ru

IRSTI 65.59.31 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-642**

A DEVELOPMENT OF BOILED SAUSAGE TECHNOLOGY BASED ON HORSE MEAT

[1]Sh.B. Baitukenova✉, [1]A.D. Kalitova, [2]S.B. Baitukenova, [2]U.A. Ryspaeva, [2]S.A. Kardenov

[1]Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan,
[2] Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan
✉Корреспондент-автор: baytukenova75@mail.ru

The article presents experimental materials on the development and optimization of a recipe for boiled sausage based on horse meat with the addition of a balanced mixture of powders. During the development of the new product, the formulation of boiled sausage ”Donskoy” was taken as a control sample, powders of dried beetroot and orange peel in various concentrations were added to the formulation. For the research, a control sample and three samples of boiled sausages were produced with the addition of a mixture of powders in a ratio of 1:1 in the amount of 0.5, 1.0 and 1.5%. In the course of the research, optimal doses of additives in the amount of 1.0% were identified. Organoleptic, physicochemical and microbiological parameters were studied in samples of boiled sausages.

The formulation and production technology of a new product has been developed – horse boiled sausage with the addition of a mixture of dried beetroot and orange peel powders. A comparative analysis showed that the use of beetroot and orange peel powders of 1.0% each in a 1:1 ratio improves the organoleptic characteristics of boiled sausage without worsening microbiological parameters and without reducing its safety. The use of powders led to a slight improvement in the functional and technological properties of the sausage, improved its quality and increased the yield of finished products.

Keywords: horsemeat; boiled sausage made from horsemeat, food additives; mixtures of dried beetroot powder and orange peel, nutritional value, organoleptic and microbiological parameters, physicochemical properties.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВАРЕНОЙ КОЛБАСЫ НА ОСНОВЕ МЯСА КОНИНЫ

[1]Ш.Б.Байтукенова✉, [1]А.Д.Калитова, [2]С.Б.Байтукенова, [2]У.А.Рыспаева, [1]С.А. Карденов

[1]НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Астана, Казахстан,
[2]АО «Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова», Астана, Казахстан,
e-mail: baytukenova75@mail.ru

В статье представлены экспериментальные материалы по разработке и оптимизации рецептуры вареной колбасы на основе мяса конины с добавлением сбалансированной смеси порошков. При разработке нового продукта была взята за контрольный образец рецептура вареной колбасы первого сорта «Донская», в рецептуру были добавлены порошки сушеных свеклы и апельсиновой цедры в различных концентрациях. Для исследований были изготовлены контрольный образец и три образца вареных колбас с добавлением смеси порошков в соотношении 1:1 в количестве 0,5, 1,0 и 1,5%. В ходе исследований были выявлены оптимальные дозы внесения добавок в количестве 1,0%. В образцах вареных колбас изучались органолептические, физико-химические и микробиологические показатели.

Разработана рецептура и технология производства нового продукта – конская вареная колбаса с добавлением смеси порошков из сушеных свеклы и апельсиновой цедры. Сравнительный анализ показал, что использование порошков свеклы и апельсиновой цедры по 1,0% в соотношении 1:1 улучшает органолептические показатели вареной колбасы без ухудшения микробиологических показателей и без снижения ее безопасности. Использование порошков привело к незначительному улучшению функционально-технологических свойств колбасы, позволило улучшение ее качества и увеличение выхода готовой продукции.

Ключевые слова: конина, вареная колбаса из конины, пищевые добавки, смеси порошка из сушеных свеклы и апельсиновой цедры, пищевая ценность, органолептические и микробиологические показатели, физико-химические свойства.

ЖЫЛҚЫ ЕТІНЕН ПІСІРІЛГЕН ШҰЖЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАУ

[1]Ш.Б.Байтукенова✉, [1]А.Д.Калитова, [2]С.Б.Байтукенова, [2]У.А.Рыспаева, [1]С.А. Карденов

[1]КеАҚ «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті», Астана, Қазақстан,
[2]АҚ «Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті», Астана, Қазақстан,
e-mail: baytukenova75@mail.ru

Мақалада теңдестірілген ұнтақ қоспасын қосу арқылы жылқы етіне негізделген пісірілген шұжық өнімінің рецептурасын әзірлеу және оңтайландыру бойынша эксперименттік материалдар берілген. Жаңа өнімді әзірлеу кезінде «Донская» 1-ші сұрыпты пісірілген шұжықтың рецептурасы бақылау үлгісі ретінде алынды, рецептура құрамына әртүрлі концентрациядағы кептірілген қызылша мен апельсин қабығының ұнтақтары қосылды. Зерттеулер жүргізу барысында 0,5, 1,0 және 1,5 % мөлшерінде ұнтақ қоспасы қосылып, бақылау үлгісі мен пісірілген шұжықтардың үш үлгісі жасалды. Зерттеулер нәтижесінде 1,0 % мөлшерінде қоспаларды енгізудің оңтайлы мөлшері анықталды. Пісірілген шұжықтар үлгілерінде органолептикалық, физика-химиялық және микробиологиялық көрсеткіштері зерттелді.

Жаңа өнімнің рецептурасы мен технологиясы, яғни кептірілген қызылша мен апельсин қабығынан дайындалған ұнтақ қоспасы қосылған жылқы етінен пісірілген шұжық әзірленді. Салыстырмалы талдау көрсеткендей, қызылша мен апельсин қабығының ұнтақтарын 1:1 қатынасында пісірілген шұжықтың құрамына 1,0 % қолдану органолептикалық және микробиологиялық көрсеткіштерді төмендетпейді және оның қауіпсіздігін жақсартады. Пісірілген шұжық өндірісінде ұнтақ қоспасын қолдану дайын өнімнің функционалдық-технологиялық қасиеттерінің біршама жақсаруына әкелді, оның сапасын жақсартуға және шығымдылығын арттыруға мүмкіндік берді.

Түйінді сөздер: жылқы еті, жылқы етінен пісірілген шұжық, тағамдық қоспалар,кептірілген қызылша мен апельсин қабығынан алынған ұнтақ қоспалары, тағамдық құндылығы, органолептикалық және микробиологиялық көрсеткіштер, физика-химиялық қасиеттері.

Introduction. The development of food security and a sustainable agricultural sector are key priorities for Kazakhstan, as the President of the Republic of Kazakhstan has repeatedly emphasized in his annual Messages to the people. In his last address, President Kassym-Jomart Tokayev stressed the importance of food independence, stating: ”We must strengthen food security by increasing domestic agricultural production and developing the processing of agricultural raw materials.” These words confirm the strategic importance of local resources and traditional methods in increasing the country’ s food potential [1].

Horse meat, traditionally eaten in Kazakhstan, fits perfectly into this concept. With rising global meat prices and a growing demand for healthier foods, horsemeat provides a unique opportunity to increase both nutritional value and economic efficiency.

Horse meat is rich in protein, amino acids and other essential nutrients, making it an ideal product for innovative processing. In addition, compared to other types of meat, it contains less fat and cholesterol, which meets modern nutritional requirements.

The use of beetroot powder and orange peel in the production of boiled horse meat sausages opens up new opportunities for improving their characteristics. Beetroot powder is a natural source of antioxidants, B vitamins, iron and dietary fiber, and also gives sausages a rich color, improving their organoleptic properties.

Orange peel powder has been used in the formulation of boiled horse meat sausage due

to its natural antioxidant and aromatic properties. It contains essential oils and vitamin C. The addition of zest powder improves the organoleptic characteristics of the product, giving it a light citrus aroma and enhancing the overall taste appeal. The use of this component reduces the need for synthetic additives and flavor enhancers, which makes the product more natural and safer for the consumer.

The purpose of this work was to develop boiled sausages using a mixture of dried beetroot and orange peel powders.

To achieve the goal, the following tasks were set:

- to justify the choice of the proposed vegetable ingredient – a mixture of dried beetroot powder and orange peel – in the production of boiled sausages;

- to determine the optimal dose of the herbal component in the formulations of enriched boiled and smoked sausages;

- to study the organoleptic, microbiological and physicochemical parameters of the finished product;

- select the optimal ratio of vegetable components, develop a recipe and present a technological scheme for the production of enriched boiled and smoked sausages.

The use of natural additives in the production of boiled horse meat sausages not only improves their organoleptic and nutritional properties, but also helps to expand the range of functional meat products that meet modern requirements of a healthy diet.

Scientists pay special attention to the influence of both animal and vegetable raw materials on the properties of boiled sausages, emphasizing the importance of choosing ingredients to achieve the necessary characteristics. In the works devoted to the preservative ability of extracts of moringa leaves and orange peel in chicken sausages, the authors evaluated their antioxidant effect and the ability to prolong shelf life. The antioxidant and preservative properties of moringa and orange peel extracts in chilled chicken sausages were studied, revealing that they slow down fat oxidation and increase shelf life [2, 3, 4].

The proposed article examines the effect of dried beetroot and orange peel powders on the physicochemical, microbiological and organoleptic properties of boiled sausage, resulting in improved color, juiciness and texture. Unlike extracts, the use of powders simplifies the technological process, making them convenient for production.

The scientists also used beetroot as a source of natural dyes for ham. The effect of beetroot extracts (Beta vulgaris L.) on the staining of meat products (ham) and their possible cytotoxicity against the AGS cell line was studied. The extracts were used encapsulated in nanosystems based on soy lecithin and maltodextrin, and then added to the ham formulation during pilot production. The color of the finished product was visually assessed using colorimetry [5,6].

In contrast to this study, we studied the effect of dried beetroot and orange peel powders on the quality of boiled sausage, including physicochemical, organoleptic, technological and microbiological parameters. The main attention was paid to changing the moisture-binding (MBC), moisture-retaining (MRC) and fat-retaining (FRC) properties of minced meat and the finished product. Instead of extraction and encapsulation, whole vegetable powders were used, which not only affected the color of the sausage, but also improved its juiciness and texture.

Materials and methods. The following materials were used for the study: grade 1 cored horse meat, raw lamb fat, poultry meat, beetroot powder and powdered orange peel. The «Donskoy» sausage, developed in accordance with GOST 31780-2012, served as a prototype for the development of formulations. Experimental samples of boiled sausage were prepared with the addition of beetroot and orange peel powders in various concentrations (0,5%, 1,0%, 1,5%) [7].

The mass fraction of proteins, fats, and carbohydrates in the finished product was determined. Functional and technological properties were evaluated: moisture-binding capacity (MBC), moisture-retaining capacity (MRC), fat-retaining capacity (FRC). The organoleptic evaluation of boiled sausages was carried out in accordance with

GOST 9959-2015 [8]. Microbiological parameters were studied in accordance with GOST 54354-2011 [9].

The acidic medium (pH) in the finished product using beetroot powder and orange peel was determined in a pH meter. The shelf life was determined by the dynamics of microbiological parameters (TAMC, CFU/g) during 14 days of storage at a temperature of 4°C [10]. The organoleptic analysis was performed using a 5-point scale, which included an assessment of color, aroma, taste and texture.15 tasters participated in the study.

Results and discussion. Horse meat is a valuable source of high-quality protein with a low fat content, which makes it a dietary raw material for sausage products. It is rich in unsaturated fatty acids, B vitamins (B_{12}, B_6, niacin) and minerals (iron, zinc, selenium) that help improve metabolism and immunity. The caloric content is 120-150 kcal / 100 g, which is significantly less than in other types of red meat.

Beetroot powder improves the color of the product due to betalains. It also gives it a light sweetish taste. During storage, the color remained stable, which confirms the resistance of the added ingredients to oxidative processes.

Orange peel powder enriches the product with vitamin C and fiber, giving it a light citrus flavor.

The use of these ingredients increases the nutritional and functional value of sausages in line with healthy eating trends.

As a result of the conducted research, it was found that minced meat from horse meat is a favorable environment for the uniform distribution of dried beetroot and orange peel powder. The optimal dosage of additives ranged from 0.5% to 1.5% of the total weight of the raw material in the ratio of beet powder and orange peel 1:1. This ratio makes it possible to obtain boiled sausage with improved organoleptic properties, increased nutritional value and additional health benefits due to the content of natural antioxidants and dietary fiber.

The addition of beetroot powder and orange peel had no significant effect on the pH of minced meat (6.1±0.2). Microbiological analysis showed that the content of TAMC in the control sample on the 10th day of storage was 4.2×10^4 CFU/g, while in the samples with additives it was 3.8×10^4 CFU/g. This indicates a possible antimicrobial effect of the powders. At the same time, the growth of pathogenic microflora of E. Coli and S. aureus was not recorded during the entire shelf life.

During the development of the new product, the formulation of boiled sausage «Donskoy» was used, powders of dried beetroot and orange peel in various concentrations were added to the formulation (Table 1). The addition of these ingredients made it possible to improve the color characteristics, taste and aroma of the finished product, as well as enhance its functional and technological properties.

Boiled sausage made from horse meat with the addition of dried beetroot powder and dried orange peel powder turned out to be fragrant and unusual. Beetroot gave it a beautiful pinkish hue and a light sweetness, which harmoniously combined with the natural taste of horse meat. The orange peel added a delicate citrus flavor and a subtle bitterness, refreshing the overall taste. The consistency turned out to be dense, but juicy due to good moisture retention. When sliced, the sausage had a pleasant spicy aroma with hints of coriander and nutmeg. The taste was balanced, with a slight piquancy and natural sweetness. This product turned out to be original and could interest fans of unusual meat products. The addition of these powders slightly changed the energy value of the sausage. The carbohydrate content in beetroot against the background of the overall composition of the product did not significantly affect the calorie content. The orange peel added some dietary fiber and essential oils, but its mass in the formulation was small.

Organoleptic evaluation of boiled horse meat sausage. The samples were evaluated on a 5-point scale, where 5 is the highest score that meets the quality criteria. Parameters such as appearance, color in section, aroma, taste, texture, juiciness, and overall score were studied.

The 2nd table shows the average values of the estimates for the control sample and experimental samples with the addition of 0.5%, 1% and 1.5% beetroot powder and orange peel.

Table 1 – Formulation of control and experimental samples of boiled sausages

Ingredients, %	The control sample Boiled sausage «Donskoy» (GOST 31780-2012)	Experimental samples with the addition of a mixture of dried beetroot powder and orange peel		
		№1	№2	№3
High-grade veneered horse meat	75,0	60,0	60,0	60,0
Raw mutton fat	25,0	15,0	15,0	15,0
Poultry meat	-	25,0	25,0	25,0
Total:	**100**	**100**	**100**	**100**
A mixture of dried beetroot and dried orange peel powders	-	0,5	1,0	1,5
Spices and materials kg per 100 kg of unsalted raw materials				
Table salt	2,5	2,5	2,5	2,5
Food additives and spices	0,21	0,21	0,21	0,21
Added water	0,2	0,2	0,2	0,2

Table 2 – Organoleptic evaluation of boiled horse meat sausage with the addition of dried beet powder and orange zest

Parameter	Control sample	Prototype with addition of 0.5% powder mixture	Prototype with addition of 1% powder mixture	Prototype with addition of 1.5% powder mixture
Appearance	5	4.6	4.7	4.6
Color on cut	5	4.7	4.9	4.6
Aroma	5	4.8	4.9	4.6
Taste	5	4.7	4.7	4.6
Texture	5	4.5	4.5	4.4
Jusiness	5	4.4	4.4	4.4
Overall score	5	4.6	4.7	4.5
Average score	5	4,6	4,7	4,5

Organoleptic evaluation boiled horse meat sausage with the addition of 1% beetroot powder and orange peel powder showed high performance according to several criteria. The structure of the product turned out to be smooth and uniform, with a natural color and small inclusions of beetroot powder and orange peel. Thanks to the beetroot, the color in the section acquired a slightly pinkish tinge, which made the appearance more attractive.

The aroma of the product was rich, with pronounced meat notes and light fruity and citrus notes, giving it originality. The taste turned out to be harmonious and rich, with moderate saltiness and light sweetness from beetroot, as well as fresh citrus

aromas that balanced the overall taste.

The texture of the product is dense, juicy and elastic, making it easy to chew. The juiciness was good; the meat didn' t feel dry. The visual and taste characteristics of this sample were rated higher than those of the variants with 0.5% to 1.5% powder mixture. The color, aroma, and overall flavor balance were particularly good. Compared to the control sample, the product was slightly inferior in terms of traditional meat saturation, but it was distinguished by an interesting combination of meat flavor with light fruity notes.

In general, the addition of 1% powder of beetroot and orange peel led to an improvement in the appearance, aroma and taste of the sausage, preserving its juiciness and dense texture. This sample can be considered the most successful among the experimental ones, as it demonstrated high scores on key parameters and a well-balanced taste profile.

Table 3 shows the results of measuring acidity using a pH meter. During the study, the pH value in the finished product was measured using a pH meter. The average pH value in the control sample was 6,2±0,1, while in the sample was 6,2±0,1. These results indicate that the additives did not significantly affect the acidity of the product, keeping it within the standard vales.

Table 3 – The acidity values of the sample with 1% of the additive and the control sample

Sample	Average pH value
Control sample (without additives)	6,2±0,1
With addition of beetroot and orange peel powders	6,1±0,1

Table 4 shows the organoleptic and microbiological parameters of the control and experimental samples.

Table 4 - Organoleptic and microbiological indicators of boiled sausages

Name of the indicator	Value of the indicator for sausages			
	Control sample	Sample with addition of 0,5% powder mixture	Sample with addition of 1% powder mixture	Sample with addition of 1,5% powder mixture
Organoleptic indicators:				
Appearance	Loaves with a clean, dry surface, without damaged shells, minced meat drips, slips and fatty swellings			
Consistency	Elastic			
Color and appearance of minced meat on the cut	The mince is pink in color, evenly mixed, without grey spots and contains the pieces of raw mutton fat	The mince is light red in color, evenly mixed, without grey spots and contains the pieces of raw mutton fat	The mince is red in color, evenly mixed, without grey spots and contains the pieces of raw mutton fat	The mince is dark red in color, evenly mixed, without grey spots and contains the pieces of raw mutton fat
Microbiological indicators:				

TBC (Total Bacterial Count), CFU/g	≤ 1×10^5	≤ 1×10^5	≤ 1×10^5	≤ 1×10^5
Coliforms (BGKP), CFU/0.01 g	Not allowed	Not detected	Not detected	Not detected
Pathogenic micro-organisms, including Salmonella, in 25 g	Not allowed	Not detected	Not detected	Not detected

The addition of powders did not lead to a deterioration in organoleptic characteristics, but, on the contrary, contributed to an improvement in color and taste properties. The color of the sausage has become more saturated due to the natural beetroot pigment, and the aroma has acquired light citrus notes, which makes the product more attractive to consumers. The consistency remained homogeneous and dense, which indicates the preservation of the technological properties of the minced meat.

The microbiological parameters of the samples comply with safety requirements. No pathogenic microorganisms (Salmonella, Listeria monocytogenes, S. aureus) were found in all variants, and the total number of bacteria was within acceptable values. This indicates that the addition of powders did not adversely affect the microbiological purity of the product.

A comparative analysis showed that the use of beetroot and orange peel powders of 1% each in a 1:1 ratio improves the organoleptic characteristics of boiled sausage without deterioration of microbiological parameters and without reducing its safety. In this regard, the results of the analyses of this sample are presented in the following study.

The main caloric content of the finished product was provided by horse meat proteins and fats, and the total energy value remained approximately the same as in the control sample. In general, the changes in the composition had a greater effect on taste than on nutritional value. Table 5 below shows comparative indicators of the chemical composition of boiled sausages (control and experimental samples with the addition of 1% powder mixture in a ratio of 1:1).

Table 5 – Chemical composition of boiled and smoked sausages (control and experimental samples)

Indicator	The control sample	A prototype with the addition of 1 % powder mixture
Mass fraction of moisture, %	62,5±0,3	63,0±0,2
Mass fraction of protein, %	12,0±0,3	11,0±0,3
Mass fraction of fat, %	23,0±0,2	21,7±0,2
Mass fraction of carbohydrates, %	1,0±0,3	2,3±0,2
Mass fraction of ash, %	1,5±0,4	2,0±0,3

Energy value, kcal/100 g	259,0±0,2	248,5±0,3

The consistency of the finished product remained dense, but became a little juicier due to the ability of beetroot to retain moisture. The nutritional value of boiled horsemeat sausage with the addition of a powdered mixture has changed slightly, mainly due to a slight increase in the proportion of carbohydrates. The mass fraction of moisture decreased slightly, while the carbohydrate content increased to about 1.5%. The protein and fat content remained virtually unchanged, while the ash content increased slightly. As a result, the energy value decreased from 259.0 kcal/100 g to about 248.5 kcal/100 g. These changes did not significantly affect the calorie content, but made the product juicier in taste and attractive in appearance.

To analyze the effect of the addition of dried beetroot and orange peel powders on the properties of minced meat and boiled sausage, their main physicochemical parameters were studied (Table 6). For comparison, four options were considered:

- raw minced meat without added powders – the initial composition of a mixture of horse meat, fat and chicken meat;

- boiled sausage «Donskoy» is the final product after heat treatment without additives;

- raw minced meat with the addition of 1% powders – the composition of minced meat after the introduction of beetroot and orange peel;

- boiled sausage with the addition of 1% powders is a finished product after heat treatment with additives.

Table 6 – Results of moisture binding capacity (MBC), moisture retention capacity (MRC), fat retention capacity (FRC)

Indicators	The studied samples			
	Raw minced meat without added ingredients	Boiled sausage «Donskoy»	Raw minced meat with the addition of 1% powder mixture	Boiled sausage with the addition of 1% powder mixture
MBC, %	59,5±0,3	53,46±0,4	59,71±0,3	53,7±0,4
MRC, %	50,4±0,2	42,84±0,3	50,65±0,2	43,05±0,3
FRC, %	70,0±0,4	66,5±0,3	69,7±0,3	66,22±0,5

In the sausage production process, moisture-binding (MBC), moisture-retaining (MRC) and fat-retaining (FRC) properties are important, since they determine the consistency, juiciness and stability of the fat phase. The MBC shows how much moisture minced meat can retain before heat treatment, the MBC characterizes the amount of moisture remaining after cooking, and the MBC reflects the ability of a meat product to retain fat when heated.

Without the addition of powders, the initial MBC was 59.5%, but after heat treatment it decreased to 53.46% due to moisture loss during heating. Similarly, the percentage of fat decreased from 50.4% to 42.84%, as some of the water evaporated. The fat content has also decreased from 70.0% to 66.5%, as some of the fat melts during cooking.

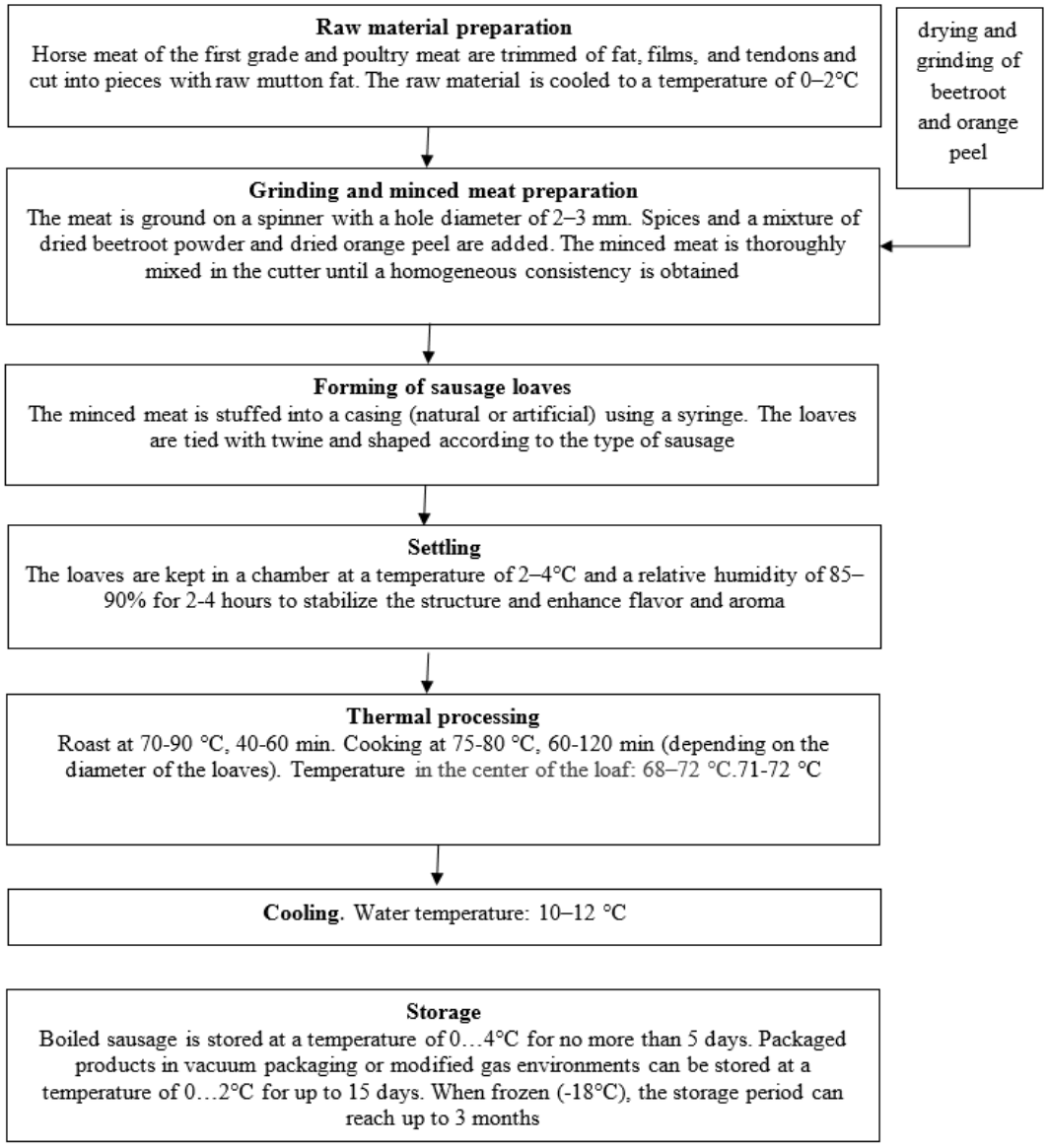
The addition of 1% dried beetroot powder and orange peel led to a slight increase in MBC to 59.71%, since the plant components are highly hygroscopic. After cooking, the FRC also remained higher than in the control sample, amounting to 53.7%. The concentration of additives also increased (50.65% in the raw and 43.05% in the cooked product), indicating better moisture retention after heat treatment.

On the contrary, the fat content decreased slightly – 69.7% in raw and 66.22% in cooked foods, since powders do not contribute to fat retention. However,

these changes are minor and do not impair the quality of the sausage. In general, the addition of powders made it possible to reduce moisture loss during cooking, which had a positive effect on the juiciness of the finished product.

The use of powders has led to a slight improvement in the moisture-retaining properties of sausage, which can be useful for improving its quality and increasing the yield of finished products.

Based on the conducted research, a technology for the production of boiled sausages using a mixture of powders from dried beetroot and dried orange peel has been developed (Scheme 1).



Scheme 1 – The technological scheme of production of boiled sausages with the addition of dried beetroot powder and orange peel

This scheme is based on the traditional technology of production of boiled sausage, but adapted for horse meat with natural additives. The deposition stage ensures an even distribution of moisture and stabilization of the structure, and heat treatment guarantees safety by destroying pathogenic microorganisms. Optimal storage conditions help to preserve freshness and extend shelf life without

compromising quality.

Conclusion. Based on the conducted studies of organoleptic, physicochemical and microbiological parameters, it was found that the combination of horse meat with the addition of 1% dried beet powder and orange peel in a ratio of 1:1 ensures the production of boiled sausage with high quality characteristics. The final product has a balanced taste with light sweet citrus notes, pleasant aroma and attractive appearance. The sausage has a juicy and delicate consistency, uniform pink color due to the addition of beetroot, as well as the absence of foreign odors and flavors.

The developed prototypes of boiled sausage with the addition of dried beetroot and orange peel powders can be recommended as a useful and safe product for wide use, which has not only high taste qualities, but also additional nutritional value due to the inclusion of natural plant components.

The results obtained demonstrate that the proposed recipe for boiled sausage with the addition of beetroot powder and orange peel has advantages over known analogues. Additives improve the color, texture and moisture-binding properties of the product, reduce the level of lipid oxidation and reduce the amount of synthetic components, while maintaining regulatory pH values and microbiological parameters.

References

1. Tokaev K.Zh. (2023). Poslanie Glavy gosudarstva Kasym-Zhomarta Tokaeva narodu Kazahstana «Jekonomicheskij kurs Spravedlivogo Kazahstana». Oficial' nyj sajt Prezidenta Respubliki Kazahstan. https://www.akorda.kz - Data obrashhenija: 28.10.2024.[in Russian]

2. Bishnoi, S., Yadav, S., Jairath, G., Mohamed Ahmed, I. A., Rani, M., & Singh, Y. (2025). Quality and microbial assessment of chicken sausages treated with moringa leaf and orange peel green extracts//CyTA - Journal of Food.-2024.-Vol.23(1).- P.1-12. DOI 10.1080/19476337.2024.2446835

3. Aykın-Dinçer, E., Güngör, K., Çağlar, E. & Erbaş, M. The use of beetroot extract and extract powder in sausages as natural food colorant//International Journal of Food Engineering, 2021.-17(1).- P.75-82. https://doi.org/10.1515/ijfe-2019-0052

4. V' jun M.A. Proizvodstvo sardelek s ispol' zovaniem rastitel' noj dobavki «svekol' nyj poroshok» // Materialy VI Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii «Studencheskij nauchnyj forum» URL: https://scienceforum.ru/2014/article/2014006458. [in Russian]

5. Dias S., Pereira D. M., Castanheira E. M. S., Fortes A. G., Pereira R., & Gonçalves M. S. T. (2019, November). Beetroot as a source of natural dyes for ham//Proceedings.-2019.-Vol.41(1) 41(1):82 DOI 10.3390/ecsoc-23-06626

6. Valentik M., Stepanjanc V., Sokolova Ju.D. (2021) Issledovanie jekstrakcii pigmentov iz svekly stolovoj razlichnyh sortov v zavisimosti ot temperatury sushki korneplodov// Tendencii razvitija

nauki i obrazovanija.-2021.-№70(2).- S.6-10.[in Russian]

7. GOST 31780-2012. Kolbasy varenye iz koniny. Mezhgosudarstvennyj standart. Moskva, Standartinform, 2013 g. [in Russian]

8. GOST 9959-91. Produkty mjasnye. Obshhie uslovija provedenija organolepticheskoj ocenki. [in Russian]

9. GOST R 54354-2011. Mjaso i mjasnye produkty. Obshhie trebovanija i metody mikrobiologicheskogo analiza. [in Russian]

10. ST RK 1730-2007. Mjaso i mjasnye produkty. Obshhie tehnicheskie uslovija. [in Russian]

Information about the authors

Baitukenova Sh.B. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department “Technology of food and processing industries”, Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seyfullin, Astana, Kazakhstan, e-mail: baytukenova75@mail.ru;

Kalitova A.D. - Master’ s student of 1 course of the department “Technology of food and processing industries”, Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seyfullin, Astana, Kazakhstan, e-mail: kalitova03@mail.ru;

Baitukenova S.B. – Head of Department “Technology and Standardization”, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan, e-mail: saule7272@mail.ru;

Ryspaeva U.A. - Master’ s degree, Lecturer, Department of Technology and Standardization, Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan, e-mail: ulzhan.ryspaeva@bk.ru;

Kardenov S.A. - Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor of the Department of Technology of Food and Processing Industries, Kazakh Agrotechnical Research University named after S.Seifullin, Astana, Kazakhstan, e-mail: Askerbekovsk@mail.ru.

Сведения об авторах

Байтукенова Ш.Б. – к.т.н., ассоциированный профессор кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств», НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина», Астана, Казахстан, e-mail: baytukenova75@mail.ru;

Калитова А.Д. – магистрант 1 курса кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств», НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина», Астана, Казахстан, e-mail: kalitova03@mail.ru;

Байтукенова С.Б. – к.т.н., ассоциированный профессор кафедры технологиии стандартизации, Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: saule7272@mail.ru;

Рыспаева У.А. - магистр, преподаватель кафедры технологии и стандартизации, Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: ulzhan.ryspaeva@bk.ru;

Карденов С.А.- к.т.н., и.о. ассоциированного профессора кафедры «Технология пищевых и перерабатывающих производств», НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина», Астана, Казахстан, e-mail: Askerbekovsk@mail.ru.

МРНТИ 65.55.33 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-810**

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРЯНЫХ ТРАВ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Г.Е. Жумалиева, У.Ч. Чоманов, А.Н. Асан

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Алматы, Казахстан

Корреспондент-автор: guljan_7171@mail.ru, arailym_178@mail.ru

Статья посвящена актуальной теме - исследованию пряных трав, выращиваемых и перерабатываемых на территории Казахстана, с учётом растущего спроса на органические продукты, развитие гастрономической культуры, фармацевтической промышленности и экспортного потенциала страны. Целью исследования является разработка технологии производства порошков и экстрактов из пряных трав для использования в кулинарных изделиях и пищевых продуктах. Впервые в комплексе изучены особенности отечественного сырья: чеснока, укропа, базилика, петрушки, красного перца и сельдерея. Представлен анализ их вкусовых, ароматических и питательных свойств, физико-химических показателей и аминокислотного состава. Научная новизна заключается в системном подходе к изучению пряных трав казахстанского происхождения и предложении новых технологических решений для их переработки. В ходе анализа источников за 1994-2024 гг. показано, что при благоприятных климатических условиях Казахстан обладает высоким потенциалом для развития собственного производства, однако пока уступает России по уровню технологических разработок в данной области. Практическая значимость заключается в снижении зависимости от импорта, формировании экспортного потенциала, создании новых рабочих мест и стимулировании роста местного агробизнеса. Результаты исследования могут быть использованы для разработки функциональных и диетических продуктов, продвижения органического сельского хозяйства и поддержки устойчивого развития регионов Казахстана. В результате анализа физико-химических и биохимических свойств различных пряных трав установлено, что они обладают высокой пищевой и биологической ценностью. Наибольшее содержание белка выявлено у петрушки (28,31%), жиров — у базилика (3,96%) и петрушки (3,90%). Красный перец лидирует по содержанию витаминов А (665,20 мг/100 г) и С (250 мг/100 г), а базилик - по кальцию (2279,56 мг/100 г) и железу (99,36 мг/100 г). Укроп отличается высоким уровнем магния (530 мг/100 г), чеснок - селеном (0,096%). Также чеснок и петрушка богаты незаменимыми аминокислотами, включая валин, лейцин и треонин. Полученные данные подтверждают потенциал пряных трав как функциональных ингредиентов для здорового питания.

Ключевые слова: укроп, петрушка, сельдерей, красный перец, базилик, чеснок, пряные травы, экстракты, порошки.

АСПАЗДЫҚ ӨНЕРКӘСІПКЕ АРНАЛҒАН ФУНКЦИОНАЛДЫҚ ШИКІЗАТ РЕТІНДЕ ДӘМДЕУШІ ШӨПТЕРДІ КЕШЕНДІ ЗЕРТТЕУ

Г.Е. Жумалиева, У.Ч. Чоманов, А.Н. Асан

«Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Алматы, Қазақстан, e-mail: guljan_7171@mail.ru, arailym_178@mail.ru

Мақала Қазақстан аумағында өсірілетін және өңделетін дәмдеуіш шөптерді зерттеуге арналған өзекті тақырыпқа арналған. Зерттеу органикалық өнімдерге сұраныстың артуы, гастрономиялық мәдениеттің дамуы, фармацевтикалық өнеркәсіп пен елдің экспорттық әлеуеті аясында жүргізіледі. Зерттеудің мақсаты - дәмдеуіш шөптерден тағамдық өнімдер мен кулинарлық бұйымдарға арналған ұнтақтар мен экстрактілер өндіру технологиясын әзірлеу. Алғаш рет қазақстандық шикізаттың - сарымсақ, аскөк, райхан, ақжелкен, қызыл бұрыш және балдыркөк - ерекшеліктері кешенді түрде зерттелді. Олардың дәмдік, хош иістік және тағамдық қасиеттері, физика-химиялық көрсеткіштері мен

аминқышқылдық құрамы талданды. Ғылыми жаңалық ретінде дәмдеуіш шөптерді өңдеудің жаңа технологиялық шешімдері ұсынылып, оларды жүйелі зерттеу жүргізілді. 1994-2024 жылдар аралығындағы дереккөздерді талдау нәтижесінде Қазақстанның қолайлы климаттық жағдайы бұл саланың дамуына үлкен мүмкіндік беретінін көрсетті, алайда технологиялық даму жағынан Ресейден артта қалып отыр. Практикалық маңыздылығы - импортқа тәуелділікті азайту, экспорттық әлеует қалыптастыру, жаңа жұмыс орындарын ашу және жергілікті агробизнесті дамыту. Зерттеу нәтижелері функционалдық және диеталық өнімдер жасауда, органикалық ауыл шаруашылығын ілгерілетуде және Қазақстан аймақтарының тұрақты дамуын қолдауда пайдаланылуы мүмкін. Физикалық-химиялық және биохимиялық қасиеттерін талдау нәтижесінде түрлі дәмдеуіш өсімдіктердің жоғары тағамдық және биологиялық құндылыққа ие екендігі анықталды. Ең жоғары ақуыз мөлшері ақжелкеде тіркелді (28,31%), ал май мөлшері базилик (3,96%) пен ақжелкеде (3,90%) көп. Қызыл бұрыш А дәрумені (665,20 мг/100 г) мен С дәрумені (250 мг/100 г) бойынша көшбасшы болып табылады. Базилик құрамында кальций (2279,56 мг/100 г) мен темір (99,36 мг/100 г) ең көп. Аскөк магнийге (530 мг/100 г), ал сарымсақ селенге (0,096%) бай. Сонымен қатар, сарымсақ пен ақжелке валин, лейцин және треонин секілді алмастырылмайтын аминқышқылдарына бай. Бұл деректер дәмдеуіш шөптердің сау тамақтануда қолдануға болатын функционалдық құрамдас бөлік екенін дәлелдейді.

Түйін сөздер: аскөк, ақжелкен, балдыркөк, қызыл бұрыш, насыбайгүл, сарымсақ, шөптер.

COMPREHENSIVE STUDY OF SPICE HERBS AS FUNCTIONAL RAW MATERIALS FOR THE FOOD INDUSTRY

G.E Zhumalieva✉, U.Ch.Chomanov, A.N.Asan✉

LTD ”Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry” Almaty, Kazakhstan,
e-mail: guljan_7171@mail.ru, arailym_178@mail.ru

The article is devoted to a relevant topic - the study of spice herbs cultivated and processed in Kazakhstan, in the context of growing demand for organic products, the development of gastronomic culture, the pharmaceutical industry, and the country’s export potential. The purpose of the research is to develop a technology for producing powders and extracts from spice herbs for culinary and food applications. For the first time, the properties of local raw materials - garlic, dill, basil, parsley, red pepper, and celery - have been comprehensively studied. The analysis includes their taste, aromatic and nutritional properties, physicochemical indicators, and amino acid composition. The scientific novelty lies in the systematic study of Kazakhstan-grown herbs and the proposal of new technological solutions for their processing. A review of sources from 1994 to 2024 demonstrates that, despite favorable climatic conditions and high potential, Kazakhstan still lags behind Russia in terms of technological development in this field. The practical significance includes reducing import dependency, generating export opportunities, creating new jobs, and supporting the growth of local agribusiness. The results can be used in the development of functional and dietary products, the promotion of organic agriculture, and the sustainable development of Kazakhstan’s regions. The analysis of physicochemical and biochemical properties revealed that various herbs and spices possess high nutritional and biological value. Parsley showed the highest protein content (28.31%), while basil (3.96%) and parsley (3.90%) had the most fat. Red pepper led in vitamin A (665.20 mg/100 g) and vitamin C (250 mg/100 g) content. Basil was richest in calcium (2279.56 mg/100 g) and iron (99.36 mg/100 g). Dill had the highest magnesium level (530 mg/100 g), and garlic contained the most selenium (0.096%). Additionally, garlic and parsley were rich in essential amino acids such as valine, leucine, and threonine. These findings confirm the potential of herbs as functional components in healthy nutrition.

Keywords: dill, parsley, celery, red pepper, basil, garlic, herbs, extracts, powders.

Введение. Производство пряных трав в Казахстане актуально благодаря растущему спросу на органические продукты, развитию гастрономической культуры и фармацевтической промышленности, а также экономическому потенциалу страны на мировом рынке. Пряные травы востребованы как в национальной кухне, так и в производстве биологически активных добавок и эфирных масел, что создает возможности для местного агробизнеса и экспорта. Благоприятные климатические условия в разных регионах Казахстана позволяют выращивать широкий спектр трав, что делает это направление перспективным для сельского хозяйства.

Научной новизной данного исследования является изучение в комплексе особенности пряных трав отечественного производства.

Пряные травы представляют собой широкую категорию растений с не менее широким спектром применения. Они делают пищу и напитки более приятными, а не обеспечивают значительную калорийность или другие питательные преимущества. Относительно небольшие количества придают изюминку продуктам, обычно не опасаясь негативных последствий [1].

С целью раскрыть потенциал этих пряных трав используются такие виды, как чеснок, укроп, базилик, петрушка, сельдерей, красный перец для создания порошков и экстрактов. Каждая из них добавляет в рецепты свою особую нотку, обогащая вкус и аромат блюд. Экстракты помогают лучше раскрыть эти качества, делая использование трав более удобным и разнообразным. Их гармоничное сочетание открывает новые возможности в кулинарии, позволяя создавать более насыщенные и разнообразные вкусовые композиции.

Основные причины использования данных пряных травах:

- разнообразие вкуса: каждая трава добавляет свой неповторимый вкус, что позволяет создавать сложные и многогранные блюда; - польза для здоровья: все выбранные травы богаты витаминами, минералами и антиоксидантами, что помогает поддерживать общее здоровье и укрепляет иммунитет; - универсальность: эти травы популярны в кухнях разных стран, что делает их подходящими для множества рецептов - от супов до мясных и овощных блюд; - сохранение свежести: использование этих трав помогает сохранить свежесть и аромат готовых изделий, что особенно важно для тех, кто ищет натуральные и полезные ингредиенты; -доступность: эти травы легко найти и они широко используются, что делает их практичным выбором для создания кулинарных продуктов [2]. Выбор этих пряных трав обеспечивает идеальное сочетание вкуса, аромата и здоровья.

Рассмотрены нормы потребления рассматриваемых пряных трав по рекомендуемым суточным нормам (таблица 1).

Таблица 1 - Рекомендуемые суточные нормы Рекомендуемая суточная норма потребления [4]

Наименование показателей	Рекомендуемая суточная норма (г)
Белки	50-100
Жиры	70-100 (менее 30% насыщенных)
Углеводы	250-400
Клетчатка	25-30 (женщины), 30-38 (мужчины)
Витамин С	90 (мужчины), 75 (женщины)
Витамин В6	1,3-2,0
Витамин В1	1,1 (женщины), 1,2 (мужчины)
Витамин В2	1,1 (женщины), 1,3 (мужчины)

Калий	1000-4700 (взрослые)
1	2
Фосфор	700 (взрослые)
Кальций	1000 (взрослые), 1200 (женщины старше 50)
Магний	400-420 (мужчины), 310-320 (женщины)
Железо	8 (мужчины), 18 (женщины)

Чеснок (*Allium sativum*) - это широко используемая пряная культура, известная своими кулинарными и медицинскими свойствами. С древних времён чеснок применялся и не только в кулинарии, но и в традиционной медицине, что обусловлено его богатым химическим составом. Суточная потребность в чесноке составляет примерно 1-2 зубчика в день. Это количество достаточно для получения его полезных свойств, таких как поддержка иммунной системы и улучшение сердечно-сосудистого здоровья. Если использовать чеснок в порошке, то это будет около 1/4 - 1/2 ч. ложки [3].

В таблице 2 показана пищевая ценность чеснока, укропа, базилика, петрушки, сельдерея, красного перца.

Таблица 2 - Пищевая ценность и калорийность пряных трав (чеснок, укроп, базилик, петрушка, сельдерей, красный перец) [5]

Наименование показателей	Виды пряных трав					
	чеснок	укроп	базилик	петрушка	сельдерей	красный перец
	Значение (на 100 г)					
Калорийность (ккал)	149	36	23	36	16	31
Белки (г)	6,4	3,0	3,15	3,0	0,7	1
Жиры (г)	0,5	0,5	0,64	0,8	0,2	0,3
Углеводы (г)	33,1	7,0	2,65	6,0	3,0	6
Клетчатка (г)	2,1	2,1	1,6	2,3	1,6	2,1

Чеснок является богатым источником питательных веществ, в особенности углеводов и клетчатки. При потреблении 100 грамм чеснока можно покрыть значительную часть суточной потребности в углеводах - до 8,28% от максимальной нормы, а клетчатка в чесноке удовлетворяет до 7% дневной потребности. Хотя содержание белков и жиров в чесноке относительно невелико, оно также вносит вклад в общую суточную норму этих макроэлементов. В целом, чеснок может рассматриваться как полезный компонент рациона, особенно для тех, кто стремится увеличить потребление клетчатки и углеводов, улучшая пищеварение и поддерживая стабильный уровень энергии.

Укроп (*Anethum graveolens*) - это одно из самых популярных пряных растений, широко используемое в кулинарии и медицине. Его характерный аромат и освежающий вкус делают укроп незаменимым компонентом множества блюд. Рекомендуемая суточная норма укропа составляет около 10-15 г свежего или 2-4 г сушеного. Это количество позволит добавить аромат и полезные свойства в еду. Укроп отличается низкой калорийностью и высоким содержанием витаминов и мине-

ралов.

Укроп, благодаря своему богатому составу, является ценным дополнением к любому рациону, несмотря на свою низкую калорийность. Хотя содержание белков и жиров в укропе невелико, он покрывает значительную часть суточной потребности в клетчатке — до 8,4% от минимальной нормы, что способствует нормализации работы пищеварительной системы. Углеводы в укропе представлены сложными сахарами, которые медленно усваиваются, обеспечивая стабильный уровень энергии. Таким образом, укроп можно рекомендовать как полезный ингредиент, особенно для тех, кто стремится поддерживать баланс клетчатки и улучшить пищеварение.

Базилик (*Ocimum basilicum*) - это ароматическое растение, которое широко используется в кулинарии и медицине. Его сладкий, пряный вкус и неповторимый аромат делают базилик популярным ингредиентом во многих кухнях мира, особенно в итальянской и средиземноморской. Суточная потребность в базилике составляет примерно 5-10 г свежего или 1-2 г сушеного [6].

Базилик, благодаря своему составу, является полезным дополнением к рациону. Несмотря на низкое содержание калорий, он богат клетчаткой, покрывая до 6,4% минимальной суточной нормы, что способствует поддержанию здорового пищеварения.

Белки, присутствующие в базилике, также вносят свой вклад в удовлетворение потребности организма, покрывая до 6,3% от минимальной нормы. Хотя содержание жиров и углеводов в базилике незначительно, его питательная ценность в первую очередь обусловлена высоким содержанием клетчатки и белков, что делает его полезным компонентом для сбалансированного питания.

Петрушка (*Petroselinum crispum*)-является одним из наиболее изучаемых представителей семейства сельдерейных (*Apiaceae*) и широко используется как пряное и лекарственное растение. Ее применение охватывает не только кулинарную сферу, где она служит как приправой и декоративным элементом, но и фитотерапию, благодаря богатому содержанию витаминов, минералов и антиоксидантов. Петрушка обладает множеством биологически активных соединений, способствующих улучшению здоровья человека. Суточная потребность в петрушке составляет около 10-20 г свежей зелени или 1-2 г сушеной [7].

Петрушка является низкокалорийным, но питательным продуктом, особенно богатым клетчаткой. Она покрывает до 9,2% минимальной суточной нормы клетчатки, что способствует улучшению пищеварения и поддержанию здоровья кишечника. Хотя содержание белков и жиров в петрушке относительно невелико, она всё же вносит вклад в суточную норму этих макроэлементов. Углеводы в петрушке представлены в небольшом количестве, что делает её отличным дополнением к рациону, особенно для тех, кто стремится увеличить потребление клетчатки, не увеличивая калорийность.

Таким образом, петрушка - это полезный и лёгкий ингредиент для сбалансированного питания.

Сельдерей (*Apium graveolens*) - это одно из самых универсальных овощных растений, широко используемое в кулинарии и традиционной медицине. С древних времен сельдерей ценился не только за свой уникальный вкус и аромат, но и за свои полезные свойства. Он принадлежит к семейству сельдерейных (*Apiaceae*) и бывает нескольких видов, среди которых наиболее распространены стеблевой и корневой сельдерей. Суточная потребность в сельдерее составляет примерно 1-2 стебля свежего сельдерея [8].

Сельдерей характеризуется низкой калорийностью и высоким содержанием воды, что делает его популярным среди людей, следящих за своим весом.

Сельдерей является низкокалорийным продуктом, однако он богат клетчаткой, покрывая до 6,4% минимальной суточной нормы. Это делает его полезным для поддержания здорового пищеварения и улучшения обмена веществ. Хотя содержание белков, жиров и углеводов в сельдерее невелико, его главная ценность заключается в высоком содержании пищевых волокон, которые помогают нормализовать работу желудочно-

кишечного тракта.

Таким образом, сельдерей - это отличный выбор для тех, кто стремится улучшить пищеварение и добавить в рацион источник клетчатки, не увеличивая калорийность блюд.

Красный перец (*Capsicum annuum*) - это яркий и ароматный овощ, который занимает важное место в кулинарии многих культур. Он известен не только своим острым вкусом, но и богатым содержанием витаминов, минералов и антиоксидантов. Красный перец является популярным ингредиентом в различных блюдах, начиная от салатов и закусок и заканчивая основными блюдами и соусами. Суточная потребность в красном перце в виде порошка составляет примерно 1/2–1 чайную ложку.

Красный перец является питательным продуктом с низкой калорийностью, который вносит разнообразие в рацион благодаря своим питательным свойствам. Несмотря на то что содержание белков, жиров и углеводов в нем невелико, красный перец все же покрывает от 1% до 2,4% суточной нормы, что делает его полезным дополнением к другим продуктам. Особенно стоит отметить высокое содержание клетчатки, которое составляет 7% - 8,4% от суточной нормы. Клетчатка способствует нормализации пищеварения и улучшению обмена веществ. Кроме того, красный перец богат углеводами, в основном представленными сахарами, что придает ему сладковатый вкус и делает его приятным в употреблении.

Таким образом, красный перец не только добавляет цвет и вкус в блюда, но и является ценным источником питательных веществ, способствующих поддержанию здоровья и общего благополучия.

Красный перец богат углеводами, среди которых преобладают сахара, что придает ему сладковатый вкус [9].

Использование пряно-ароматических растений Южного Казахстана в производстве соусов-приправ представляет собой перспективное направление для создания натуральных, безопасных и функциональных продуктов питания. В ходе исследования, проведенного Орынбасаровой Б.А. и её коллегами, было установлено, что разнообразие дикорастущих растений в регионе, включая зверобой, чабрец и душицу, предоставляет уникальные возможности для разработки фито композиций, обогащающих соусы и приправы вкусовыми и полезными свойствами. Переход на жидкие экстракты и инкапсулированные формы пряностей значительно упрощает процесс производства и улучшает качество конечного продукта, гарантируя высокие органолептические показатели и сохранение биологически активных веществ.

Таким образом, интеграция традиционных пряных трав в современное производство соусов-приправ соответствует актуальным требованиям здорового питания и способствует сохранению и развитию культурных традиций региона [10].

Изобретение, предложенное Кристиной Лутц и Феликсом Рихтерихом (Швейцария), относится к кондитерским изделиям, изготовленным на основе травяных смесей. Продукт содержит экстракты трав, включая мяту перечную, шалфей, тысячелистник, тимьян и стевию ребаудиану. Дополнительно в состав могут входить экстракты таких трав, как мята лимонная, подорожник, алтей, манжетка, бузина, примула, бедренец, вероника, мальва и шандра.

Изделия предлагаются в различных формах: леденцы, жевательные конфеты, карамель, жевательная резинка или сиропы, которые можно использовать для приготовления быстрорастворимых напитков. Технология изготовления включает экстракцию травяных смесей, их сгущение и переработку в кондитерские изделия. Продукты обладают освежающим вяжущим медово-травяным вкусом с охлаждающим эффектом. Данное изобретение нацелено на создание натуральных функциональных кондитерских изделий с улучшенными вкусовыми характеристиками [11].

Разработка пряно-ароматических фито композиций для соусов-приправ, выполненная Ушаковой А.А. на основе анализа дикорастущих растений, демонстрирует значительный потенциал для создания натуральных продуктов, обогащенных

биологически активными веществами. В результате исследований была предложена методология экстракции и использования фито композиций, которые позволяют существенно повысить содержание фито микронутриентов, таких как флавоноиды, каротиноиды и антиоксиданты, в готовой продукции. Использование этих фито композиций в рецептурах соусов и приправ увеличивает содержание биологически активных компонентов от 5 до 13%, что позволяет относить данные продукты к категории функциональных и обогащенных. Разработанные рецептуры демонстрируют высокую конкурентоспособность на рынке благодаря их натуральному составу и богатству полезных веществ [12].

Корейскими учеными разработан травяной порошок для жарки, который представляет полезный и питательный продукт, обогащённый витаминами и минералами. В его состав входят травы с фармакологически активными компонентами, которые придают порошку уникальные вкусовые качества и полезные свойства. Этот порошок улучшает пищеварения, обладает диуретическим, стерилизующим и антибактериальным эффектом. За счёт комбинации различных видов муки, крахмала и специй продукт обеспечивает хрустящую текстуру при жарке, что делает его удобным и полезным для использования в кулинарии [13].

Исследование доказало, что использование пряного растительного сырья, в частности порошка черешков сельдерея, обработанного инфракрасной (ИК) сушкой, в технологии производства заварного полуфабриката является эффективным способом повышения его пищевой ценности. Добавление порошка сельдерея в количестве 5% от массы муки обеспечивает улучшение нутриентного состава полуфабриката, увеличивая содержание витаминов группы В и β-каротина, что способствует обогащению продукта важными для здоровья микроэлементами. При этом вкусоароматические характеристики готового изделия улучшаются за счет кислых и пряных оттенков, которые привносит сельдерей. Введение свежего пряного растительного сырья ухудшает органолептические свойства изделия, что делает применение именно порошков ИК-сушки более целесообразным. Дальнейшие исследования могут быть направлены на улучшение рецептур начинки для комплексного улучшения нутриентного состава и маскировки нежелательных привкусов, присущих сельдерею [14].

Изобретение разработанное Баудуином ван Афферденом относится к консервированной композиции на основе пряных трав.

Настоящее изобретение касается метода обработки травяной воды, направленного на восстановление и обогащение здоровья посредством использования географического биоразнообразия. Травяная вода, обогащенная значительными питательными веществами и природными антибиотиками, способствует активному и здоровому образу жизни. Эти компоненты обеспечивают оптимальный рост и развитие организма, защищая его от неблагоприятных патогенов и токсинов. Метод обработки травяной воды включает использование различных трав, таких как индийский крыжовник (*Emblica officinalis*), священный базилик (*Ocimum sanctum*), ним (*Azadirachta indica*), а также других растений, доступных в соответствующем географическом регионе. Выбор конкретных трав или их частей зависит от области применения и желаемого эффекта.

Обогащенная травяная вода, содержащая питательные вещества и природные антибиотики, может быть использована в производстве продуктов для поддержания здоровья и профилактики заболеваний. Она также находит применение в научных исследованиях, направленных на изучение биологических процессов и разработку биотехнологий [15].

Материалы и методы. Объектами исследования являются перец, чеснок, петрушка, укроп, сельдерей, базилик.

При выполнении проекта будут использованы общепринятые и специальные методы определения физико-химических свойств, пищевая и биологическая ценность сырья.

Для исследования будут использованы следующие методики из стандартов:

ГОСТ 33271-2015 Пряности сухие, травы и

приправы овощные.

ГОСТ 28875-90 Пряности. Приемка и методы анализа (определение влаги методом отгонки).

ГОСТ ISO 927-2014 Пряности и приправы. Определение содержания примесей и посторонних веществ [18].

ГОСТ 28876-90 Пряности и приправы. Отбор проб.

ГОСТ ISO 6571 – 2016 Определение содержания эфирных масел.

ГОСТ EN 12823-2-2014 Продукты пищевые. определение содержания витамина А методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

ГОСТ EN 12822—2014 продукты пищевые Определение содержания витамина Е (a-, p-, y- и 5- токоферолов) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.

ГОСТ 34151-2017 Продукты пищевые Определение витамина С с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии.

ГОСТ 26928-86 Продукты пищевые. Метод определения железа.

ГОСТ 26931-86 Сырье и продукты пищевые методы определения меди.

ГОСТ 26934-86 Сырье и продукты пищевые метод определения цинка.

ГОСТ 27076-86 Продукты пищевые и пищевое сырье. Метод определения кальция.

ГОСТ 30615-99 Сырье и продукты пищевые. Метод определения фосфора.

ГОСТ ISO 928 - 2015 Определение общего содержания золы.

Определение массовой доли влаги в пряных травах проводили с использованием сушильного шкафа СЭШ-ЗМК при температуре 105 ± 2°С. Навеску сырья массой 2–5 г помещали в предварительно прокаленные и взвешенные бюксы, после чего сушили в течение 3 часов до постоянной массы, с последующим охлаждением в эксикаторе и взвешиванием. Массовую долю влаги (%) рассчитывали по формуле: $W = (m_1 – m_2)/(m_1 – m_0) \times 100$, где m_0 – масса пустой бюксы, m_1 – масса бюксы с влажным образцом, m_2 – масса бюксы с высушенным образцом. Разность между двумя взвешиваниями после повторной сушки не должна превышать 0,001 г. Определение проводили в двух параллельных повторностях, результаты фиксировали с точностью до 0,01%.

Определение золы в растительном сырье проводится путем прокаливания навески образца до полного выгорания органических веществ. Для этого в фарфоровую чашку помещают навеску измельченного и высушенного сырья (обычно 2–5 г), затем обугливают на открытом пламени, чтобы предотвратить разбрызгивание, и помещают в муфельную печь, где прокаливают при температуре 500–550 °C в течение 4–6 часов до получения светло-серой или белой золы. После охлаждения в эксикаторе чашку взвешивают. Процентное содержание золы рассчитывают по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m} \times 100$$

где m1 — масса чашки с золой, m0 — масса пустой чашки, m — масса навески. Этот метод позволяет определить общее содержание минеральных веществ в растении.

Определение содержания эфирных масел в растительном сырье обычно проводят методом гидродистилляции с использованием прибора Клевенджера. В колбу помещают измельчённое сырьё (например, 10–30 г) и заливают водой в соотношении 1:10 или 1:20. Смесь нагревают, при кипении пары эфирных масел и воды конденсируются и стекают в градуированный приёмник, где масло отделяется от воды. Процесс длится 2–3 часа. После окончания дистилляции объем эфирного масла измеряют непосредственно в приёмнике, и содержание выражают в процентах по формуле:

$$X = \frac{V}{m} \times 100$$

где V — объем эфирного масла (мл), m — масса сырья (г). Метод позволяет точно оценить количество летучих ароматических компонентов в пряных травах и других эфиромасличных растениях.

Результаты и обсуждение. Купили все образцы по 300 граммов. После предварительной мойки их поместили на сушку. Сушили в специальном сушильном шкафу при температуре 40–45 градусов, чтобы сохранить все полезные вещества. Процесс сушки длился 19–20 часов. После определяли физико-химические свойства, пищевую и биологическую ценность выбранных пряных трав в Испытательной лаборатории ТОО «Нутритест» (таблица 1,2,3).

Таблица 3 - Физико-химические показатели пряных трав

Наименование показателей (%)	Наименование пряных трав					
	укроп	чеснок	красный перец	сельдерей	петрушка	базилик
Масоовая доля белка(протеина)	21,02±0,22	15,08±0,21	12,90±0,13	12,75±0,13	28,31±0,30	25,63±0,33
Массовая доля жира и экстрактивных веществ	3,68±0,08	0,51±0,007	0,11±0,002	2,42±0,05	3,90±0,07	3,96±0,04
Массовая доля влаги	20,6±0,23	57,12±0,75	90,1±1,2	17,2±0,3	19,14±0,28	13,15±0,21
Зольность	15,36±1,2	0,94±0,02	0,48±0,008	13,25±0,14	12,63±0,15	15,41±0,23
Посторонние примеси	не обнаружены					

Наибольшее содержание белка отмечается у петрушки - 28,31%, а наименьшее - у селдерея 12,75%. Это говорит о том, что петрушка является богатым источником белка по сравнению с другими травами. Также петрушка и базилик имеют примерно одинаковое и самое высокое содержание жиров - 3,90 и 3,96 %. Это может быть связано с наличием в этих травах эфирных масел. Максимальная влажность у красного перца - 90,11%, что указывает на его высокую сочность, тогда как у сельдерея -17,2% и базилика - 13,15 самая низкая влажность, что делает их более сухими травами. Наибольшее содержание золы обнаружено в базилике 15,41%, что может свидетельствовать о большом содержании минеральных веществ. Данные о посторонних примесях отсутствуют для всех пряных трав, что говорит о их чистоте.

Таблица 4 - Показатели минералов и витаминов в составе пряных трав.

Наименование показателей	Наименование пряных трав					
	укроп	чеснок	красный перец	сельдерей	петрушка	базилик
Витаминный состав						
Витамин А мг/кг	34,0 ± 1,7	-	665,20 ± 33,26	241 ± 12,05	199,1 ± 9,96	-
Витамин Е, г/кг	1,65 ± 0,08	-	-	4,1 ± 0,21	3,23 ± 0,16	8,6 ± 0,43

Витамин С, мг/100 г	43,5 ± 0,62	10,98 ± 0,18	250 ± 41,36	75,1 ± 0,87	103,2 ± 17,98	0,78 ± 0,14
Минеральные вещества, мг						
Железо (мг/100 г)	58,36 ± 0,75	0,96 ± 0,01	0,56 ± 0,008	17,23 ± 0,15	23,98 ± 0,36	99,36 ± 2,16
Медь (мг/100 г)	0,65 ± 0,008	0,095 ± 0,003	0,98 ± 0,003	0,56 ± 0,01	0,986 ± 0,04	3,21 ± 0,06
Цинк (мг/100 г)	4,23 ± 0,09	0,65 ± 0,006	0,56 ± 0,008	3,41 ± 0,06	6,25 ± 0,1	7,78 ± 0,12
Магний (мг/100 г)	530 ± 6,11	17,17 ± 0,18	6,3 ± 0,07	195,76 ± 3,14	437,63 ± 6,14	724,82 ± 9,52
Кальций (мг/100 г)	2100,96 ± 26,3	101,65 ± 1,29	6,98 ± 0,1	573,29 ± 7,49	1264,8 ± 15,12	2279,56 ± 26,75
Йод (мг/100 г)	-	0,0075 ± 0,00001	0,006 ± 0,00001	0,084 ± 0,0007	0,054 ± 0,0006	-
Селен (мг/100 г)	-	0,096 ± 0,00001	-	0,0057 ± 0,00001	0,035 ± 0,0003	0,005 ± 0,0001

На основе данных таблицы 4 видно, что показатели содержания минералов и витаминов в составе различных пряных трав, можно сделать следующие выводы:

Красный перец является лидером по содержанию витаминов А -665,20 мг/100 г и С – 250 мг/100 г, что делает его отличным источником антиоксидантов и полезным для зрения и иммунной системы веществ. Сельдерей также содержит большое количество витамина С -75,1мг/100 г и петрушка -103,2 мг/100 г, что подчеркивает их полезные свойства для укрепления иммунитета. Витамин Е в наибольшем количестве содержится в базилике - 8,6 мг/100 г, что делает его важным источником антиоксидантов. Также по содержанию железа лидирует базилик - 99,36 мг/100 г и укроп - 58,36 мг/100 г заметно превосходят другие травы, что может быть полезно для поддержания нормального уровня гемоглобина в крови. Укроп больше содержать магния - 530 мг/100 г по сравнению с другими травами, что способствует поддержанию нормального функционирования нервной и мышечной систем. Базилик выделяется высоким содержанием кальция 2279,56 мг/100 г, что делает ее полезной для здоровья костей. Йод в наибольшем количестве содержится в сельдерее - 0,084 мг/100 г, что может способствовать поддержанию нормального функционирования щитовидной железы. Содержание селена максимально в чесноке - 0,096%, что важно для антиоксидантной защиты организма.

В таблице 5 приведены аминокислотный состав пряных трав.

Содержание (мг/100 г): валин содержится в укропе, чесноке, красном перце, сельдерее, петрушке и базилике соответственно: 156,0±75,0; 285,0±91,0; 32,0±0,8; 25,0±11,0; 172,0±25,0; 133,0±21,0; лейцин – 146,0±34,0; 308,0±26,0; 40,0±21,0; 33,0±13,0; 197,0±32,0; 185,0±42,0; изолейцин – 201,0±25,0; 205,0±62,0; 23,0±9,0; 20,0±4,0; 203,0±24,0; 99,0±14,0; лизин – 238,0±67,0; 269,0±32,0; 32,0±5,0; 21,0±0,7; 175,0±28,0; 102,0±36,0; метионин – 15,0±0,04; 71,0±13,0; 6,0±0,1; 4,0±0,12; 38,0±4,0; 31,0±7,0; треонин- 52,0±7,0 ; 151,0±24,0; 42,0±17,0; 18,0±3,0; 114,0±14,0; 95,0±16,0; триптофан – 14,0±3,0; 60,0±12,0; 15,0±3,0; 8,0±0,6; 42,0±8,0; 31,0±17,0 и Фенилаланин – 68,0±16,0; 173,0±14,0; 88,0±17,0; 23,0±6,0; 147,0±18,0; 137,0±13,0.

Таблица 5 - Аминокислотный состав пряных трав

Наименование показателей	Наименование пряных трав					
	укроп	чеснок	красный перец	сельдерей	петрушка	базилик
	Содержание аминокислотного состава (мг/100г)					
Валин	156,0±75,0	285,0±91,0	32,0±0,8	25,0±11,0	172,0±25,0	133,0±21,0
Лейцин	146,0±34,0	308,0±26,0	40,0±21,0	33,0±13,0	197,0±32,0	185,0±42,0
Изолейцин	201,0±25,0	205,0±62,0	23,0±9,0	20,0±4,0	203,0±24,0	99,0±14,0
Лизин	238,0±67,0	269,0±32,0	32,0±5,0	21,0±0,7	175,0±28,0	102,0±36,0
Метионин	15,±0,04	71,0±13,0	6,0±0,1,0	4,0±0,12	38,0±4,0	31,0±7,0
Треонин	52,0±7,0	151,0±24,0	42,0±17,0	18,0±3,0	114,0±14,0	95,0±16,0
Триптофан	14,0±3,0	60,0±12,0	15,0±3,0	8,0±0,6	42,0±8,0	31,0±17,0
Фенилаланин	68,0±16,0	173,0±14,0	88,0±17,0	23,0±6,0	147,0±18,0	137,0±13,0

Эти растения могут быть полезными источниками аминокислот, включая незаменимые аминокислоты, которые необходимо получать с пищей, так как организм не может их синтезировать самостоятельно.

Каждая аминокислота играет свою уникальную роль: валин, лейцин и изолейцин, которые высоко представлены в чесноке и петрушке, способствуют восстановлению мышц и энергии, что особенно важно для людей, ведущих активный образ жизни. Лизин, особенно заметный в чесноке и укропе, необходим для роста тканей и синтеза коллагена. Метионин и треонин, встречающиеся в большом количестве в чесноке и петрушке, играют важную роль в обмене веществ и поддержании здоровья кожи и волос.

Выводы. На основе анализа физико-химических и биохимических свойств различных пряных трав и специй можно сделать вывод о высокой пищевой и биологической ценности данных растений. Среди исследованных образцов петрушка продемонстрировала наибольшее содержание белка — 28,31%, что позволяет рассматривать её как ценный источник растительного белка. Сельдерей, напротив, содержит наименьшее количество белка — 12,75%, но отличается высоким содержанием витамина С (75,1 мг/100 г) и йода (0,084 мг/100 г), важного для поддержания функций щитовидной железы. По содержанию жиров лидируют базилик (3,96%) и петрушка (3,90%), что может быть связано с присутствием эфирных масел. Самую высокую влажность имеет красный перец — 90,11%, что указывает на его сочность, тогда как базилик (13,15%) и сельдерей (17,2%) являются более сухими. Важным показателем является содержание золы, свидетельствующее о минеральной насыщенности. Максимальное значение отмечено у базилика — 15,41%, что коррелирует с его высоким уровнем кальция (2279,56 мг/100 г) и железа (99,36 мг/100 г). Укроп выделяется наибольшим содержанием магния — 530 мг/100 г, необходимого для нервной и мышечной системы. По содержанию витаминов красный перец является абсолютным лидером: 665,20 мг/100 г витамина А и 250 мг/100 г витамина С. Чеснок показал наивысшее содержание селена — 0,096%, обеспечивающего антиоксидантную защиту организма. Анализ аминокислотного состава подтверждает, что чеснок и петрушка богаты валином (285,0 мг/100 г и 172,0 мг/100 г соответственно), лейцином (308,0 мг/100 г и 197,0 мг/100 г) и треонином (151,0 мг/100 г и 114,0 мг/100 г), что особенно ценно для восстановления мышц, обмена веществ и поддержания иммунитета. Таким образом, пряные травы представляют собой важные

функциональные ингредиенты с высоким содержанием белка, витаминов, минералов и незаменимых аминокислот, что делает их актуальными в диетическом и лечебно-профилактическом питании.

Финансирование. *Материалы подготовлены в рамках научно-технической программы: BR24993031 «Разработка технологии приготовления полезных продуктов питания для ежедневного рациона, обогащенных природными антиоксидантами и биологически активными веществами» по проекту (мероприятие №5) «Технология производства порошков и экстрактов из пряных трав для кулинарных изделий и блюд» по бюджетной программе 217 «Развитие науки» по подпрограмме 101 «Программно-целевое финансирование субъектов научной и/или научно-технической деятельности» Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на 2024-2026 годы.*

Литература

1. Пряные травы и специи. Интернет ресурс. - 2024. URL: https://universityagro.ru - Дата обращения 10.05.2024

2. Кучменко Т.А., Абрамян М.К. Изучение состава экстрактов пряных трав в процессе сушки //Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. -2022.-Т.84, № 1(91).- С.93–98. DOI 10.20914/2310-1202-2022-1-93-98

3. Сунцова Н.Ю., Попова Е.В. Пряные растения в культуре бесермян // Ежегодник финно-угорских исследований.- 2022.-Т.16(4).- С.667–680 DOI 10.35634/2224-9443-2022-16-4-667-680

4. Рекомендуемая суточная норма потребления [Электронный ресурс] // Википедия.-URL: https://ru.wikipedia.org - Дата обращения 29.01.2025.

5. Таблица калорийности продуктов [Электронный ресурс] // Health-Diet.ru.- URL: https://health-diet.ru - Дата обращения 29.01.2025.

6. Рыкова Н.Д. Пряные травы: распространение и применение в кулинарии //Проблемы интенсивного развития животноводства и их решение: материалы конференции, Брянск, 25-26 марта 2021 года. - Брянск: Брянский государственный аграрный университет, 2021. -С.65-69.

7. Мартынова Е.В., Старовойтова Н.П. Биохимические характеристики пряностей и пряных трав//Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XXI международной научной конференции, Брянск, 18 марта 2024 года.- С.45–50.

8. Кароматов И.Д., Ганиев Р. Эффективное лечебное средство-сельдерей//Биология и интегративная медицина. -2018.- № 6(23).- С.188–201.

9. Давыдова Р. Красный перец для мясопродуктов //Мясные технологии. -2015.- № 3(147). -С.50–57.

10. Орынбасарова Б. А., Тасыбаева Ш. Б., Оралбекова Ж., Баимбетова Ж., Бекетова А. Использование пряно-ароматических растений южного Казахстана в производстве соусов-приправ//WORLD SCIENCE.- 2018.- Vol.1.- № 2(30). - С.73-78.

11. Пат.2323584 Российская Федерация, МПК A23G 3/48. Кондитерские изделия на основе травяных смесей / Лутц Кристина (CH), Рихтерих Феликс (CH); заявитель и патентообладатель PCT/CH02/00418.- № 2005105074/13; заявл.24.07.2003; приоритет 25.07.2002 (CH).- Опубл. 10.05.2008, Бюл. № С2.

12. Ушакова, А. А. Разработка фитокомпозиции и соусов-приправ с биологически активными веществами пряно-ароматических растений:автореф канд. техн. наук. -. Санкт-Петербург, 2014. - С.1-18.

13. Пат. KR10-2019-0047933 Республика Корея, МПК A23L 7/157, A23L 5/43. Травяной порошок

для жарки/Ли Хёнгён (Lee Hyunkyung); заявитель и патентообладатель Ли Хёнгён. - № 10-2017-0142337; заявл.30.10.2017.- Опубл.09.05.2019.

14. Копылова, А. В., Давыденко, Н. И., Сапожников, А. Н., Ульянова, Г. С. Использование пряного растительного сырья в технологии заварного полуфабриката // Техника и технология пищевых производств. - 2021. - Т. 51, № 4. -С.701-711. DOI 10.21603/2074-9414-2021-4-701-711

15. Пат. WO 2004/092078 A1 Всемирная организация интеллектуальной собственности, МПК C02F 3/32. Метод обработки травяной воды для процветания биологических существ /Devaraj K.; заявитель и патентообладатель PCT/IN2003/000242.- заявл.15.07.2003; приоритет 16.04.2003 (IN).- Опубл. 28.10.2004.

16. ГОСТ 33271-2015. Пряности сухие, травы и приправы овощные.-М.: Стандартинформ, 2016.- С.1-7.

17. ГОСТ 28875-90. Пряности. Приемка и методы анализа (определение влаги методом отгонки). -М.: Стандартинформ, 2011.- С.104-111.

18. ГОСТ ISO 927-2014. Пряности и приправы. Определение содержания примесей и посторонних веществ.- М.: Стандартинформ, 2015.- С.1-5.

19. ГОСТ 28876-90. Пряности и приправы. Отбор проб.- М.: Стандартинформ, 2011. -С.118-120.

20. ГОСТ ISO 6571-2016. Определение содержания эфирных масел.- М.: Стандартинформ, 2019. - С.1-11.

21. ГОСТ EN 12823-2-2014. Продукты пищевые. Определение содержания витамина А методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. -М.: Стандартинформ, 2014.-С.1-10.

22. ГОСТ EN 12822-2014. Продукты пищевые. Определение содержания витамина Е (α-, β-, γ- и δ-токоферолов) методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.-М.: Стандартинформ, 2013. -С.1-20.

23. ГОСТ 34151-2017. Продукты пищевые. Определение витамина С с помощью высокоэффективной жидкостной хроматографии.-М.: Стандартинформ, 2017.- С.1-10.

24. ГОСТ 26928-86. Продукты пищевые.Метод определения железа.-М.: Стандартинформ, 2010.- С.107-110.

25. ГОСТ 26931-86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения меди.-М.: Стандартинформ, 2010.- С.133-137.

26. ГОСТ 26934-86. Сырье и продукты пищевые. Метод определения цинка.- М.: Стандартинформ, 2010. -С.173-178.

27. ГОСТ 27076-86. Продукты пищевые и пищевое сырье. Метод определения кальция. -М.: Стандартинформ, 1993.- С.6-9.

28. ГОСТ 30615-99. Сырье и продукты пищевые. Метод определения фосфора.-М.: Стандартинформ, 2003.- С.1-4.

29. ГОСТ ISO 928-2015. Определение общего содержания золы.- М.: Стандартинформ, 2018. - С.1-3.

References

1. Prjanye travy i specii. Internet resurs. - 2024. URL:https://universityagro.ru/ovoshhevodstvo/prjanye-travy-i-specii/?ysclid=lw61pt05hp351265197- Data obrashhenija 10.05.2024. [in Russian]

2. Kuchmenko T.A., Abramjan M.K. Izuchenie sostava jekstraktov prjanyh trav v processe sushki //Vestnik

Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tehnologij. -2022.-T.84, № 1(91).- S.93–98. DOI 10.20914/2310-1202-2022-1-93-98. [in Russian]

3. Suncova N.Ju., Popova E.V. Prjanye rastenija v kul' ture besermjan // Ezhegodnik finno-ugorskih issledovanij.- 2022.-T.16(4).- S.667–680 DOI 10.35634/2224-9443-2022-16-4-667-680. [in Russian]

4. Rekomenduemaja sutochnaja norma potreblenija [Jelektronnyj resurs] // Vikipedija.- URL: https://ru.wikipedia.org - Data obrashhenija 29.01.2025. [in Russian]

5. Tablica kalorijnosti produktov [Jelektronnyj resurs]//Health-Diet.ru.-URL: https://health-diet.ru.- Data obrashhenija 29.01.2025. [in Russian]

6. Rykova N.D. Prjanye travy: rasprostranenie i primenenie v kulinarii //Problemy intensivnogo razvitija zhivotnovodstva i ih reshenie: materialy konferencii, Brjansk, 25-26 marta 2021 goda. - Brjansk: Brjanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2021. -S. 65-69. [in Russian]

7. Martynova E.V., Starovojtova N.P. Biohimicheskie harakteristiki prjanostej i prjanyh trav // Agrojekologicheskie aspekty ustojchivogo razvitija APK: materialy XXI mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii, Brjansk, 18 marta 2024 goda.- S.45–50. [in Russian]

8. Karomatov I.D., Ganiev R. Jeffektivnoe lechebnoe sredstvo-sel' derej//Biologija i integrativnaja medicina. -2018.- № 6(23).- S.188–201. [in Russian]

9. Davydova R. Krasnyj perec dlja mjasoproduktov //Mjasnye tehnologii. -2015.- № 3(147). -S.50–57. [in Russian]

10. Orynbasarova B. A., Tasybaeva Sh. B., Oralbekova Zh., Baimbetova Zh., Beketova A. Ispol' zovanie prjano-aromaticheskih rastenij juzhnogo Kazahstana v proizvodstve sousov-priprav//WORLD SCIENCE.- 2018. - Vol.1.- № 2(30). - S.73-78. [in Russian]

11. Pat.2323584 Rossijskaja Federacija, MPK A23G 3/48. Konditerskie izdelija na osnove travjanyh smesej / Lutc Kristina (CH), Rihterih Feliks (CH); zajavitel' i patentoobladatel' PCT/CH02/00418.- № 2005105074/13; zajavl.24.07.2003; prioritet 25.07.2002 (CH).- Opubl.10.05.2008, Bjul. № C2. [in Russian]

12. Ushakova, A. A. Razrabotka fitokompozicii i sousov-priprav s biologicheski aktivnymi veshhestvami prjano-aromaticheskih rastenij:avtoref kand. tehn. nauk. -. Sankt-Peterburg, 2014. - S.1-18.

13. Pat. KR10-2019-0047933 Respublika Koreja, MPK A23L 7/157, A23L 5/43. Travjanoj poroshok dlja zharki/Li Hjongjon (Lee Hyunkyung); zajavitel' i patentoobladatel' Li Hjongjon. - № 10-2017-0142337; zajavl.30.10.2017.- Opubl.09.05.2019. [in Russian]

14. Kopylova, A. V., Davydenko, N. I., Sapozhnikov, A. N., Ul' janova, G. S. Ispol' zovanie prjanogo rastitel' nogo syr' ja v tehnologii zavarnogo polufabrikata // Tehnika i tehnologija pishhevyh proizvodstv. - 2021. - T.51, № 4. -S.701-711. DOI 10.21603/2074-9414-2021-4-701-711. [in Russian]

15. Pat. WO 2004/092078 A1 Vsemirnaja organizacija intellektual' noj sobstvennosti, MPK C02F 3/32. Metod obrabotki travjanoj vody dlja procvetanija biologicheskih sushhestv /Devaraj K.; zajavitel' i patentoobladatel' PCT/IN2003/000242.- zajavl.15.07.2003; prioritet 16.04.2003 (IN).- Opubl.28.10.2004. [in Russian]

16. GOST 33271-2015. Prjanosti suhie, travy i pripravy ovoshhnye.-M.: Standartinform, 2016.- S.1-7. [in Russian]

17. GOST 28875-90. Prjanosti. Priemka i metody analiza (opredelenie vlagi metodom otgonki). -M.: Standartinform, 2011.- S.104-111. [in Russian]

18. GOST ISO 927-2014. Prjanosti i pripravy. Opredelenie soderzhanija primesej i postoronnih veshhestv.- M.: Standartinform, 2015.- S.1-5. [in Russian]

19. GOST 28876-90. Prjanosti i pripravy. Otbor prob.- M.: Standartinform, 2011. -S.118-120.

20. GOST ISO 6571-2016. Opredelenie soderzhanija jefirnyh masel.- M.: Standartinform, 2019. - S.1-11. [in Russian]

21. GOST EN 12823-2-2014. Produkty pishhevye. Opredelenie soderzhanija vitamina A metodom vysokojeffektivnoj zhidkostnoj hromatografii. -M.: Standartinform, 2014.-S.1-10. [in Russian]

22. GOST EN 12822-2014. Produkty pishhevye. Opredelenie soderzhanija vitamina E (α-, β-, γ- i δ-tokoferolov) metodom vysokojeffektivnoj zhidkostnoj hromatografii.-M.: Standartinform, 2013. -S.1-20. [in Russian]

23. GOST 34151-2017. Produkty pishhevye. Opredelenie vitamina C s pomoshh' ju vysokojeffektivnoj zhidkostnoj hromatografii.-M.: Standartinform, 2017.- S.1-10. [in Russian]

24. GOST 26928-86. Produkty pishhevye.Metod opredelenija zheleza.-M.: Standartinform, 2010.-S.107-110. [in Russian]

25. GOST 26931-86. Syr' e i produkty pishhevye. Metody opredelenija medi.-M.: Standartinform, 2010.-S.133-137. [in Russian]

26. GOST 26934-86. Syr' e i produkty pishhevye. Metod opredelenija cinka.- M.: Standartinform, 2010. -S.173-178. [in Russian]

27. GOST 27076-86. Produkty pishhevye i pishhevoe syr' e. Metod opredelenija kal' cija. -M.: Standartinform, 1993.- S.6-9. [in Russian]

28. GOST 30615-99. Syr' e i produkty pishhevye. Metod opredelenija fosfora.-M.: Standartinform, 2003.-S.1-4. [in Russian]

29. GOST ISO 928—2015. Opredelenie obshhego soderzhanija zoly.- M.: Standartinform, 2018. - S.1-3. [in Russian]

Сведения об авторах

Чоманов У.Ч. - доктор технических наук, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»,Алматы, Казахстан e-mail: chomanov_u@mail.ru;

Жумалиева Г.Е. - кандидат технических наук, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» Алматы, Казахстан, e-mail: g.zhumalieva@rpf.kz;

Асан А.Н. - магистр технических наук, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» Алматы, Казахстан, e-mail: arailym_178@mail.ru.

Information about authors

Chomanov U.Ch. - Doctor of Technical Sciences, LTD "Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry", Almaty, Kazakhstan e-mail: chomanov_u@mail.ru;

Zhumalieva G.E.-Candidate of Technical Sciences, LTD "Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry", Almaty, Kazakhstan e-mail: g.zhumalieva@rpf.kz;

Asan A.N. – Master of Technical Sciences, LTD "Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry", Almaty, Kazakhstan arailym_178@mail.ru.

ҒТАМР 65.65.03 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-746**

ЭМУЛЬСИЯЛЫҚ ӨНІМДЕРДІ АЛУДА КҮНБАҒЫС ЖӘНЕ ЗЫҒЫР МАЙЛАРЫН ЗЕРТТЕУ

М.Е. Смагулова, Ш.Ж. Жасқайрат✉, С.К. Таджибаева, С.Б. Мағауия

Астана медицина университеті КеАҚ, Астана, Қазақстан

✉Корреспондент-автор: shynarai_92@mail.ru

Бұл мақалада күнбағыс және зығыр майларының органолептикалық және физико-химиялық көрсеткіштері, сонымен қатар құрамындағы Е дәруменінің мөлшері, күнбағыс және зығыр майларының май қышқылдық құрамының талдау нәтижелері көрсетілген. Талдау нәтижелері бойынша күнбағыс майында қышқылдық саны 0,3 мг КОН/г болса, зығыр майында 0,7 мг КОН/г мөлшерге ие. Ылғал мен ұшпа заттардың массалық үлесі мен белсенді көміртегінің тотығу сандары бірдей. Өсімдік майларындағы Е дәруменінің мөлшері күнбағыс майында 20,05 мг құраса, ал зығыр майында 38,08 мг мөлшерге ие. Сонымен қатар күнбағыс майында зығыр майымен салыстырғанда қаныққан май қышқылдары да (күнбағыс майында С16:0 – 5,9, С18:0 – 3,2, С22:0 – 0,6; зығыр майында С16:0 – 4,4, С18:0 – 3,2, С22:0 – жоқ) моноқанықпаған май қышқылдары да (күнбағыс майында С16:1 – 0,1, С18:1 – 23,8, С20:1 - жоқ, зығыр майында С16:1 – жоқ, С18:1 – 14,4, С20:1 – жоқ) қанықпаған май қышқылдары да (күнбағыс майында С18:2- 66,4, С18:3 - жоқ зығыр майында С18:2- 15,1, С18:3 – 62,9) едәуір жоғары мөлшерде. Алынған нәтижелер өсімдік шикізаты негізінде эмульсиялық өнімдерді алуда пайдалы болады.

Түйін сөздер: күнбағыс майы, зығыр майы, физико-химиялық көрсеткіштер, органолептикалық көрсеткіштер, Е дәрумені мөлшері, май қышқылдық құрамы

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДСОЛНЕЧНОГО И ЛЬНЯНОГО МАСЕЛ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЭМУЛЬСИОННЫХ ПРОДУКТОВ

М.Е. Смагулова, Ш.Ж. Жасқайрат✉, С.К. Таджибаева, С.Б. Мағауия

НАО “Медицинский университет Астана”, Астана, Казахстан,
e-mail: shynarai_92@mail.ru

В данной статье представлены органолептические и физико-химические показатели подсолнечного и льняного масел, а также содержание в них витамина Е, результаты анализа жирно-кислотного состава подсолнечного и льняного масел. По результатам анализа, подсолнечное масло имеет кислотное количество 0,3 мг КОН/г, льняное масло имеет содержание 0,7 мг КОН/г. Массовая доля влаги и летучих веществ и число окисления активного углерода одинаковы. Содержание витамина Е в растительных маслах составляет 20,05 мг в подсолнечном масле и 38,08 мг в льняном масле. Кроме того, подсолнечное масло содержит как насыщенные жирные кислоты по сравнению с льняным маслом (подсолнечное масло содержит С16:0 – 5,9, С18:0 – 3,2, С22:0 – 0,6; льняное масло содержит с16:0 – 4,4, С18:0 – 3,2, С22:0 – нет), так и мононенасыщенные жирные кислоты (подсолнечное масло содержит с16:1 – 0,1, С18:1 - 23,8, С20:1 – нет, в льняном масле 16:1 – нет, С18:1 – 14,4, С20:1 - нет) также ненасыщенные жирные кислоты (в подсолнечном масле С18:2-66,4, С18:3-нет; в льняном масле С18: 2– 15,1, С18:3-62,9) в значительно более высоких количествах. Полученные результаты будут полезны при получении эмульсионных продуктов на основе растительного сырья.

Ключевые слова: подсолнечное масло, льняное масло, физико-химические показатели, органолептические показатели, содержание витамина Е, жирно-кислотный состав

INVESTIGATION OF SUNFLOWER AND LINSEED OILS IN THE PRODUCTION OF EMULSION PRODUCTS

M.E. Smagulova, Sh.Zh. Zhaskairat✉, S.K. Tadjibayeva, S.B. Magauiya

NAO “Astana Medical University”, Kazakhstan, Astana,
e-mail: shynarai_92@mail.ru

This article presents the organoleptic and physico-chemical parameters of sunflower and linseed oils, as well as the content of vitamin E in them, the results of the analysis of the fatty acid composition of sunflower and linseed oils. According to the analysis results, sunflower oil has an acid content of 0.3 mg KOH/g, linseed oil has a content of 0.7 mg KOH/g. The mass fraction of moisture and volatile substances and the oxidation number of active carbon are the same. The vitamin E content in vegetable oils is 20.05 mg in sunflower oil and 38.08 mg in linseed oil. In addition, sunflower oil contains both saturated fatty acids compared to linseed oil (sunflower oil contains C16:0 – 5.9, C18:0 – 3.2, C22:0 – 0.6; linseed oil contains c16:0 – 4.4, C18:0 – 3.2, C22:0 – none), and and monounsaturated fatty acids (sunflower oil contains c16:1 – 0.1, C18:1 - 23.8, C20:1 – none, in linseed oil 16:1 – none, C18:1 – 14.4, C20:1 - none) also unsaturated fatty acids (in sunflower oil C18:2-66.4, C18:3-none; in linseed oil C18: 2– 15.1, C18:3-62.9) in significantly higher quantities. The results obtained will be useful in the production of emulsion products based on vegetable raw materials.

Keywords: sunflower oil, linseed oil, physico-chemical parameters, organoleptic parameters, vitamin E content, fatty acid composition

Кіріспе. Нақты тамақтануды талдау және бағалау Қазақстанның әртүрлі өңірлеріндегі халықтың тамақтану рационы жануарлардан алынатын майларды және оңай сіңірілетін көмірсуларды шамадан тыс тұтынумен сипатталады, сонымен қатар халықтың көпшілігі үшін тамақтану рационы полиқанықпаған май қышқылдарына (омега-3 және омега-6) еритін және еримейтін диеталық талшықтар (пектин, целлюлоза және т. б.), дәрумендер (В, Е топтары), табиғи витаминге тәрізді заттардың кең спектрі (L-карнитин, убихинин, холин, метилметионинульфоний, липой қышқылы және т.б.), макроэлементтер (кальций және т.б.), микроэлементтерге (йод, темір, селен, мырыш және т.б.) тапшы екенін көрсетеді [1].

Қазіргі уақытта Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының ақпараттары бойынша майдың тәуліктік қолданылуы адамның 1 кг салмағына шаққанда 1,4-2,2 г құрайды. Яғни 63-158 кг, бұл көрсеткіш адамның жынысына, жасына, еңбек жасау түріне және тұрғылықты жердің ауарайына байланысты. Бұлардың ішіндегі жануар тектес май 70%, ал өсімдік тектес 30% құрайды [2].

Тамақпен қолданылатын майлардың түрі және саны адам денсаулығын сақтау үшін және жүрек-тамыры ауруларының профилактикасына әсері бар. Тамақпен бірге көп мөлшердегі холестеринді және қанықпаған май қышқылын (жануар тектес) пайдалану атеросклероздың пайда болуына әсер етеді. Тамақтағы артық майлардың әсерінен семіру, жүрек-тамыры аурулары және қатерлі ісік аурулары болады [3].

Қазіргі таңда эмульсиялық өнімдерді пайдалану қарқынды дамып келеді. Бағытталған өсімдік майы негізінде майонез, тұздық, спредтер мен маргарин тәрізді әртүрлі майлы және калориялы өнімдер ассортиментін өндіру мүмкін [4].

Майонезді тұздықтардың ғылыми негіздерін қалыптастыруда С.А. Королев, А.Ф.Войткевич, Д.А.Граников, В.М.Богданов, И.И.Климовский, М.Р.Гибшман, А.В.Гудковтың, З.Х.Диланян және басқа да отандық және шетелдік ғалымдар жұмыстары маңызды рөлге ие болды. Майонез құрамының көп компонентті болуын және эмульгаторлық компонент ретінде шикізаттың түрлі ассортиментін пайдалану мүмкіндігін ескерсек, өндірілетін өнім ассортиментін кеңейту перспективалары өте әсерлі болып табылады. Азық-түлік технологиясын дамытудағы негізгі үрдіс физиологиялық функционалды тамақтануға арналған өнімдерді өндіру болып табылады [5].

Эмульсиялық өнімдер құруда жаңа бағыт – рецептураға байыту деңгейін микронутриенттер, биологиялық активті заттарды жеткілікті мөлшерде түсуді қамтамасыз ететіндей дәрежеге жеткізу және шектеулі мөлшерде эссенциальді тағамдық заттармен байыту [6].

Азық-түлік эмульсиялары жаңа функционалды өнімдерді жасау үшін перспективті болып табылады. Алайда, бұл салада суда және майда еритін биологиялық белсенді заттарды да байыту әдістерін және осы қосылыстардың алынған өнімдердің сапасына әсерін зерттеу қажет [7].

Жаңа тамақ өнімдерін құрудың отандық және шет ел ғылыми-техникалық ақпараттардың аналитикалық шолуы мен теориялық және тәжірибелік зерттеулері келесідей қорытындыға келген, адам организміне маңызды өсімдік майларының заттары: фосфолипидтер, полиқанықпаған май қышқылдары, майда еритін дәрумендер және микроэлементтер коп болып табылады [8]. Сондықтан функциональдық бағыттағы эмульсиялық өнімдер рецептурасын құрастыруда сапалы өсімдік майларын қолдану қажет.

Материалдар мен әдістер. Зерттеу нысаны ретінде С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің «Тамақ және қайта өңдеу өндірісінің технологиясы» кафедрасындағы «Майлы дақылдарды қайта өңдеуге арналған тәжірибелік-өндірістік цехында» өндірілген зығыр және күнбағыс майлары алынды. Жұмыс барысында қолданылатын барлық компоненттер қолданыстағы нормативтік-техникалық құжаттаманың талаптарына сәйкес.

Өсімдік майларын зерттеу әдістері. Ылғал мен ұшпа заттардың массалық үлесін МЕМСТ 11812-2022 сәйкес анықталды. Бұл әдістің мәні - талданатын үлгіні 103±2°С температурада ылғал мен ұшқыш заттар толық жойылғанға дейін қыздыру және оның массалық шығынын анықтау.

Майдың түстік көрсеткішін Лобивонд шкаласы арқылы анықтау МЕМСТ 5477-2015. Бұл әдіс белгілі оптикалық жол ұзындығы бар сұйық май қабаты арқылы жарық өткенде алынған түс сипаттамасын бір көзден келетін жарық стандартты түсті көзілдірік арқылы өткенде алынған түс сипаттамасымен салыстыруға негізделген. Нәтижелер шартты Ловибонд бірліктерімен көрсетіледі.

Майдың қышқылдығын анықтау МЕМСТ 31933-2012. Майдың қышқылдығын анықтау үшін титриметриялық әдіс қолданылды. Бұл әдіс үлгіні аралас еріткіште ерітуден, калий гидроксиді ерітіндісіндегі бос май қышқылдарын титрлеуден тұрады.

Өсімдік майының тотығу санын анықтау МЕМСТ 24104-2001 сәйкес орындалды. Бұл әдіс өсімдік майлары тотығу өнімдерінің сірке қышқылы мен хлороформ ерітіндісіндегі калий йодидімен әрекеттесу реакциясына және кейіннен натрий тиосульфаты ерітіндісімен бөлінетін йодты титриметриялық әдіспен сандық анықтауға негізделген.

Май құрамындағы сабынды анықтау МЕМСТ ГОСТ 5480-2023 сай жүргізілді. Сапалы әдіс - табиғи май қышқылдарынан сілтілік тазартудан кейін тазартылған майларда сабынның (бос май қышқылдарының натрий тұздары) болмауын анықтайды.

Өсімдік майларындағы Е дәруменінің мөлшері

МЕМСТ EN 12822-2020 сәйкес анықталды. Бұл әдіс токоферолдарды өнімділігі жоғары сұйық хроматографиямен (HPLC) сынаманың ерітіндісінде фотометриялық (ультракүлгін аймақта) немесе флуорометриялық анықтаумен негізделген. Сынама ерітіндісін дайындау үшін көп жағдайда сынама материалын сабындандыру, кейіннен талдауларды экстракциялау қажет.

Майлардың теңдестірілген қоспасының компоненттік құрамын есептеу әдісі. Эксперименттік талдаудың сандық мәліметтерін өңдеу техникасы өсімдік майлары теңдеулер жүйесін шешуге негізделген. Бастапқы деректер линол және линолен қышқылдарының қатынасы болып табылады аралас жүйе, ал шығыс – пайыз теңдестірілген қоспадағы өсімдік майлары.

Өсімдік майларының екі компонентті қоспаларының құрамын есептеу бір қадаммен жүзеге асырылады. Кезеңнің мақсаты – екі негізгі компоненттің қатынасын анықтау.

Екі компонентті май қоспадасындағы өсімдік майларының массалық үлесін есептеу келесі формула бойынша анықтайды:

$$\frac{m_a \times c_a^1 + m_b \times c_b^1}{m_a \times c_a^2 + m_b \times c_b^2} \qquad (1)$$

$$m_a + m_b = 1$$

Мұндағы m_a - бірінші өсімдік майының массасы, кг;

m_b - екінші өсімдік майының массасы, кг;

c_a^1 - өсімдік майындағы линол қышқылының концентрациясы, %;

c_a^2 - өсімдік майындағы линол қышқылының концентрациясы, %;

c_b^1 - өсімдік майындағы линолен қышқылының концентрациясы, %;

c_b^2 - өсімдік майындағы линолен қышқылының концентрациясы, %;

Теңдеулер жүйесі m_a және m_b қатысты шешіледі. Нәтижесінде май қоспалары берілген оптималды ω-3 және ω-6 май қышқылдарын құрайды.

Нәтижелер мен талқылау. 1-кестеде кестеде күнбағыс және зығыр майларының органолептикалық және физико-химиялық көрсеткіштері көрсетілген.

1 - кесте. Өсімдік майларының органолептикалық және физико-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіш атауы	Күнбағыс майы	Зығыр майы
Иісі мен дәмі	Бөгде иіс және ащы дәм жоқ, күнбағыс майына тән	Бөгде иіс және ащы дәм жоқ, зығыр майына тән
Түсі	Ашық-сары	Алтын түстес
Түстік саны, мг йод	6	20
Қышқылдық саны, мг КОН/г, көп емес	0,3	0,7
Тотығу саны, моль белсенді көміртегінің/кг	4,0	4,0
Ылғал мен ұшпа заттардың массалық үлесі, %	0,10	0,10
Сабын(сапалы сынама)	Жоқ	Жоқ

2 - кесте. Өсімдік майларындағы Е дәруменінің мөлшері

Өсімдік майының түрі	Мөлшері (100 мл.), мг
Күнбағыс майы	20,05
Зығыр майы	38,08

Талдау нәтижесінде барлық майлар сапалы, өйткені олар белгіленген талаптарға сәйкес келеді және әрі қарай жұмыста қолданыста болуы мүмкін. Бұл мәндер МЕМСТ - та белгіленген стандарттарға сәйкес келеді:

- күнбағыс майы үшін ҚР СТ МЕМСТ Р 52465-2010;

- зығыр майы үшін ҚР СТ 2645-2015.

Мухаметов А. Е., Аскарбеков Э.Б. және т.б. ғалымдар өздерінің «Өсімдік майларының қоспасынан дайындалатын майлы өнімдердің сапалық көрсеткіштерін зерттеу» тақырыбындағы жарияланымдарында күнбағыс және зығыр майларының органолептикалық және физико-химиялық көрсеткіштерін көрсеткен [9].2-кестеде кестеде күнбағыс және зығыр майларының Е дәруменінің мөлшері көрсетілген.

Майлардың құрамындағы токоферолдардың, яғни Е витаминінің болуын атап өткен жөн - бұл

табиғи антиоксидант болып саналады. Алимарданова М., Матибаева А., Джетписбаева Б. өздерінің оқу құралдарында өсімдік майларындағы Е дәруменінің мөлшерін толыққанды көрсеткен [10]. 3-кестеде кестеде күнбағыс және зығыр майларының май қышқылдық құрамының көрсеткіштерінің талдау нәтижелері көрсетілген.

3-кесте. Өсімдік майларының май қышқылдық құрамы, %

Май қышқылының атауы	Белгіленуі	Күнбағыс майының май қышқылды құрамы (май қышқылы жиынтығына)	Зығыр майының май қышқылды құрамы (май қышқылы жиынтығына)
Қаныққан май қышқылдары	C16:0	5,9	4,4
	C18:0	3,2	3,2
	C22:0	0,6	-
Моноқанықпаған май қышқылдары	C16:1	0,1	-
	C18:1	23,8	14,4
	C20:1	-	-
Полиқанықпаған май қышқылдары	C18:2	66,4	15,1
	C18:3	-	62,9
	C20:2	-	-

ω-3: ω-6 қышқылдарының қатынасы бойынша теңдестірілген өсімдік майларының қоспасын жасау үшін, өсімдік майларының май қышқылды құрамы эксперименталды түрде зерттелді. Сызықтық программалау әдісін қолдану дұрыс тамақтану үшін ұсынылған 1:4 қатынасында ω-3 және ω-6 май қышқылдарының құрамы бар өсімдік майларының қоспасын жасауға мүмкіндік берді. Өсімдік майларының қоспасы келесідей қатынаста алынды: күнбағыс: зығыр = 75%:25%.

Айдарханова Г.С., Сатаева Ж.И. және т.б. ғалымдар өсімдік майлары туралы биологиялық белсенді органикалық компоненттер мен минералдардың құрамына байланысты тамақ және фармацевтика салалары үшін құнды мультивитаминдік өнімдер ретінде өсімдік майлары туралы ақпаратқа қысқаша талдау жасаған [11]. Далабаев А. Б. және т.б. ғалымдар да өсімдік майларының май қышқылдық құрамына тереңірек тоқталып өткен [12].

Қорытынды. Жаңа эмульсиялық өнім үшін майлы фазаны жасау кезінде оның май қышқылының құрамын ω-6 және ω-3 қышқылдары бойынша теңдестіруге қол жеткізу мақсаты қойылған. Ол үшін әр түрлі май қышқылы топтарына жататын өсімдік майлары қосылуы керек. Жоғарыда аталған талаптарға сәйкес келетін май негізін құрудың ең жақсы тәсілі-май қышқылының әртүрлі құрамын таңдау. Алдын-ала әдеби талдау негізінде келесідей майлар таңдалды: күнбағыс және зығыр майы.

Талдау нәтижесінде екі майда сапалы, өйткені олар белгіленген талаптарға сәйкес келді. Қышқылдық саны күнбағыс майында 0,3 мг КОН/г болса, зығыр майында 0,7 мг КОН/. Тотығу саны мен ылғал және ұшпа заттардың массалық үлесі екі майда да бірдей көрсеткіш көрсетті: 4,0 моль, 0,10 %

Өсімдік майларындағы Е дәруменінің мөлшері күнбағыс майында 20,05 мг, ал зығыр майында 38,08 мг көрсетті.

Күнбағыс майының май қышқылды құрамы зығыр майымен салыстырғанда жоғары көрсет-

кішке ие болды.

Жаңа өнімді әзірлеу үшін шикізат жоғары сапалы болуы керек болғандықтан, барлық майлар органолептикалық және физика-химиялық көрсеткіштері көрсеткіштері бойынша тексерілді. Нәтижелері кестелерге салынды.

Әдебиеттер

1. Мухаметов А.Е. Ассортимент, качество и востребованность майонезной продукции в Казахстане// Проблемы агрорынка. -2022. -№ 1. –С. 144-152. DOI 10.46666/2022-1.2708-9991.17

2. Шендеров, Б.А. Современное состояние и перспективы развития концепции «Функциональное питание» // Пищевая промышленность. – 2013. - №5. -С.4-5.

3. Ипатова Л. Г. и др. Жировые продукты для здорового питания. Современный взгляд //М.: ДеЛи принт. - 2009. - С.368-391. ISBN 978-5-94343-206-4

4. Анализ рынка майонеза в Казахстане / Маркетинговые исследования. – Алматы: Tebiz Group, 2021. – 82 с. – URL: https://tebiz.ru/mi/analiz-rynka-majoneza-v-kazakhstane. Дата обращения: 25.02.2025.

5. Журавко Е.В., Грузинов Е.В. «Майонез Диабетический с экстрактом стевии» // Масложировая промышленность – 2004- №.2.- С.41-42.

6. Волкова, Н. Н. Разработка способа получения низкокалорийных эмульсионных соусов на основе натуральных ингредиентов: дис. … канд. техн. наук: 05.18.06 / Волкова Наталия Николаевна. – Москва, 2008. – 131 с.

7. Доронин, А.Ф. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологии / А.Ф. Доронин, Л.В. Ипатова, А.А. Кочеткова, А.П. Нечаев, С.А. Хуршудян, О.Г. Шубина. – М.: ДеЛи принт.2009. – 286 с.- С.89-93

8. Гаврилова, Д. В. Разработка и товароведная оценка майонеза и майонезного соуса для здорового питания с пектином: дис. … канд. техн. наук / Гаврилова Дарья Викторовна. – Москва, 2014. – 147 с.

9. Мухаметов, А.Е., Аскарбеков, Э.Б., Ербулекова, М.Т., Сейсеналы, М.Е. Өсімдік майларының қоспасынан дайындалатын майлы өнімдердің сапалық көрсеткіштерін зерттеу // Алматы технологиялық университетінің хабаршысы. – 2022. – № 4. – С.61–68. DOI 10.48184/2304-568X-2022-4-61-68.

10. Алимарданова М., Матибаева А., Джетписбаева Б. Тағамдық майлардың, сүт және сүт өнімдерінің тауартануы және сараптау: оқу құралы – 2019. -256 б. ISBN 978-601-302-947-4

11. Aidarkhanova, G. S., Satayeva, Zh. I., Jakanova, M. T., Seilkhanov, T. M. Assessment of quality and food safety of vegetable oils produced in various regions of Kazakhstan // Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. – 2021. – Vol.3(337). – P. 5–11. DOI 10.32014/2021.2518-1483.41.

12. Далабаев А.Б., Жүнісова Қ.З., Альжаксина Н.Е. Түрлі өсімдік майларындағы глицидил эфирлерінің мөлшерін анықтау // С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің Ғылым жаршысы. -2022. -№3 (114). -Ч.1. -С.36–45. DOI 10.51452/kazatu.2022.3(114).1107

References

1. Muhametov A.E. Assortiment, kachestvo i vostrebovannost’ majoneznoj produkcii v Kazahstane// Problemy agrorynka. -2022. -№ 1. –S.144-152. DOI 10.46666/2022-1.2708-9991.17. [in Russian]

2. Shenderov, B.A. Sovremennoe sostojanie i perspektivy razvitija koncepcii «Funkcional’ noe pitanie» // Pishhevaja promyshlennost’. – 2013. - №5. -S.4-5. [in Russian]

3. Ipatova L. G. i dr. Zhirovye produkty dlja zdorovogo pitanija. Sovremennyj vzgljad //M.: DeLi print. - 2009. - S.368-391. ISBN 978-5-94343-206-4. [in Russian]

4. Analiz rynka majoneza v Kazahstane / Marketingovye issledovanija. – Almaty: Tebiz Group, 2021. – 82 s. – URL: https://tebiz.ru/mi/analiz-rynka-majoneza-v-kazakhstane. Data obrashhenija: 25.02.2025. [in Russian]

5. Zhuravko E.V., Gruzinov E.V. «Majonez Diabeticheskij s jekstraktom stevii» // Maslozhirovaja promyshlennost' – 2004- №. 2. - S.41-42. [in Russian]

6. Volkova, N. N. Razrabotka sposoba poluchenija nizkokalorijnyh jemul' sionnyh sousov na osnove natural' nyh ingredientov: dis. … kand. tehn. nauk: 05.18.06 / Volkova Natalija Nikolaevna. – Moskva, 2008. – 131 s. [in Russian]

7. Doronin, A.F. Funkcional' nye pishhevye produkty. Vvedenie v tehnologii / A.F. Doronin, L.V. Ipatova, A.A. Kochetkova, A.P. Nechaev, S.A. Hurshudjan, O.G. Shubina. – M.: DeLi print.2009. – 286 s.- S.89-93. [in Russian]

8. Gavrilova, D. V. Razrabotka i tovarovednaja ocenka majoneza i majoneznogo sousa dlja zdorovogo pitanija s pektinom: dis. … kand. tehn. nauk / Gavrilova Dar' ja Viktorovna. – Moskva, 2014. – 147 s. [in Russian]

9. Muhametov, A.E., Askarbekov, Je.B., Erbulekova, M.T., Sejsenaly, M.E. Osimdik majlarynyn kospasynan dajyndalatyn majly ónimderdiń sapalyq kórsetkishterin zertteu // Almaty tehnologijalyk universitetinin habarshysy. – 2022. – № 4. – S.61–68. DOI 10.48184/2304-568X-2022-4-61-68.[in Kazakh]

10. Alimardanova M., Matibaeva A., Dzhetpisbaeva B. Tarамdyq majlardyń, sýt zhəne sýt ónimderiniń tauartanuy zhəne saraptau: oqu qýraly – 2019. -256 b. ISBN 978-601-302-947-4.[in Kazakh]

11. Aidarkhanova, G. S., Satayeva, Zh. I., Jakanova, M. T., Seilkhanov, T. M. Assessment of quality and food safety of vegetable oils produced in various regions of Kazakhstan // Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.-2021.-Vol.3(337). -P.5–11. DOI 10.32014/2021.2518-1483.41.

12. Dalabaev A.B., Zhýnisova Q.Z., Al' zhaksina N.E. Týrli ósimdik majlaryndaғy glicidil jefirleriniń mólsherin anyqtau // S.Sejfullin atyndaғy Qazaq agrotehnikalyq universitetiniń Ғylym zharshysy. -2022. -№3 (114). -Ch.1. -S.36–45. DOI 10.51452/kazatu.2022.3(114).1107. [in Kazakh]

Авторлар туралы мәліметтер

Смагулова М.Е. - химия ғылымдарының кандидаты, Астана медицина университеті, Академик Е.Д. Даленов атындағы профилактикалық медицина ғылыми-зерттеу институты «Денсаулық Диагностикасы» зертханасының меңгерушісі, Астана, Қазақстан қаласы, e-mail: mirgul.smagulova@bk.ru;

Жасқайрат Ш.Ж. - т.ғ.м., жетекші ғылыми қызметкер, Астана медицина университеті, Академик Е.Д. Даленов атындағы профилактикалық медицина ғылыми-зерттеу институты, Астана, Қазақстан, e-mail: shynarai_92@mail.ru;

Таджибаева С.К. - м.ғ.к., жетекші ғылыми қызметкер, Астана медицина университеті, Академик Е.Д. Даленов атындағы профилактикалық медицина ғылыми-зерттеу институты, Астана, Қазақстан, e-mail: tardzhibaeva.s@amu.kz;

Мағауия С.Б. - кіші қызметкер, Астана медицина университеті, Академик Е.Д. Даленов атындағы профилактикалық медицина ғылыми-зерттеу институты, Астана, Қазақстан, e-mail: htnhto@mail.ru

Information about the authors

Smagulova M. E. - candidate of chemical sciences, Astana Medical University, Research Institute of Preventive Medicine named after academician E.D. Dalenov, head of the laboratory "Diagnostics of Health", Astana, Kazakhstan, e-mail: mirgul.smagulova@bk.ru;

Zhaskairat Sh. Zh. - leading researcher, Astana Medical University, Research Institute of Preventive Medicine named after academician E.D. Dalenov, Astana, Kazakhstan, e-mail: shynarai_92@mail.ru;

Tajibayeva S. K. - Ph.D, leading researcher Astana Medical University, Research Institute of Preventive Medicine named after

academician E.D. Dalenov, Astana, Kazakhstan, e-mail: tardzhibaeva.s@amu.kz;

Magauiya S. B.- junior employee, Astana Medical University, Research Institute of Preventive Medicine named after academician E.D. Dalenov, Astana, Kazakhstan, e-mail: htnhto@mail.ru.

МРНТИ 65.09.03 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-829**

ИССЛЕДОВАНИЕ СЫРЬЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ДОБАВОК ИММУНОМОДУЛИРУЮЩЕЙ НАПРАВЛЕННОСТИ

Г.Е. Жумалиева, У.Ч. Чоманов, Э.К. Шоман, А.Ғ. Оғазова, Ш.Н. Акжолтаева

ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Алматы, Казахстан

Корреспондент-автор: guljan_7171@mail.ru, o.aidana_01@mail.ru

Статья посвящена оценке биологически активных растительных компонентов для разработки добавок, способствующих укреплению иммунной системы. В условиях роста интереса к натуральным продуктам, использование пророщенных овса, ячменя, корня солодки и топинамбура в качестве сырья для создания БАД становится актуальной задачей в области питания и здравоохранения. Цель исследования заключается в изучении физико-химических, биологических свойств этих растений, а также их аминокислотного состава, содержания витаминов, минералов и других активных соединений, способствующих поддержанию иммунной функции организма.

Материалы и методы исследования включают отбор пророщенного овса, ячменя, корня солодки и топинамбура для анализа. Исследования проводились в научно-исследовательской лаборатории АО «Алматинский технологический университет», где был выполнен физико-химический и микробиологический анализ образцов для оценки их безопасности и качества. Этот этап исследования позволил выявить важные характеристики растительных компонентов, которые могут быть использованы для разработки новых функциональных продуктов.

Полученные результаты показали, что пророщенные овес и ячмень обладают улучшенными питательными свойствами. Ячмень прорастал быстрее, что может способствовать увеличению его биологической активности, а овес содержал больше белка, что делает его ценным источником для добавок. Топинамбур и корень солодки богаты витаминами, минералами, клетчаткой и незаменимыми аминокислотами, такими как лизин и метионин. Микробиологические исследования подтверждают безопасность этих продуктов, что позволяет рекомендовать их использование в составе биологически активных добавок.

Заключение исследования подчеркивает, что пророщенные овес и ячмень, топинамбур и корень солодки могут стать перспективными компонентами для разработки БАД, способствующих улучшению иммунной функции и общего состояния здоровья. Эти продукты обладают высокой питательной ценностью, содержат важные нутриенты, что делает их полезными для включения в рацион с целью профилактики заболеваний и укрепления организма.

Ключевые слова: биологически активная добавка, корень солодки, овес, пророщенное семя, топинамбур, ячмень.

ИММУНОМОДУЛЯТОРЛЫҚ БАҒДАРДАҒЫ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ҚОСПАЛАРДЫ ӘЗІРЛЕУГЕ АРНАЛҒАН ШИКІЗАТТЫ ЗЕРТТЕУ

Г.Е. Жумалиева, У.Ч. Чоманов, Э.К. Шоман, А.Ғ. Оғазова, Ш.Н. Акжолтаева

«Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Алматы, Казақстан, e-mail: guljan_7171@mail.ru, o.aidana_01@mail.ru

Мақала иммундық жүйені нығайтуға көмектесетін қоспаларды әзірлеу үшін биологиялық белсенді өсімдік компоненттерін бағалауға арналған. Табиғи өнімдерге деген қызығушылықтың артуы жағдайында өсірілген сұлы, арпа, мия тамыры және топинамбурды тағамдық қоспалар жасау үшін шикізат ретінде пайдалану тамақтану және денсаулық сақтау саласындағы өзекті мәселеге айналуда. Зерттеудің мақсаты - бұл өсімдіктердің физика-химиялық және биологиялық қасиеттерін, сондай-ақ

олардың аминқышқылдарының құрамын, витаминдердің, минералдардың және организмнің иммундық қызметін сақтауға көмектесетін басқа да белсенді қосылыстардың мазмұнын зерттеу.

Зерттеудің материалдары мен әдістеріне талдау үшін өсірілген сұлы, арпа, мия тамыры және топинамбурды таңдау кіреді. Зерттеулер «Алматы технологиялық университеті» АҚ ғылыми-зерттеу зертханасында жүргізілді, онда үлгілердің қауіпсіздігі мен сапасын бағалау үшін физикалық - химиялық және микробиологиялық талдаулар жүргізілді. Зерттеудің бұл кезеңі жаңа функционалды өнімдерді жасау үшін қолданылатын өсімдік компоненттерінің маңызды сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік берді.

Алынған нәтижелер көктеп шыққан сұлы мен арпаның қоректік қасиеттерінің жақсарғанын көрсетті. Арпа тезірек өсіп шықты, бұл оның биологиялық белсенділігін арттыруға ықпал етуі мүмкін, ал сұлы құрамында көбірек ақуыз болды, бұл оларды қоспалар үшін құнды көз етеді. Топинамбур мен мия тамыры витаминдерге, минералдарға, талшықтарға және лизин мен метионин сияқты маңызды аминқышқылдарына бай. Микробиологиялық зерттеулер бұл өнімдердің қауіпсіздігін растайды, бұл бізге оларды диеталық қоспаларда пайдалануды ұсынуға мүмкіндік береді.

Зерттеу қорытындысында өсірілген сұлы мен арпа, топинамбур және мия тамыры иммундық функцияны және жалпы денсаулықты жақсартатын тағамдық қоспаларды әзірлеу үшін перспективалы компоненттер болуы мүмкін екенін көрсетеді. Бұл тағамдардың тағамдық құндылығы жоғары және құрамында маңызды қоректік заттар бар, оларды аурулардың алдын алу және денені нығайту үшін рационға қосу пайдалы.

Түйін сөздер: биологиялық белсенді қоспа; мия тамыры; сұлы; өскен тұқым; топинамбур; арпа.

RESEARCH OF RAW MATERIALS FOR THE DEVELOPMENT OF BIOLOGICALLY ACTIVE ADDITIVES WITH IMMUNOMODULATORY FOCUS

G.E. Zhumalieva✉, U.Ch. Chomanov, A.K. Shoman, A.G. Ogazova✉, Sh.N. Akzholtaeva

LLC ”Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry”, Almaty, Kazakhstan
e-mail: guljan_7171@mail.ru, o.aidana_01@mail.ru

The article is devoted to the evaluation of biologically active plant components for the development of supplements that help strengthen the immune system. In the context of growing interest in natural products, the use of sprouted oats, barley, licorice root and Jerusalem artichoke as raw materials for the creation of dietary supplements is becoming an urgent task in the field of nutrition and health care. The purpose of the study is to study the physicochemical, biological properties of these plants, as well as their amino acid composition, content of vitamins, minerals and other active compounds that help maintain the body’ s immune function.

Materials and methods of the study include the selection of sprouted oats, barley, licorice root and Jerusalem artichoke for analysis. The studies were conducted in the research laboratory of JSC ”Almaty Technological University”, where physicochemical and microbiological analysis of the samples was performed to assess their safety and quality. This stage of the study revealed important characteristics of plant components that can be used to develop new functional products.

The results showed that sprouted oats and barley have improved nutritional properties. Barley sprouted faster, which may increase its biological activity, and oats contained more protein, making them a valuable source for supplements. Jerusalem artichoke and licorice root are rich in vitamins, minerals, fiber, and essential amino acids such as lysine and methionine. Microbiological studies confirm the safety of these products, which allows us to recommend their use in dietary supplements. The conclusion of the study emphasizes that sprouted oats and barley, Jerusalem artichoke and licorice root may be promising components for the development of dietary supplements that help improve immune function and overall

health. These products have high nutritional value, contain important nutrients, which makes them useful for inclusion in the diet for the purpose of disease prevention and strengthening the body.

Keywords dietary supplement, licorice root, oats, sprouted seed, Jerusalem artichoke; sprouted seeds, barley.

Введение. Задачей любой страны является корректировка питания ее жителей согласно требованиям времени. По этой причине в различных странах мира по инициативе Всемирной организации здравоохранения начались разработки пищевых добавок, которое стремительно получили широкое распространение. В состав данных БАД входят натуральные биологические активные компоненты, необходимые для саморегулирования организма [1].

В идеале все необходимые для здоровья вещества следует получать из пищи: овощей и фруктов, мяса и рыбы, молочных продуктов. Для этого питание должно быть разнообразным и сбалансированным. Но подобным может похвастаться менее 1% взрослого населения. Поэтому не будет преувеличением утверждение, что БАД нужны всем, кроме грудных младенцев [2].

В условиях современного мира наблюдается рост числа факторов, негативно влияющих на здоровье человека — ухудшение экологической обстановки, учащающиеся природные катаклизмы, хронические стрессы и ослабление иммунной защиты. Особенно остро эта проблема проявляется у людей с нарушениями обмена веществ, в частности, при сахарном диабете, когда иммунитет ослаблен, а организм подвержен частым воспалительным и инфекционным заболеваниям. В связи с этим возрастает интерес к разработке эффективных и безопасных средств, способствующих укреплению защитных функций организма.

Одним из перспективных направлений является создание комплексных биологически активных добавок (БАД) на основе натурального растительного сырья с иммуномодулирующим действием. Использование пророщенных зерновых культур, топинамбура и корня солодки позволяет получить композиции, богатые белками, витаминами, микроэлементами и природными антиоксидантами. Это обосновывает актуальность исследования, направленного на разработку технологии и изучение свойств комплексной БАД, способствующей поддержанию иммунного статуса и улучшению общего состояния здоровья.

В развитых странах, таких как Япония, США и ЕС, уже активно используют БАДы для коррекции питания и предотвращения заболеваний, вызванных экологическими, географическими, эмоциональными и другими факторами [3].

Интерес к биологически активным добавкам (БАД) продолжает расти, что связано с необходимостью профилактики заболеваний и поддержания здоровья естественным путём. В последние годы этот интерес активно развивается, особенно в контексте улучшения качества жизни и усиления иммунной системы [4].

Отсутствует современное аналитическое сопровождение производственного процесса, что не позволяет быть уверенным в безопасности и отсутствии фальсификации в отношении этой продукции. Формы приема отечественных БАД пока недостаточно разработаны: не всегда учитывается такой показатель, как комфортность приема пищи [5].

Биологически активные добавки (БАД) играют ключевую роль в улучшении здоровья и коррекции питания, поддерживая нормальное функционирование организма и предотвращая заболевания, вызванные экологическими, географическими и эмоциональными факторами. [6].

Однако несмотря на растущий интерес, остаются нерешёнными важные вопросы, включая методологические подходы к исследованиям, технологические сложности и отсутствие разработанных схем производства. В частности, недостаточно обоснованы алгоритмы составления композитных БАД, которые постепенно вытесняют моносоставы [7].

Особое внимание уделяется БАДам с иммуномодулирующим и гликемическим эффектом, которые поддерживают защитные функции орга-

низма и регулируют уровень сахара в крови. Эти добавки особенно актуальны в условиях изменений экологии, природных катастроф и стресса, когда важно укреплять иммунную систему и контролировать уровень глюкозы.

Топинамбур, благодаря своему высокому содержанию инулина и низкому гликемическому индексу, идеально подходит как компонент таких добавок. Он не только способствует нормализации уровня сахара в крови у людей с диабетом, но и помогает укреплять иммунную систему благодаря антиоксидантным и противовоспалительным свойствам. Ведущими странами в области разработки БАДов являются Япония, США и страны Европейского Союза, где активно применяются добавки для коррекции питания, поддержания здоровья и улучшения качества жизни, в том числе для людей с сахарным диабетом.

Материалы и методы. Исследования проведены в АО «Алматинский технологический университет» Научно-исследовательской лаборатории по оценке качества и безопасности продовольственных продуктов и использовались стандартные методы анализа и определения показателей качества в соответствии с действующими ГОСТами. Все анализы выполнены в лабораторных условиях с использованием современного оборудования и точных методик, что гарантирует высокую степень достоверности полученных данных.

1. Энергию прорастания и способность к прорастанию определяли по ГОСТ 10968-88, метод основан на проращивании определённого количества семян во влажной среде при заданной температуре в течение установленного времени.

2. Влажность зерна определяли по ГОСТ 13586.5-2015, суть метода заключается в высушивании навески зерна при температуре 130 ± 2 °С до постоянной массы. Результаты выражались в процентах.

3. Кислотность зерна определяли по ГОСТ 27493-87. Метод основан на водной экстракции органических кислот из зерна и последующем титровании экстракта раствором щёлочи до нейтральной реакции.

4. Микробиологические показатели определяли по ГОСТ ISO 7218-2015. Метод предусматривает приготовление серийных разведений исследуемого образца, высев на питательные среды и инкубацию при оптимальных условиях для роста микроорганизмов.

5. Влажность различных образцов определяли по ГОСТ 24027.2-80. Метод основан на высушивании навески образца в сушильном шкафу при температуре 100–105 °С до постоянной массы. Потеря массы при сушке соответствовала содержанию влаги, результаты выражались в процентах.

6. Содержание жира в муке определяли по ГОСТ 23042-86. Метод основан на экстракции жира из навески муки органическим растворителем (обычно эфиром или гексаном) с последующим удалением растворителя и взвешиванием оставшегося жира.

7. Содержание азота и белка определяли по ГОСТ 25011-81 и ГОСТ Р 50453-92 (ИСО 937-78). Метод основан на минерализации пробы, последующем выделении аммонийного азота и его количественном определении с последующим пересчётом на белок с использованием азотного коэффициента. (ИСО 937-78).

8. Содержание минеральных веществ (золы) определяли по ГОСТ Р 53642-2009. Метод основан на прокаливании навески образца в муфельной печи при температуре 550 ± 25 °С до полного удаления органических веществ.

9. Содержание магния и кальция определяли по ГОСТ EN 15505-2013. Метод основан на минерализации пробы с последующим определением элементов с использованием атомно-абсорбционной спектрометрии.

10. Содержание фосфора определяли по ГОСТ Р 51482-99 (ИСО 13730-96). Метод основан на сухом озолении навески с последующим растворением золы в кислоте и фотометрическом определении фосфора в виде фосфорномолибденовой кислоты.

11. Содержание тяжёлых металлов (меди, железа, свинца, кадмия) определяли в соответствии с ГОСТ 26931-86, ГОСТ 26928-86, ГОСТ 26932-86 и ГОСТ 26933-86. Методика включает мине-

ральное разложение пробы и последующее количественное определение элементов с использованием атомно-абсорбционной спектрометрии. **Результаты и обсуждение.** Проращивание является одним из наиболее эффективных методов изменения пищевой ценности зернового сырья, который был подтвержден в ряде научных исследований. Этот процесс представляет собой переход семени из состояния покоя в фазу активного роста зародыша [8].

В качестве объектов исследования выбраны пророщенный овес и пророщенный ячмень. В лабораторных условиях проращивали овес и ячмень в специальном приборе для проращивания, внутри оборудования зерно равномерно опрыскивали теплой водой. В ходе работы установлена зависимость времени проращивания от температуры, проращивание происходило при температуре 16-18^{0}С в течение 36-48 часов. Был проведен физико-химический анализ пророщенных зерен овса и ячменя (Таблица 1).

Таблица 1 - Физико-химические показатели пророщенных зерен овса и ячменя

Проращивание ,час	Влажность, %		Кислотность, ^{0}С		Длина ростков, мм		Количество всхожих зерен, %	
	овес	ячмень	овес	ячмень	овес	ячмень	овес	ячмень
ч/з 24	45,5	45,4	0,28	0,32	2	4	20	40
ч/з 36	47,5	48,1	0,32	0,36	6	8	40	80
ч/з 48	47,8	48,3	0,34	0,43	8	10	75	95

Исследования показали, что у пророщенных зерен ростки достигают 2-10 мм, а всхожесть увеличивается с 20 до 95 % за 24-48 часов. Процесс проращивания у ячменя быстрее, чем у овса. Для предотвращения порчи, зерно высушивали в камере ”Home Station 2” при температуре 43-45°С в течение 12-14 часов до влажности 10-12%. Основные показатели пророщенных зерен овса и ячменя приведены в Таблице 2.

Таблица 2 - Характеристики пророщенных зерен

Показатели	Овес	Ячмень
Влажность, %	10,6	10,3
Титруемая кислотность, ^{0}Т	0,32	0,41
Содержание белка, % СВ	12,64	11,87
Способность прорастания, %	75	95

По результатам, влажность пророщенных зерен овса и ячменя была близка: 10,6% у овса и 10,3% у ячменя, что указывает на оптимальные условия проращивания для обоих видов зерна. Эти данные показывают, что процесс сушки зерен после проращивания был успешным и обеспечил стабильность их структуры. овес имеет более высокое содержание белковых веществ, ячмень имеет более высокую способность к прорастанию.

Титруемая кислотность пророщенных зерен овса (0,32°Т) ниже, чем у ячменя (0,41°Т). Это может свидетельствовать о более мягком характере овса в отношении кислотности, что, в свою очередь, может влиять на его восприимчивость к различным условиям хранения и обработки.

Содержание белка в пророщенных зернах овса (12,64%) оказалось выше, чем в ячмене (11,87%). Это подтверждает, что овес является более белковым зерном, что имеет важное значение для его использования в пищевых добавках, особенно в диетическом питании и для людей с высокими требованиями к белковым компонентам.

Способность прорастания у ячменя значительно выше (95%) по сравнению с овсом (75%), что подчеркивает более высокую всхожесть ячменя. Это может свидетельствовать о большей устойчивости ячменя к процессу проращивания и его более быстрых темпах роста, что важно для эффективности использования зерна в процессе получения проращенных продуктов.

Проведено исследование качественных характеристик измельченного топинамбура, пророщенного овса, пророщенного ячменя и корня солодки. В рамках исследования были определены физико-химические параметры, содержание витаминов, макро- и микроэлементов, а также аминокислотный состав данных материалов (Таблица 3).

Таблица 3 - Качественные показатели сырья

Наименование показателя	Измельченный топинамбур	Овес	Пророщенный овес	Ячмень	Пророщенный ячмень	Корень солодки
Физико-химические показатели						
Массовая доля белка, %	8,32 ± 0,09	11,95 ± 0,16	12,64 ± 0,15	10,83 ± 0,14	11,87 ± 0,14	10,48 ± 0,12
Массовая доля влаги, %	9,63 ± 0,13	9,89 ± 0,17	6,59 ± 0,10	10,21 ± 0,17	8,58 ± 0.13	7,1 ± 0,23
Массовая доля золы, %	5,17 ± 0,02	3,37 ± 0,05	3,35 ± 0,04	2,77 ± 0,03	1,93 ± 0,04	6,245 ± 0,005
Массовая доля клетчатки,%	24,65 ± 0,29	11,31 ± 0,13	10,03 ± 0,12	12,09 ± 0,16	8,62 ± 0,10	3,47 ± 0,04
Титруемая кислотность, 0Т	0,86 ± 0,019	0,422 ± 0,005	0,364 ± 0,008	0,508 ± 0,006	0,463 ± 0,011	1,521 ± 0.034
Посторонние примеси	Не обнаружено					
Витаминный состав сырья						
Витамин Е	0,912 ± 0,01	1,554 ± 0,02	2,61 ± 0,03	1,398 ± 0,019	1,01 ± 0,01	0,08 ± 0,001
Витамин В1	0,365 ± 0,073	0,38 ± 0,075	0,472 ± 0,094	0,361 ± 0,07	0,294 ± 0.058	0,413 ± 0,082
Витамин В2	0,274 ± 0,115	-	0,093 ± 0,039	-	0,114 ± 0,047	0,77 ± 0,032
Витамин В3	8,21 ± 1,64	4,28 ± 0,86	1,38 ± 0,27	5,24 ± 1,05	2,69 ± 0,54	2,15 ± 0,43

Витамин B6	-	2,46 ± 0,049	0,26 ± 0,05	0,317 ± 0,063	0,276 ± 0,055	0,103 ± 0,02
Витамин C	31,95 ± 5,7	-	-	-	-	2,57 ± 0,46
Минеральные элементы,мг/100						
Железо	1,83 ± 0,021	5,61 ± 0,07	10,27 ± 0,12	5,95 ± 0,08	4,64 ± 0,05	2,75 ± 0,03
Магний	63,89 ± 0,76	110,32 ± 1,54	126,10 ± 1,51	142,01 ± 1,98	89,61 ± 1,07	27,46 ± 0,33
Кальций	98,77 ± 1,18	120,07 ± 1,68	109,29 ± 1,31	105,16 ± 1,47	55,48 ± 0,66	80,25 ± 0,96
Калий	1007,44 ± 12,09	463,24 ± 6,48	393,25 ± 4,72	459,72 ± 7,43	260,97 ± 3,13	315,02 ± 3,78
Фосфор	424,46 ± 5,09	248,16 ± 3,47	337,21 ± 4,04	292,30 ± 4,09	210,79 ± 2,59	56,17 ± 0,67
Йод	-	0,0033 ± 0,00001	0,008 ± 0,0001	0,004 ± 0,0001	0,0059 ± 0,0001	0,013 ± 0,0001

Таблица 3 показывает состав измельченного топинамбура, пророщенного овса, ячменя и корня солодки. Пророщенный овес (12,64%) и ячмень (11,87%) содержат значительное количество белка по сравнению с другими компонентами, такими как топинамбур (8,32%). Это свидетельствует о высоком качестве этих зерен как источников белка, что может быть полезно для поддержания нормального обмена веществ, особенно для людей с диабетом. Топинамбур, в свою очередь, выделяется высоким содержанием клетчатки (24,65%), что способствует улучшению работы пищеварительного тракта и может быть полезно для детоксикации организма. Витамины, содержащиеся в этих продуктах, также разнообразны: топинамбур богат витамином C (31,95 мг/100 г), в то время как овес и ячмень содержат витамины группы B, такие как витамин B1, B3 и B6, что делает эти продукты ценными для поддержания общего состояния здоровья. Также стоит отметить, что овес и ячмень содержат минералы, такие как магний, калий и кальций, которые важны для нормального функционирования сердечно-сосудистой системы и обмена веществ. Это подчеркивает их потенциал для включения в диеты, направленные на улучшение метаболизма и поддержание общего здоровья, особенно для людей, имеющих дефицит этих микроэлементов..

Таблица 4 - Аминокислотный состав

Наименование показателя, %	Измельченный топинамбур	Овес	Пророщенный овес	Ячмень	Пророщенный ячмень	Корень солодки
Аргинин	0,964 ± 0,385	1,570 ± 0,628	1,267 ± 0,507	1,363 ± 0,545	1,097 ± 0,439	1,138 ± 0,455
Лизин	0,450 ± 0,153	1,221 ± 0,415	1,429 ± 0,486	1,107 ± 0,376	1,426 ± 0,485	1,138 ± 0,387

Тирозин	0,418 ± 0,125	0,406 ± 0,122	0,747 ± 0,224	0,426 ± 0,128	0,695 ± 0,208	0,534 ± 0,160
Фенилаланин	0,610 ± 0,183	0,872 ± 0,262	0,747 ± 0,224	0,809 ± 0,243	0,621 ± 0,186	0,569 ± 0,171
Гистидин	0,308 ± 0,154	0,523 ± 0,262	0,845 ± 0,422	0,468 ± 0,234	0,512 ± 0,256	0,391 ± 0,196
Лейцин + изолейцин	0,675 ± 0,175	1,090 ± 0,283	1,104 ± 0,287	1,022 ± 0,266	1,060 ± 0,276	0,889 ± 0,231
Метионин	0,145 ± 0,049	0,148 ± 0,05	0,552 ± 0,188	0,183 ± 0,062	0,548 ± 0,186	0,462 ± 0,157
Валин	0,707 ± 0,283	0,959 ± 0,384	0,975 ± 0,390	0,894 ± 0,358	0,951 ± 0,380	0,889 ± 0,356
Пролин	1,028 ± 0,267	0,828 ± 0,215	0,747 ± 0,194	0,766 ± 0,199	0,731 ± 0,190	0,747 ± 0,194
Треонин	0,482 ± 0,193	0,698 ± 0.279	0,845 ± 0,338	0,639 ± 0,255	0,877 ± 0,351	0,747 ± 0,299
Серин	0,803 ± 0,209	0,785 ± 0.204	0,715 ± 0,186	0,724 ± 0,188	0,695 ± 0,181	0,605 ± 0,157
Аланин	0,578 ± 0,150	0.741 ± 0,193	1,234 ± 0,321	0,681 ± 0,177	1,133 ± 0,295	1,032 ± 0,268
Глицин	0,675 ± 0,229	0,741 ± 0,252	0,780 ± 0,265	0,681 ± 0,232	0,768 ± 0,261	0,783 ± 0,266

Полученные данные подчеркивают значимость изученных продуктов как ценных источников питательных веществ, которые могут быть использованы для разработки новых БАДов. Процесс проращивания способствует повышению биодоступности витаминов и минералов, улучшая их усвоение, а также увеличивает антиоксидантную активность, что способствует защите клеток от оксидативного стресса [9].

Суточная потребность в клетчатке для диабетиков составляет 50 г. Пророщенные овес, ячмень, корень солодки и топинамбур содержат клетчатку (г/100 г) в количестве: 10,03; 8,62; 3,47 и 24,65, что покрывает суточную норму (%) на 20,06; 17,24; 6,94 и 49,3 соответственно. Таким образом, пророщенные овес, ячмень и корень солодки являются хорошими источниками клетчатки и аминокислот (таблица 4).

Аминокислотный состав, представленный в Таблице 4, демонстрирует значительное содержание незаменимых аминокислот в пророщенных овсе и ячмене, таких как лизин, валин, треонин и фенилаланин. Это делает эти зерна ценными источниками аминокислот, которые играют ключевую роль в поддержании иммунной системы, регенерации тканей и других жизненно важных процессах. В частности, уровень лизина и фенилаланина в пророщенных зернах овса и ячменя значительно выше по сравнению с аналогичными показателями в обычных зернах овса и ячменя. Эти данные согласуются с результатами других исследований, подтверждающих, что проращивание увеличивает содержание незаменимых аминокислот в зерновых культурах (например, в исследованиях, где показано улучшение аминокислотного состава при проращивании ячменя и овса). Также стоит отметить, что высокие уровни аргинина и метионина, наблюдаемые в этих зернах, подтверждают их потенциал в поддержке метабо-

лических и иммунных функций организма. Полученные результаты могут быть полезны не только для людей, следящих за своим рационом, но и для спортсменов, а также тех, кто нуждается в дополнительном источнике аминокислот для восстановления и улучшения общего состояния организма.

Топинамбур, в свою очередь, богат инулином и минеральными веществами, что делает его полезным для поддержания работы пищеварительной системы и метаболизма [10].

Определены микробиологические показатели сырья (топинамбур молотый, пророщенный овес, пророщенный ячмень, корень солодки, овес, ячмень) (Таблица 5).

Таблица 5 – Микробиологические показатели сырья

Наименование показателей, ед.изм.	Топинамбур молотый	Пророщенный овес	Овес	Пророщенный ячмень	Ячмень	Корень солодки
КМАФАнМ, КОЕ/г	3*104	3*104	4*103	7*103	7*103	4*104
БГКП (колиформы) в 1.0 см3 продукта	не обнаружены					
Дрожжи, КОЕ/г	5	2	6	6	5	1
Плесени, КОЕ/г	не обнаружены					

Микробиологические данные, представленные в Таблице 5, демонстрируют, что все исследуемые образцы (топинамбур, овес, ячмень и корень солодки) соответствуют санитарным нормам, поскольку уровень микробиологических показателей (КМАФАнМ, БГКП, дрожжи и плесени) находится в пределах допустимых значений. Это подтверждает, что сырье было правильно обработано и соответствует стандартам безопасности для пищевых продуктов и БАДов.

Выводы. Результаты исследования показали, что пророщенные овес и ячмень характеризуются высоким содержанием витаминов и незаменимых аминокислот, что делает их ценными для питания, особенно в условиях ограниченного рациона. Эти зерна являются отличным источником необходимых веществ для поддержания общего здоровья и могут быть рекомендованы в качестве дополнения к диетам. Топинамбур, в свою очередь, богат инулином и минеральными веществами, что способствует улучшению работы пищеварительной системы и обмена веществ. Также он оказывает положительное влияние на регулирование уровня сахара в крови, что делает его особенно полезным для людей с сахарным диабетом.

Кроме того, пророщенные семена каждой культуры обладают уникальным составом, включающим аминокислоты, полисахариды и микроэлементы, что позволяет им оказывать целенаправленное оздоровительное воздействие. Они могут быть рекомендованы людям, страдающим различными заболеваниями, включая расстройства обмена веществ.

Проращивание зерна способствует повышению биодоступности питательных веществ, что способствует улучшению усвоения витаминов и минералов. Пророщенные зерна, топинамбур и корень солодки обладают антиоксидантными свойствами, защищая клетки от оксидативного стресса. В условиях стресса, неправильного питания и неблагоприятных экологических факторов важность использования БАДов с растительными компонентами возрастает, так как они могут эффективно поддерживать здоровье и предотвращать заболевания, такие как диабет и расстройства обмена веществ.

Финансирование: *Материалы подготовлены в рамках выполнения проекта ИРН AP23485292 «Разработка технологии комплексной биологически активной добавки (БАД) иммуномодулиру-*

ющей направленности» по бюджетной программе 217 «Развитие науки» по подпрограмме 102 «Грантовое финансирование научных исследований» Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на 2024-2026 годы.

Литература

1. Донченко Л.В. Продукты питания в отечественной и зарубежной истории: учеб. пособие для специальностей 311200 ”Технология пр-ва и перераб. с.-х. продукции” / Л.В. Донченко, В. Д. Надыкта. -Москва: ДеЛи принт, 2006. - 295 с. ISBN 5-94343-109-8

2. Чиркина Т.Ф. Биологически активные добавки и здоровое питание: матер. всерос. научно-молодеж. конф. с междун. участием (ВСГПУ, 25-28 сент. 2001 г.) - Улан-Удэ: Изд-во ВСГПУ, 2001. - 125 с.

3. Белоусова О.В., Белоусов Е.А., Иващенкова Е.А. Изучение потребителя биологически активных добавок // Молодой ученый. -2016. -№ 20 (124). -С. 66-69.

4. Чекмарева, Л. С., Иванова, М. М.Иммуномодуляторы растительного происхождения и их роль в поддержании иммунной системы.- Вестник иммунологии. -2016.- №5(2), 59-67.

5. Calder PC, Carr AC, Gombart AF, Eggersdorfer M. Optimal nutritional status for a well-functioning immune system is an important factor to protect against viral infections//Nutrients.- 2020.-Vol.12(4): 1181. DOI 10.3390/nu12041181

6. Кацерикова Н.В. Технология продуктов функционального питания: учебное пособие. - Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. -2004. - С.15–17. ISBN 5-89289-311-1

7. Белоусова О.В., Белоусов Е.А., Иващенкова А.О. (2016). биологически активные добавки как перспективное направление развития фармацевтического рынка//Научные результаты биомедицинских исследований.-2016.-№ 2 (4).- С.89-94. DOI 10.18413/2313-8955-2016-2-4-89-94

8. Осадченко И.М., Горлов И.Ф., Харченко О.В., Чурзин В.Н. Использование электрохимически активированной воды при возделывании ярового ячменя //Кормопроизводство. -2007. - №8. –С.26-28.

9. Науменко Н. В., Паймулина А. В., Велямов М. Т. Влияние размеров частиц муки из пророщенного зерна на ее технологические свойства и качество готовых изделий // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. -2019.- Т.7(1). - С.36 - 42. DOI 10.14529/food190105.

10. Жучкова М. А., Скрипников С. Г. Топинамбур – растение XXI века //Овощи России.2017.- № 1.- С.31- 33. DOI 10.18619/2072-9146-2017-1-31-33.

References

1. Donchenko L.V. Produkty pitanija v otechestvennoj i zarubezhnoj istorii: ucheb. posobie dlja special’ nostej 311200 ”Tehnologija pr-va i pererab. s.-h. produkcii” / L.V. Donchenko, V. D. Nadykta. -Moskva: DeLi print, 2006.- 295 s. ISBN 5-94343-109-8. [in Russian]

2. Chirkina T.F. Biologicheski aktivnye dobavki i zdorovoe pitanie: mater. vseros. nauchno-molodezh. konf. s mezhdun. uchastiem (VSGPU, 25-28 sent.2001 g.) - Ulan-Udje: Izd-vo VSGPU, 2001. - 125 s. [in Russian]

3. Belousova O.V., Belousov E.A., Ivashhenkova E.A. Izuchenie potrebitelja biologicheski aktivnyh dobavok // Molodoj uchenyj. -2016. -№ 20 (124). -S.66-69. [in Russian]

4. Chekmareva, L. S., Ivanova, M. M.Immunomoduljatory rastitel' nogo proishozhdenija i ih rol' v podderzhanii immunnoj sistemy.- Vestnik immunologii. -2016.- №5(2), 59-67. [in Russian]

5. Calder PC, Carr AC, Gombart AF, Eggersdorfer M. Optimal nutritional status for a well-functioning immune system is an important factor to protect against viral infections//Nutrients.- 2020.-Vol.12(4): 1181. DOI 10.3390/nu12041181

6. Kacerikova N.V. Tehnologija produktov funkcional' nogo pitanija: uchebnoe posobie. - Kemerovo: Kemerovskij tehnologicheskij institut pishhevoj promyshlennosti. -2004. - S.15–17. ISBN 5-89289-311-1. [in Russian]

7. Belousova O.V., Belousov E.A., Ivashhenkova A.O. (2016). biologicheski aktivnye dobavki kak perspektivnoe napravlenie razvitija farmacevticheskogo rynka//Nauchnye rezul' taty biomedicinskih issledovanij.-2016.-№ 2 (4).- S.89-94. DOI 10.18413/2313-8955-2016-2-4-89-94. [in Russian]

8. Osadchenko I.M., Gorlov I.F., Harchenko O.V., Churzin V.N. Ispol' zovanie jelektrohimicheski aktivirovannoj vody pri vozdelyvanii jarovogo jachmenja //Kormoproizvodstvo. -2007. - №8. –S.26-28. [in Russian]

9. Naumenko N. V., Pajmulina A. V., Veljamov M. T. Vlijanie razmerov chastic muki iz proroshhennogo zerna na ee tehnologicheskie svojstva i kachestvo gotovyh izdelij // Vestnik Juzhno-Ural' skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Pishhevye i biotehnologii. -2019.- T.7(1). - S.36 - 42. DOI 10.14529/food190105. [in Russian]

10. Zhuchkova M. A., Skripnikov S. G. Topinambur – rastenie XXI veka //Ovoshhi Rossii.2017.- № 1.- S.31- 33. DOI 10.18619/2072-9146-2017-1-31-33. [in Russian]

Сведения об авторах

Жумалиева Г.Е. - кандидат технических наук, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» Алматы, Казахстан, e-mail: g.zhumalieva@rpf.kz;

Чоманов У.Ч. - доктор технических наук, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»,Алматы, Казахстан, e-mail: chomanov_u@mail.ru;

Шоман Ә.К.- магистр технических наук, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» Алматы, Казахстан, e-mail: shoman_a@mail.ru;

Оғазова А.Ғ. - магистр технических наук, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» Алматы?Казахстан, e-mail: o.aidana_01@mail.ru;

Акжолтаева Ш.Н. – докторант, «Казахский Научный Аграрный Исследовательский Университет» г.Алматы, Казахстан, e-mail: shynar.akzholtaeva.84@mail.ru.

Information about the authors

Zhumalieva G.E. - Candidate of Technical Sciences, LLC «Kazakh research institute of processing and food industry» Almaty, Kazahstan, e-mail: g.zhumalieva@rpf.kz;

Chomanov U.Ch. - Doctor of Technical Sciences, LLC «Kazakh research institute of processing and food industry» Almaty, Kazahstan, e-mail: chomanov_u@mail.ru;

Shoman A.K- Master of Engineering Sciences, LLC «Kazakh research institute of processing and food industry» Almaty, Kazahstan, e-mail: shoman_a@mail.ru;

Ogazova A.G. - Master of Engineering Sciences, LLC «Kazakh research institute of processing and food industry» Almaty, Kazahstan, e-mail: o.aidana_01@mail.ru;

Akzholtaeva Sh.N. – doctoral student, "Kazakh Scientific Agrarian Research University" Almaty, Kazahstan, e-mail: shynar.akzholtaeva.84@mail.ru

ҒТАМР 65.09.03; 65.09.05 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-834**

ОРТАДАН ТЕПКІШ ФОРСУНКА ЖӘНЕ ТІСТІ СОРҒЫ АРҚЫЛЫ ҚОНДЫРҒЫНЫ ЖЕТІЛДІРУ

М.М. Ташыбаева, А.К. Какимов, Г.А. Жумадилова, А.Б. Бакиева, А.М. Муратбаев
«Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, Семей, Қазақстан

Корреспондент-автор: marzhan06081990@gmail.com

Бұл зерттеуде гель түзетін қоспаның тұтқырлығының температура мен натрий альгинаты ерітіндісінің концентрациясына тәуелділігі зерттелді.40°С температурада тұтқырлық мәні ротордың айналу жиілігіне аз өзгеретіндігі анықталып, ерітіндіні пайдалану үшін ең қолайлы температура ретінде таңдалды. Тісті сорғының 39,3 $с^{-1}$ және 47,6 $с^{-1}$ жоғары айналу жиілігінде қоспаның тұтқырлығы төмендегені байқалды, бұл өз кезегінде форсунка диаметрлері ($0,7\times10^{-3}$ м, $1,0\times10^{-3}$ м, $1,2\times10^{-3}$ м) арқылы өткізгіштік пен өнімділіктің артуына әкелді. Зерттеу барысында форсунка диаметрінің капсула өлшемдері мен сапасына әсері анықталды. График бойынша форсунка тесігінің диаметрі артқан сайын алынған капсулалардың диаметрі де үлкейетіні байқалды. Диаметрі $0,7\times10^{-3}$ м және $1,0\times10^{-3}$ м болатын форсункалармен алынған капсулалар пішіні мен құрылымы жағынан талапқа сай болмады. Ең жақсы нәтиже $1,2\times10^{-3}$ м диаметрлі ортадан тепкіш форсункада алынды.

Бұл жағдайда капсулалар тұрақты дөңгелек пішінге ие болып, қондырғының өнімділігін арттыруға мүмкіндік берді. Капсулаларға жүргізілген талдау нәтижесінде, ең тиімді нұсқа ретінде ортадан тепкіш форсунка диаметрі $d = 1,2\times10^{-3}$ м болатын 3-ші үлгі таңдалып, капсулалауға арналған материал ретінде 1% натрий альгинаты қолданылды. Нәтижесінде алынған капсулалардың орташа диаметрі $1,4\times10^{-3}$ м болды. Қондырғының энергетикалық сипаттамалары HY4300 мультиметрі арқылы анықталды. Тісті сорғының әртүрлі айналу жиіліктерінде тұтынатын қуаты өлшенді: 21,4 $с^{-1}$ – 28,9 Вт, 30,2 $с^{-1}$ – 50,3 Вт, 39,3 $с^{-1}$ – 74,8 Вт және 47,6 $с^{-1}$ – 95,7 Вт. Алынған нәтижелерге сүйене отырып, тұтынылатын қуаттың айналу жиілігіне тәуелділігін көрсететін график тұрғызылды. Зерттеу нәтижелері тісті сорғы айналу жиілігі артқан сайын қуат тұтынудың айтарлықтай өсетінін көрсетті.

Түйін сөздер: шашырату әдісі, капсула, тісті сорғы, қондырғы, ортадан тепкіш форсунка, натрий альгинат.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УСТАНОВКИ С ПОМОЩЬЮ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ФОРСУНКИ И ШЕСТЕРЕНЧАТОГО НАСОСА

М.М. Ташыбаева ,А.К. Какимов, Г.А. Жумадилова, А.Б. Бакиева, А.М. Муратбаев
НАО «Университет им. Шакарима города Семей», Семей, Казахстан,
e-mail: marzhan06081990@gmail.com

В этом исследовании изучалась зависимость вязкости гелеобразующей смеси от температуры и концентрации раствора альгината натрия. При 40°С было обнаружено, что значение вязкости мало изменяется на частоту вращения ротора, и была выбрана наиболее подходящая температура для использования раствора. На высоких частотах вращения шестеренчатого насоса 39,3 $с^{-1}$ и 47,6 $с^{-1}$ наблюдалось снижение вязкости смеси, что, в свою очередь, привело к увеличению проводимости и производительности за счет диаметров форсунки ($0,7\times10^{-3}$ м, $1,0\times10^{-3}$ м, $1,2\times10^{-3}$ м). Исследование выявило влияние диаметра щипцов на размеры и качество капсул. По графику было замечено, что по мере увеличения диаметра отверстия форсунки увеличивается и диаметр полученных капсул. Капсулы, полученные щипцами диаметром $0,7\times10^{-3}$ м и $1,0\times10^{-3}$ м, не соответствовали требованиям по форме и структуре. Наилучший результат был получен на центробежной форсунке диаметром $1,2\times10^{-3}$ м. В этом случае капсулы приобрели устойчивую круглую форму, что позволило повысить производительность агрегата. В результате проведенного анализа капсул в качестве наиболее эффективного варианта был выбран 3-й образец с диаметром центробежной форсунки $d = 1,2\times10^{-3}$ м.

В качестве материала для капсулирования использовался 1% альгинат натрия.

Полученные капсулы имели средний диаметр $1,4\times10^{-3}$ м. Энергетические характеристики агрегата определялись мультиметром HY4300. Измерена потребляемая мощность шестеренчатого насоса на различных частотах вращения: 21,4 $с^{-1}$ – 28,9 Вт, 30,2 $с^{-1}$ – 50,3 Вт, 39,3 $с^{-1}$ – 74,8 Вт және 47,6 $с^{-1}$ - 95,7 Вт. На основании полученных результатов построен график, показывающий зависимость потребляемой мощности от частоты вращения. Результаты исследования показали, что энергопотребление значительно увеличивается по мере увеличения частоты вращения шестеренчатого насоса.

Ключевые слова: метод распыления, капсула, шестеренчатый насос, установка, центробежная форсунка, альгинат натрия.

IMPROVEMENT OF THE INSTALLATION BY MEANS OF A CENTRIFUGAL NOZZLE AND A GEAR PUMP

M.M. Tashybayeva✉, A.K. Kakimov, G.A. Zhumadilova, A.B. Bakiyeva, A.M. Muratbayev

NJSC Shakarim University of Semey, Semey, Kazakhstan,
e-mail: marzhan06081990@gmail.com

In this study, the dependence of the viscosity of the gel-forming mixture on the temperature and concentration of the sodium alginate solution was studied. At 40°C, it was found that the viscosity value changes little by the rotor speed, and the most suitable temperature for using the solution was selected. At high rotational speeds of the gear pump of 39.3 s^{-1} and 47.6 s^{-1}, a decrease in the viscosity of the mixture was observed, which, in turn, led to an increase in conductivity and productivity due to nozzle diameters (0.7×10^{-3} m, 1.0×10^{-3} m, 1.2×10^{-3} m). The study revealed the influence of the forceps diameter on the size and quality of the capsules. According to the graph, it was noticed that as the diameter of the nozzle opening increases, so does the diameter of the resulting capsules. The capsules obtained with forceps with a diameter of 0.7×10^{-3} m and 1.0×10^{-3} m did not meet the shape and structure requirements. The best result was obtained on a centrifugal nozzle with a diameter of 1.2×10^{-3} m. In this case, the capsules acquired a stable round shape, which increased the productivity of the unit. As a result of the capsule analysis, the 3rd sample with a diameter of the centrifugal nozzle d = 1.2×10^{-3} m was chosen as the most effective option.1% sodium alginate was used as the encapsulation material. The resulting capsules had an average diameter of 1.4×10^{-3} m. The energy characteristics of the unit were determined by a HY4300 multimeter.

The power consumption of a gear pump at various rotational speeds was measured: 21.4 s^{-1} – 28.9 W, 30.2 s^{-1} – 50.3 W, 39.3 s^{-1} – 74.8 W, and 47.6 s^{-1} - 95.7 W. Based on the results obtained, a graph is constructed showing the dependence of power consumption on rotation speed. The results of the study showed that energy consumption increases significantly as the rotational speed of the gear pump increases.

Keywords: spray method, capsule, gear pump, installation, centrifugal nozzle, sodium alginate.

Кіріспе. Капсулалау - қорғаныс мембраналары арқылы ингредиенттерді немесе жасушаларды орау технологиясы. Қорғаныш заттар (капсулалар) келесі параметрлерге ие болуы керек: жоғары реологиялық қасиеттер және капсулалау кезінде өңдеу мүмкіндігі, жоғары дисперсиялық тұрақтылық, капсулаланған затқа инерттілік, жақсы ерігіштік, қол жетімділігі жатады [1]. Пробиотиктер жедел ішек инфекцияларында емдік әсерін тигізеді, ас қорытуды жақсартып қана қоймай жұқпалы ауруларға төзімділікті арттырады. Адам ағзасына пробиотиктер пайдалы әсері микроорганизмдер оң қасиеттерімен анықталады. Пробиотиктерді капсулаға салу, асқазанның қышқыл ортасынан қорғауға көмектеседі, функционалдық өнімдердің жаңа технологияларына жол ашып береді [2, 3]. Бұл кезде асқазандағы қышқыл орта капсулаларды 2 сағаттан артық бұзбауы керек, бірақ капсула ішекке түссе, ол 7 минутта еруі керек [4, 5]. Капсула ыдыраған кезде ол қажетті пайдалы заттарды шығарады.

Әзірленген капсулалауға арналған жабдықта,

тамшылау әдісімен инжектор фильера көмегімен алынған капсулалар үлкен диаметрлі, өнімділігі аз болды, құрамында пробиотиктері бар капсулаларды алу процесін автоматтандыруға мүмкіндік беретін функционалды тамақ өнімдеріне салынатын капсулаларды алу үшін қондырғыны жетілдіру міндеті қойылды.

Жоғарыда аталған мәселелерді шешу үшін капсулалауға арналған қондырғыны жетілдіру керек. Мұндай мәселені шешудің оңтайлы жолы, тісті сорғымен ортадан тепкіш форсунканы қолдану арқылы шашырату әдіспен капсулалауға арналған қондырғыны жетілдіру болып табылады. Жүргізілген тәжірибелер және сараптамалар, капсулалау процесінде тісті сорғымен қысым беру арқылы, шашырату әдіспен ортадан тепкіш форсунканы қолдану арқылы қондырғыны жетілдіру оңтайлы екенін көрсетті.

Жұмыстың мақсаты ортадан тепкіш форсунка және тісті сорғы арқылы қондырғыны жетілдіру, шашырату әдіспен капсулалар алу. Мақсатына байланысты келесідей міндеттер орындалады: капсулалауға арналған қондырғыны жетілдірудің оңтайлы жолдарын айқындау; қондырғының құрылымдық параметрлеріне байланысты техникалық сипаттамаларды зерделеу және жұмыс режимдерін таңдау. Жұмыстың жаңалығы - қондырғының құрылымдық параметрлеріне байланысты техникалық сипаттамалары зерделеніп және жұмыс режимдері таңдалды; - алынған капсулалардың тұрақты құрылымдық-механикалық сипаттамалары мен технологиялық параметрлерін алуға мүмкіндік беретін ұсынылған ортадан тепкіш форсунка пайдалану кезінде капсулаларды алудың ұтымды технологиялық режимдері анықталды.

Материалдар мен әдістер. Гель түзетін қоспаның натрий альгинаты (0,5%, 0,8%, 1%) концентрациялары таңдалды. Тәжірибе гель түзетін қоспаның 20 - дан 50 °С температурасында жүргізілді, тісті сорғының айналу жиілігі 21,4 $с^{-1}$; 30,2 $с^{-1}$; 39,3 $с^{-1}$; 47,6 $с^{-1}$; Қондырғыға форсункалардың оңтайлы диаметрін таңдау үшін 3 (үш) үлгі ортадан тепкіш форсунка алынды. Форсункадағы тесік диаметрі келесідей: 1 үлгі – 0,7 · 10^{-3} м; 2 үлгі – 1,0· 10^{-3} м; 3 үлгі – 1,2· 10^{-3} м; 1 – ші суретте көрсетілген. Зерттеу жұмысында мынадай әдістер қолданылды: гранулометриялық құрамын анықтау әдісі, капсула микроқұрылымын анықтау әдістемесі, эксперименттік қондырғының энергетикалық сипаттамалар әдісі.

Натрий альгинаты гель түзетін қоспа сулы ерітіндісі ретінде алынды. Ерітінді келесідей алынды: натрий альгинаты 1% концентрациясы дайындалды. Натрий альгинаты қоспасы өлшенген стаканда, электромагнитті қыздырылған араластырғышқа қоямыз және ерітінді толық ерігенше араластырылады.60 ^{o}С қыздыру температурасына қоямыз, себебі 60 ^{o}С - тан төмен температурада натрий альгинаты нашар ериді, ал 60 ^{o}С - тан жоғары температурада натрий альгинаты жинала бастайды. Натрий альгинаты ерігеннен қоспасы 40°С температураға дейін салқындатылды. Алынған қоспаға Propionibacterium freudenreichii пропион қышқылы бактерияларының штаммы қосылды. Кальций хлоридінің 2% қалыптау қоспасы дайындалады. Оған 98 мл тазартылған су алып, 2 грамм кальций хлориді қосамыз. Кальций хлориді ерітіндісі ерігеннен соң қалып түзетін қоспа дайын болады. Гель түзетін қоспа тұтқырлығы әр түрлі температурада натрий альгинаты ерітіндісінің концентрациясына тәуелділігі, 40 және 50 С° температурада тұтқырлық мөлшері ротордың айналу жиілігі үшін шамалы өзгереді, бірақ пробиотикалық микроорганизмдердің жойылуын болдырмау үшін 50 С° жоғары температураны қолданған жөн емес, ерітіндіні пайдаланудың ең қолайлы температурасы 40 С° алынды [6].

Гранулометриялық құрамын анықтау әдісі. Оптикалық микроскопта зерттелетін объектінің сапалы бейнесін алу үшін жұмысты бастамас бұрын жарықтандыруды реттеу қажет. Ол үшін сәуле ағынына кішірек үлкейткіш линзаны (10 немесе одан кіші) және жиналмалы диверсивті линзаны салу керек. Содан кейін диффузордың тұтқасы толығымен көтеріліп, диффузордың тесігі толығымен ашылуы керек. Содан кейін объектінің артқы жарығын қосып, шамның жарықтығын реттеу керек.

Оптикалық микроскоппен бақылаулар мен зерттеулер жүргізгенде, бүйірлік жарықтың,

әсіресе қуатты окулярлармен жұмыс істегенде айтарлықтай кедергі тудыруы мүмкін екенін ескеру қажет. Капсула графикалық қағазда 2 - суретте көрсетілген. Үстел үстіндегі заттың сапалы бейнесін алу үшін микроскопты сәулелену көзі ретінде экранға бөгде заттардың түсуін болдырмайтындай етіп бағыттау керек [7].



d= 0,7×10^{-3}м

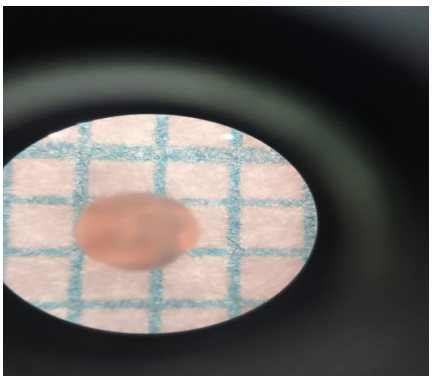


d= 1,0×10^{-3}м



d= 1,2×10^{-3}м

1 - сурет. Ортадан тепкіш форсункалар түрлері



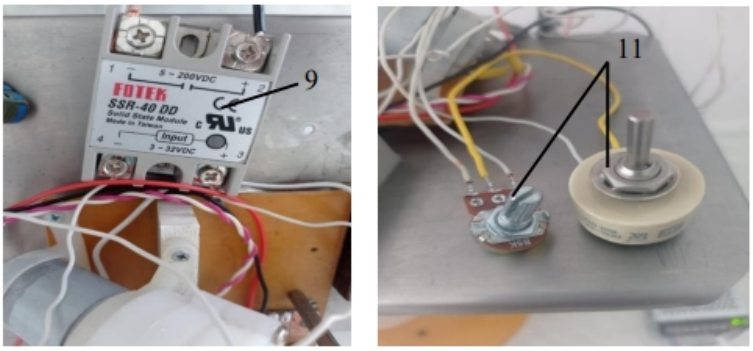
2 - сурет. Гранулометриялық құрамын анықтау әдісі

Үлкейтуі Х10 - нан асатын линзаларды пайдаланған кезде конденсатордың жиналмалы линзасын арқалықтардан алып тастап, окулярды салу керек. Егер жарықтандырылған өрістің жарықтығын азайту немесе объектінің контрастын өзгерту қажет болса, оны конденсатордың жиналмалы жақтауына орнату арқылы жарық сүзгісін қолдануға болады. Капсуланың шамамен радиусы миллиметрлік қағаз торының көмегімен есептелді және $1{,}4 \cdot 10^{-3}$ м болды.

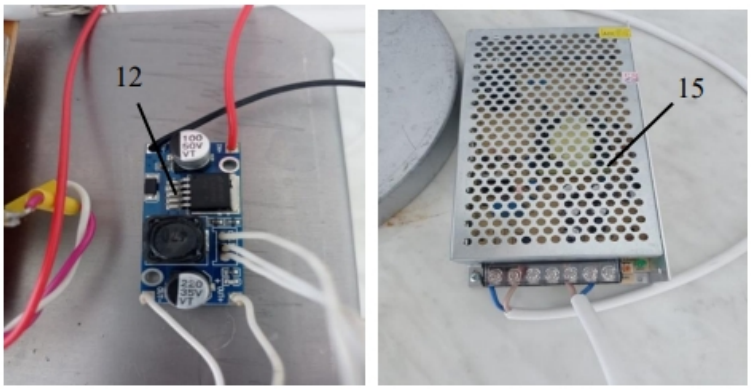
Капсула микроқұрылымын анықтау әдістемесі. Саңылаулардың геометриялық өлшемдерін өлшеу үшін рентген жүйесі бар JEOL (Жапония) фирмасының «JSM-6390LV» төмен вакуумды аналитикалық сканерлеуші электронды микроскопы (SEM) пайдаланылды [8, 9]. «OXFORD INSTRUMENTS» (Ұлыбритания) компаниясының «INCA ENERGY 250» микроанализаторы. Бұл микроскоп зерттелетін үлгінің химиялық құрамын 0,1% дәлдікпен анықтауға және картаға түсіруге мүмкіндік береді, материалдың құрылымын жоғары және төмен вакуумдық режимдерде 30 - дан 300 000 есеге дейін үлкейтеді [10]. JEOL (Жапония) JFD-320 терт-бутил спиртін қолданып мұздатып кептіру кезінде вакуум-

ның әсерінен мұздатылған күйден бу күйіне бірден ауысады. Бұл капсуладан терт-бутил спиртін шығаруға мүмкіндік береді және оның құрылымын сақтайды. Содан кейін JEOL (Жапония) шығарған JEE - 420 вакуумды шашыратқыш машинада капсула тілімінің бетіне көміртегі қабаты жағылады, бұл контрастты жоғарырақ кескіндерді алуға мүмкіндік береді. Дайындалған капсулалар екі жақты көміртекті таспаның көмегімен бекітіледі. Содан кейін оны микроскоп камерасына салып, беттерін сканерлейді [11, 12].

Эксперименттік қондырғының энергетикалық сипаттамалар әдісі.3 - суретте қолданылатын құрылғылар тұрақты токты 5 - тен 200 вольтке дейін ауыстыру үшін қатты реле қажет етіп жасалған, ток күші 40 амперге дейін. Басқару кернеуі 3-тен 32 вольтке дейін. Ал тармақтардағы ток күшін, кернеуді шектеу, реттеу үшін айнымалы сымды резисторлар тізбегі қолданылады.



3 - сурет. Қатты күйдегі реле және резисторлар

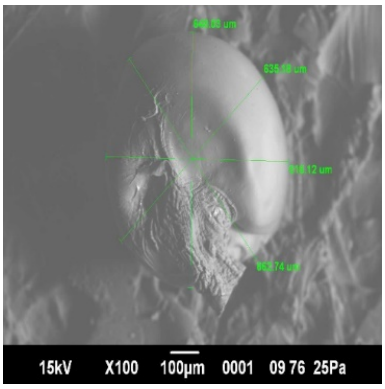


4 - сурет. Тұрақты кернеуді төмендететін тұрақтандырғыш және қуат көзі

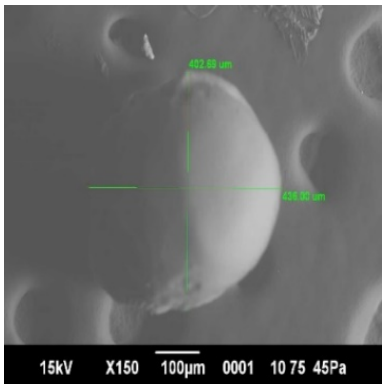
4 - суреттегі тұрақты кернеу тұрақтандырғышы - бұл электр жүйесінде тұрақты кернеу деңгейін ұстап тұру үшін қолданылатын құрылғы. Тұрақты кернеу тұрақтандырғышының мақсаты - желідегі кернеудің ауытқуын өтеу және тұрақты шығыс кернеуін қамтамасыз ету. Қуат көзі - бұл құрылғыны қуаттандыру үшін электр қуатын беретін және реттейтін электрондық құрылғы. Әрі қарай, гель түзетін қоспаның сулы ерітіндісі жүйенің тиеу бункеріне жүктеліп, капсулалар шығарылды. Ток күшін, кернеуді өлшеу үшін смартфон камерасы арқылы құрылғылардағы электр шамаларының сәйкес мәндері жазылды. Осыдан кейін өлшеу нәтижелері алынған бейнеден кезеңкезеңімен оқылды.

Нәтижелер және талқылау. Микроқұры-

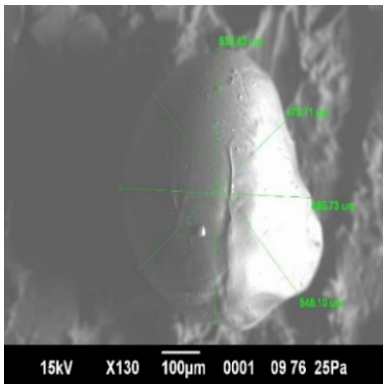
лымды анықтау және капсулалардың геометриялық өлшемдерін өлшеу. Натрий альгинаты 0,5%, 0,8%, 1% ерітіндісінен алынған капсулалар 5 - 7 суреттерде көрсетілгендей.



0,5% натрий альгинат

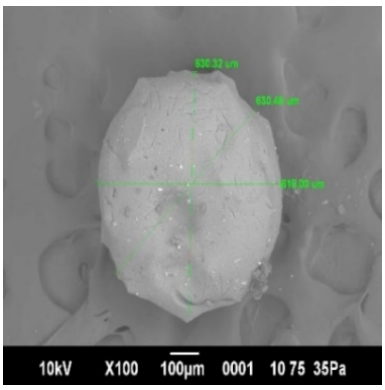


0,8 % натрий альгинат

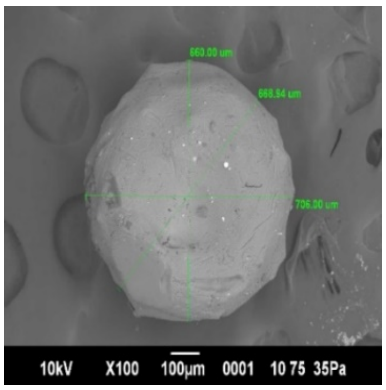


1 % натрий альгинат

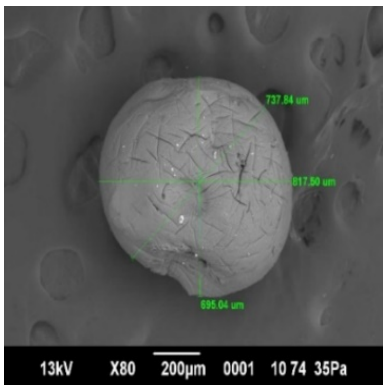
5 - сурет. Микроскоптау нәтижелері $0,7\times10^{-3}$м алынған капсулалар



0,5% натрий альгинат

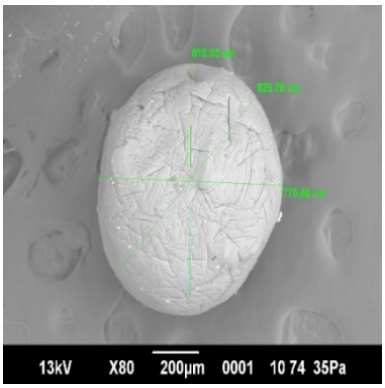


0,8 % натрий альгинат

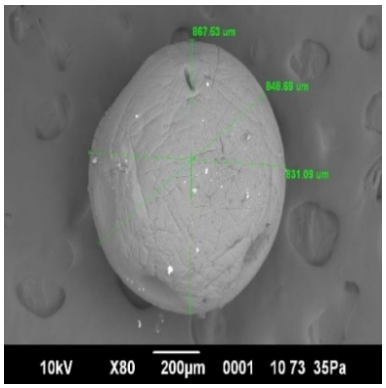


1 % натрий альгинат

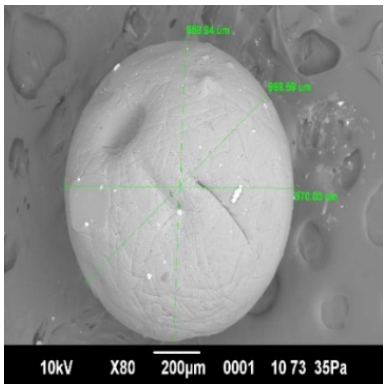
6 - сурет. Микроскоптау нәтижелері $1,0\times10^{-3}$м алынған капсулалар



0,5% натрий альгинат



0,8 % натрий альгинат



1 % натрий альгинат

7 - сурет. Микроскоптау нәтижелері $1,2\times10^{-3}$м алынған капсулалар

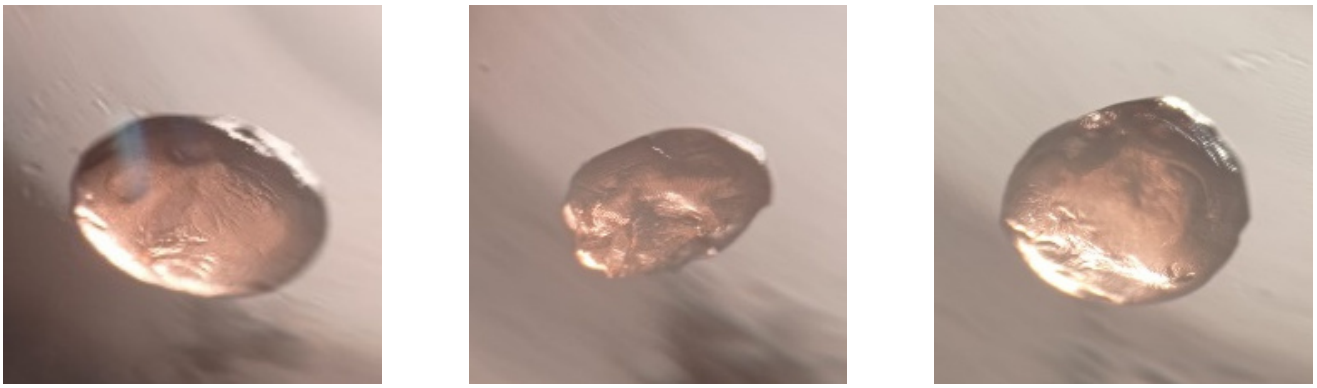
Тәжірибе жасау кезінде 1 үлгідегі форсунка тесік диаметрі $d=0,7\times10^{-3}$м, натрий алгинатының концентрациясы 0,5% капсуладағы тұтқырлығы төмен болды, 8 - суретте капсулалар дұрыс емес пішінді және дұрыс емес құрылымды болды, жұмсақ консистенциялы, физикалық әсерден оңай бұзылады, орташа диаметрі $0,4\times10^{-3}$м болды. Ал натрий альгинаты 0,8% концентрациясында алынған капсулалар пішіні дұрыс емес және құрылымы дұрыс емес, консистенциясы жұмсақ, физикалық әсерден оңай бұзылатын, орташа диаметрі $0,6\times10^{-3}$м. Натрий альгинаты 1% концентрациясында алынған капсулалар пішіні дөңгелек шар тәрізді және біркелкі, жұмсақ, бірақ физикалық әсерге тұрақты диаметрі $0,7\times10^{-3}$м болды.



0,5% натрий альгинаты **0,8% натрий альгинаты** **1% натрий альгинаты**

8 - сурет. Микроскоптау нәтижелері алынған $d=0,7\times10^{-3}$м капсулалар

Форсунка тесігінің диаметрі 2 үлгідегі $d=1,0\times10^{-3}$м, 0,5% натрий альгинаты концентрациясында алынған капсула 9 - суретте көрсетілгендей пішіні дұрыс емес және құрылымы дұрыс емес, консистенциясы жұмсақ, физикалық әсерден оңай бұзылады, орташа диаметрі $0,9\times10^{-3}$м болады.



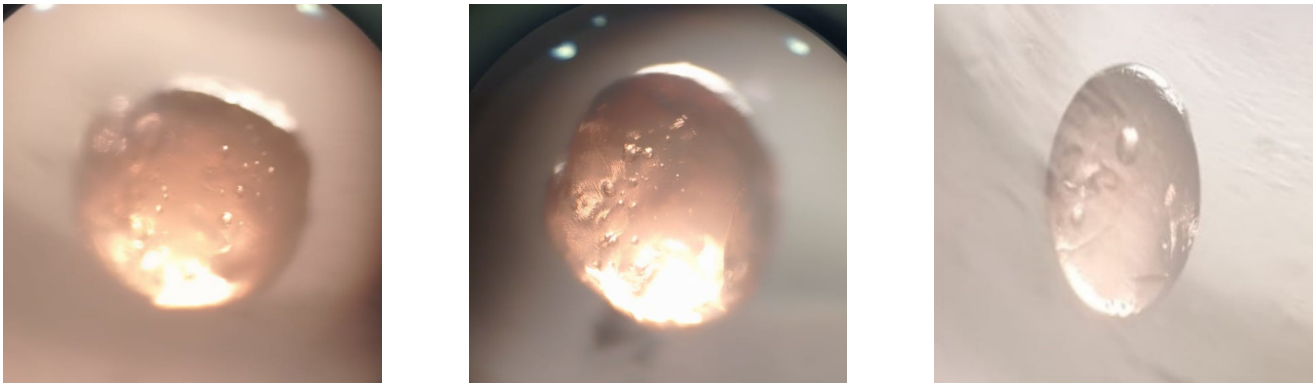
0,5% натрий альгинаты **0,8% натрий альгинаты** **1% натрий альгинаты**

9 - сурет. Микроскоптау нәтижелері алынған $d=1,0\times10^{-3}$м капсулалар

Ал 0,8% натрий альгинаты концентрациясында пішіні дұрыс емес құрылымды капсулалар жұмсақ консистенцияға ие, физикалық әсерден оңай бұзылады және орташа диаметрі $1,1\times10^{-3}$м болды.1% натрий алгинаты концентрациясында алынған капсулалар дөңгелек пішінді және біркелкі, жұмсақ, бірақ физикалық әсерде тұрақты және орташа диаметрі $1,2\times10^{-3}$м болды [13, 14].

Сонымен, форсунка тесігінің диаметрі 3 үлгідегі тәжірибеде $d=1,2\times10^{-3}$м үлгідегі 0,5% натрий алгинаты капсулалары концентрациясында алынған капсулалар 10 - суретте көрсетілгендей пішіні

біркелкі және құрылымы біртекті, консистенциясы жұмсақ болды, физикалық әсерден оңай бұзылады, орташа диаметрі $1{,}1\times10^{-3}$м болды.



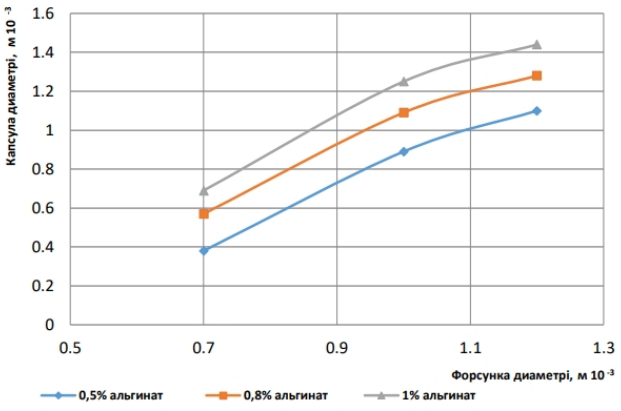
0,5% натрий альгинаты **0,8% натрий альгинаты** **1% натрий альгинаты**

10 - сурет. Микроскоптау нәтижелері алынған $d=1{,}2\times10^{-3}$м капсулалар

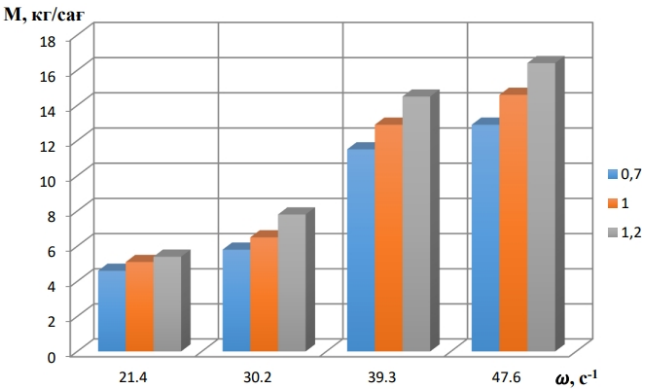
Ал 0,8% натрий алгинаты концентрациясында алынған капсулалар қалыпты пішінді және біртекті консистенциялы, физикалық әсерден оңай бұзылады, орташа диаметрі $1{,}3\times10^{-3}$м болады.1% альгинат концентрациясында жоғары тұтқырлыққа байланысты алынған капсулалар дөңгелек пішінді және біртекті, жұмсақ, физикалық әсер кезінде тұрақты, орташа диаметрі $1{,}4\times10^{-3}$м болды [15].

Капсулаларға талдау жүргізе отырып, оңтайлы деп 3 үлгі ортадан тепкіш форсунка тесік диаметрі $d=1{,}2\times10^{-3}$м алынды, ал капсулалауға арналған материал ретінде 1% натрий альгинаты концентрациясы қабылданды, себебі алынған капсулалар талаптарға сәйкес келеді, алынған капсула орташа диаметрі $1{,}4\times10^{-3}$м болды. Осы құрамнан жасалған капсулалар әдемі дөңгелек пішінді, құрылымы біркелкі, жұмсақ консистенциялы, физикалық әсерге төзімді болып келеді.

Капсула өлшемдерінің ортадан тепкіш форсунка тесіктерінің диаметріне тәуелділігін анықтау үшін 11 - суретте графикте көрсетілген. Графикте форсунка диаметрінің капсула өлшемдеріне әсері көрсетілген, ал тәжірибе жүргізу кезінде форсунка тесіктерінің диаметрі үлкейген сайын, алынған капсулалар диаметрі де үлкейді.

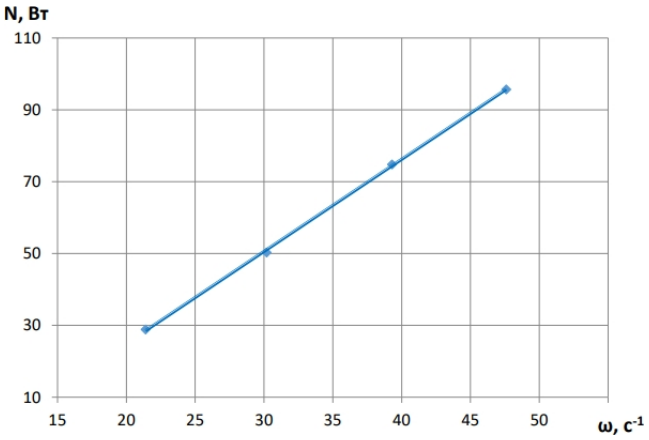


11 - сурет. Капсула диаметрінің форсункадағы тесік диаметріне тәуелділігі



12 - сурет. Қондырғы өнімділігі пайдаланылатын форсунка түріне тәуелділігі

Әр түрлі пайдаланылған ортадан тепкіш форсункалар арқылы, тісті сорғының айналу жиілігіне байланысты, қондырғының өнімділігі анықталды, 12 – ші суретте көрсетілгендей.



13 - сурет. Қондырғының тұтынылатын қуаты

Тісті сорғының айналу жиілігінің өсуімен, қондырғының тұтынылатын қуаты да өсетін көруге болады. HY4300 мультиметрінде қондырғының энергетикалық сипаттамаларын анықталды, 13 - суретке сәйкес график тұрғызылды.

Төмен айналу жиілігінде 21,4 $с^{-1}$, 30,2 $с^{-1}$ тісті сорғының форсунка диаметрлері $0,7\times10^{-3}$м, $1,0\times10^{-3}$м, $1,2\times10^{-3}$м өнімділігі аз болады, себебі Ньютондық емес сұйықтық болып табылады. Төмен жылдамдықта гель түзетін қоспа тұтқырлығы жоғары болады, нәтижесінде диаметрі үлкен форсунканың өткізу қабілеті жоғары болады. Жоғары айналу жиілігінде тісті сорғының 39,3 $с^{-1}$, 47,6 $с^{-1}$ гель түзетін қоспаның тұтқырлығы төмендейді, $0,7\times10^{-3}$м, $1,0\times10^{-3}$м, $1,2\times10^{-3}$м форсунка диаметрлері өткізу қабілеті өнімділігі артады [16, 17].

Қорытынды. Тұтқырлық пен температураның байланысы натрий альгинаты ерітіндісінің концентрациясы мен температураға тәуелділігі зерттелген.40°С температурасы ең қолайлы ретінде таңдалған, себебі бұл температурада тұтқырлық ротор айналу жиілігіне аз тәуелді. Капсулалау параметрлері ортадан тепкіш форсунка тесігінің диаметрі: $d=1,2\times10^{-3}$ м, капсулалау материалы: 1% натрий альгинаты ерітіндісі. Алынған капсулалардың орташа диаметрі: $1,4\times10^{-3}$м. Бұл зерттеудің негізгі нәтижелері өндіріс процесін тұрақтандыруға және капсула сапасын жақсартуға көмектеседі.

Әдебиеттер

1. Тихонов С.Л., Харапаев М.Н., Тихонова Н.В. Микрокапсулирование аскорбиновой кислоты и его использование в пищевой промышленности // e-forum. - 2020. - № 3 (12). - 13 с.

2. Нурбекова Г.Б., Байбалинова Г.М., Какимова Ж.Х. Общая характеристика и биологическая роль пробиотиков // Вестник ГУ им. Шакарима.- 2015. - №1 (69). – С.29-31.

3. Бепеева А.Е. Исследование и разработка технологии производства кисломолочного продукта с инкапсулированными пробиотиками дис. ... д-ра философии (PhD): 6D072700 - Технология продовольственных продуктов.- Семей: ГУ им. Шакарима, Семей, 2016. – 167с

4. Saad N., Delattre C., Urdaci M., Schmitter J.M., Bressollier P. An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field // LWT - Food Science and Technology. - 2013.-Vol.50(1). – P.1-16. DOI 10.1016/j.lwt.2012.05.014

5. Ran S., Xiao-Li Zh., Dai-Di F., Yu M., Chan-Yuan Y., Xin J. Encapsulation of probiotic Bifidobacterium longum BIOMA 5920 with alginate– human-like collagen and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions// International Journal of Biological Macromolecules. - 2011.- Vol.49(5). - P.979-984. DOI 10.1016/j.ijbiomac.2011.08.018

6. ҚР пайдалы модельге патенті № 9093. Капсулаған өнімдерді өндіруге арналған қондырғы. Ташыбаева М.М., Какимов А.К., Майоров А.А., Ибрагимов Н.К., Джумажанова М.М., Жумадилова Г.А., Муратбаев А.М., Бакиева А.Б., Дукенбаев Д.К.

7. Инструкция по эксплуатации растрового электронного микроскопа «JSM-6390LV JEOL». – Япония, 2008.- 42 с.

8. Дюсембаев С.Т., Ибрагимов Н.К., Иминова Д.Е., Омаргалиева Н.К., Бедьярова С.К. Методика приготовления препаратов растений для растрового электронного микроскопа // Мат. межд. научно-практ. конф. «Перспективы инновационного развития АПК в Казахстане».- Семей, 2014. - С.142-144

9. Joseph I.G., Dale E.N., Echlin P., David C., Joy C., Fiori E. Lifshin Scsnning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis.- New York, General Electric Corporate, 1989. - 673 p.

ISBN 978-1-4613-4969-3, ISBN 978-1-4615-0215-9 (eBook)

10. Piz D. Histological technique in electron microscopy: Electron Microscopy // Interscience.- New York, 2013. -160 p.ISBN 9781483231921

11. Техническое описание и инструкция по эксплуатации замораживающий столик ОЛ-30 – Харьков: Завод-производитель ООО Индмедпром, 2010.- 12 с.

12. Техническое описание и инструкция по эксплуатации Микротом санный МС-2 – Харьков: Издательство «ПРАПОР», 2010.- 10 с.

13. Инструкция по эксплуатации лиофильную сушку JFD-320 JEOL. – Япония, 2009. - 10 с.

14. Инструкция по эксплуатации вакуумной напыляющей установки JEE-420 JEOL. – Япония, 2010.- 14 с.

15. Ташыбаева М.М. Тамақ өнімдерін капсулалауға арналған қондырғыны жетілдіру. - Семей: «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, 2024. – 114 б. https://shakarim.edu.kz

16. Tashybayeva M., Kakimov A., Ibragimov N., Zhumadilova G., Muratbayev A., Jumazhanova M., Idyryshev B., Kapshakbayeva Z ., Bepeyeva A. Optimization of encapsulation parameters for sodium alginate capsules: A study on the effect of temperature and gear pump rotation speed on capsule production and quality // Food Process Engineering. – 2024. - №47(7):e14687. DOI 10.1111/jfpe.14687

17. Ташыбаева М.М., Какимов А.К., Майоров А.А., Жумадилова Г.А. Установка для капсулирования пробиотиков // Вестник КазУТБ. – Астана. – 2024. - №3(24). – С.399-410. DOI 10.58805/kazutb.v.3.24-353

References

1. Tihonov S.L., Harapaev M.N., Tihonova N.V. Mikrokapsulirovanie askorbinovoj kisloty i ego ispol’ zovanie v pishhevoj promyshlennosti // e-forum. - 2020. - № 3 (12). - 13 s. [in Russian]

2. Nupbekova G.B., Bajbalinova G.M., Kakimova Zh.H. Obshhaja hapaktepictika i biologicheckaja pol’ ppobiotikov // Vectnik GU im. Shakapima.- 2015. - №1 (69). – C.29-31. [in Russian]

3. Bepeeva A.E. Iccledovanie i pazpabotka tehnologii ppoizvodctva kiclomolochnogo ppodukta c inkapculipovannymi ppobiotikami dic. ... d-pa filocofii (PhD): 6D072700 - Tehnologija podovol’ ctvennyh ppoduktov.- Semej: GU im. Shakapima, Cemej, 2016. -167s. [in Russian]

4. Saad N., Delattre C., Urdaci M., Schmitter J.M., Bressollier P. An overview of the last advances in probiotic and prebiotic field // LWT - Food Science and Technology. - 2013.-Vol.50(1). – P.1-16. DOI 10.1016/j.lwt.2012.05.014

5. Ran S., Xiao-Li Zh., Dai-Di F., Yu M., Chan-Yuan Y., Xin J. Encapsulation of probiotic Bifidobacterium

longum BIOMA 5920 with alginate– human-like collagen and evaluation of survival in simulated gastrointestinal conditions// International Journal of Biological Macromolecules. - 2011.- Vol.49(5). - P.979-984. DOI 10.1016/j.ijbiomac.2011.08.018

6. ҚR pajdaly model' ge patenti № 9093. Kapsulaған өnimderdi өndiruge arnalған қondyrғy. Tashybaeva M.M., Kakimov A.K., Majorov A.A., Ibragimov N.K., Dzhumazhanova M.M., Zhumadilova G.A., Muratbaev A.M., Bakieva A.B., Dukenbaev D.K.[in Kazakh]

7. Inctpukcija po jekcpluatacii pactpovogo jelektponnogo mikpockopa «JSM-6390LV JEOL». – Japonija, 2008.- 42 s. [in Russian]

8. Djusembaev S.T., Ibragimov N.K., Iminova D.E., Omargalieva N.K., Bed' jarova S.K. Metodika prigotovlenija preparatov rastenij dlja rastrovogo jelektronnogo mikroskopa // Mat. mezhd. nauchno-prakt. konf. «Perspektivy innovacionnogo razvitija APK v Kazahstane».- Semej, 2014. - S.142-144. [in Russian]

9. Joseph I.G., Dale E.N., Echlin P., David C., Joy C., Fiori E. Lifshin Scsnning Electron Microscopy and X-Ray Microanalysis.- New York, General Electric Corporate, 1989. - 673 p.

ISBN 978-1-4613-4969-3, ISBN 978-1-4615-0215-9 (eBook)

10. Piz D. Histological technique in electron microscopy: Electron Microscopy // Interscience.- New York, 2013. -160 p.ISBN 9781483231921

11. Техническое описание и инструкция по эксплуатации замораживающий столик ОЛ-30 – Харьков: Завод-производитель ООО Индмедпром, 2010.- 12 с. [in Russian]

12. Техническое описание и инструкция по эксплуатации Микротом санный МС-2 – Харьков: Издательство «ПРАПОР», 2010.- 10 с. [in Russian]

13. Инструкция по эксплуатации лиофильную сушку JFD-320 JEOL. – Япония, 2009. - 10 с.

14. Инструкция по эксплуатации вакуумной напыляющей установки JEE-420 JEOL. – Япония, 2010.- 14 с. [in Russian]

15. Ташыбаева М.М. Тамақ өнімдерін капсулалауға арналған қондырғыны жетілдіру. - Семей: «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, 2024. – 114 б. https://shakarim.edu.kz [in Kazakh]

16. Tashybayeva M., Kakimov A., Ibragimov N., Zhumadilova G., Muratbayev A., Jumazhanova M., Idyryshev B., Kapshakbayeva Z ., Bepeyeva A. Optimization of encapsulation parameters for sodium alginate capsules: A study on the effect of temperature and gear pump rotation speed on capsule production and quality // Food Process Engineering. – 2024. - №47(7):e14687. DOI 10.1111/jfpe.14687

17. Tashybaeva M.M., Kakimov A.K., Majorov A.A., Zhumadilova G.A. Ustanovka dlja kapsulirovanija probiotikov // Vestnik KazUTB. – Astana. – 2024. - №3(24). – S.399-410. DOI 10.58805/kazutb.v.3.24-353. [in Russian]

Авторлар туралы мәліметтер

Ташыбаева М.М. - PhD, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, Семей, Қазақстан, e-mail: marzhan06081990@gmail.com;

Какимов А.К. - техника ғылымдарының докторы, профессор, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, Семей, Қазақстан, e-mail: bibi.53@mail.ru;

Жумадилова Г.А - PhD, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, Семей, Қазақстан, e- mail: zhumadilovaga@mail.ru;

Бакиева А.Б. - PhD, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, Семей, Қазақстан, e-mail: anara_bakieva@mail.ru;

Муратбаев А.М. – PhD, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, Семей, Қазақстан, e-mail:

great_mister@mail.ru.

Information about authors

Tashybayeva M.M. - PhD, Shakarim University of Semey, Kazakhstan, e-mail: marzhan06081990@gmail.com;

Kakimov A.K. – doctor of technical sciences, Shakarim University of Semey, Kazakhstan, e-mail: bibi.53@mail.ru;

Zhumadilova G.A. - PhD, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan, e-mail: zhumadilovaga@mail.ru;

Bakiyeva A.B. - PhD, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan, e-mail: anara_bakieva@mail.ru;

Muratbayev A.M. – PhD, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan, e-mail: great_mister@mail.ru.

МРНТИ 65.09.30 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-1001**

ОЦЕНКА ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ РАСТИТЕЛЬНЫХ АНАЛОГОВ МОЛОКА

[1]А. Аблаева✉, [2]Д.А. Тлевлесова, [1]Б. Хамитова, [3]Farah Saleena Taip, [2]С.Т. Азимова, [4]С. Бердіғалиұлы, [5]Ф.А. Махмудов

[1]Южно-Казахстанский университет им.М.Ауезова, Шымкент, Казахстан,
[2]Алматинский технологический университет,Алматы, Казахстан,
[3]University Putra Malaysia, Putrajaya, Malaysia,
[4]Казахский университет технологий бизнеса им.К.Кулажанова, Астана, Казахстан,
[5]Международный инженерно-технический университет, Алматы, Казахстан
✉Корреспондент-автор: ayzhanablayeva@gmail.com

Лактозная непереносимость становится всё более распространённой проблемой, что делает тему заменителей и аналогов молока актуальной. В связи с этим активно развивается рынок альтернативных молочных продуктов, включая растительное молоко, безлактозное молоко и продукты на основе ферментированных растительных ингредиентов. В статье представлены результаты комплексного анализа состава растительных аналогов молока, включая молоко из пророщенного маша, зелёной гречки и проса, с акцентом на содержание белков, жиров, углеводов, витаминов и минералов. Проведённое сравнение с соевым и овсяным молоком позволило выделить уникальные питательные свойства каждого типа молока. Были исследованы и проанализированы методы обработки, такие как ультразвуковая обработка, пастеризация и гомогенизация, которые существенно повышают стабильность и продлевают срок хранения молока из маша, гречки и проса. Сенсорные оценки показали, что молоко из пророщенного маша и зелёной гречки обладает привлекательными органолептическими характеристиками, включая ореховые и зерновые ноты, что делает их особенно интересными для потребителей, ищущих разнообразие вкусов. Особое внимание уделено обоснованию преимуществ этих растительных аналогов, таких как высокое содержание магния, антиоксидантов и клетчатки, что значительно повышает их ценность для здоровья. На основе проведённого исследования даны рекомендации по применению этих продуктов в различных категориях пищевой промышленности и предложены направления для дальнейших научных исследований и разработок.

Ключевые слова: растительное молоко, пророщенный маш, зелёная гречка, просо, ультразвуковая обработка, питательная ценность, стабильность.

ӨСІМДІК ТЕКТЕС СҮТТІҢ ТАМАҚТЫҚ ҚҰНАРЛЫЛЫҒЫ МЕН ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ

[1]А.Аблаева✉, [2]Д.А. Тлевлесова, [1]Б. Хамитова, [3]Farah Saleena Taip, [2]С.Т. Азимова, [4]С. Бердіғалиұлы, [5]Ф.А. Махмудов

[1]М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,
[2]Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,
[3]University Putra Malaysia, Путраджая, Малайзия,
[4]К.Кулажанов атындағы Қазақ бизнес және технология университеті, Астана, Қазақстан,
[5]Халықаралық инженерлік-техникалық университеті, Алматы, Қазақстан,
e-mail: ayzhanablayeva@gmail.com

Лактозаға төзбеушілік жиілеп бара жатқан өзекті мәселе болғандықтан, сүттің алмастырғыштары мен өсімдік негізіндегі аналогтарын зерттеу қажеттілігі артып келеді. Осыған байланысты өсімдік негізіндегі, лактозасыз және ферменттелген өсімдік өнімдеріне негізделген сүттің баламалары нарығы белсенді дамуда. Бұл мақалада маш, жасыл қарақұмық және тары негізінде дайындалған өсімдік сүтінің құрамы – ақуыздар, майлар, көмірсулар, дәрумендер мен минералдар – жан-жақты зерттеліп,

олардың соя және сұлы сүтімен салыстырмалы артықшылықтары көрсетілген. Ультрадыбыстық өңдеу, пастерлеу және гомогенизация әдістері сүттің тұрақтылығын арттыру және сақтау мерзімін ұзарту үшін қолданылды. Сенсорлық бағалау нәтижесінде маш пен жасыл қарақұмықтан алынған сүттің жаңғақ және дәнді дақылдарға тән дәмдік ерекшеліктері тұтынушылар үшін тартымды екені анықталды. Сонымен қатар, магний, антиоксиданттар және тағамдық талшықтардың жоғары мөлшері бұл өнімдердің адам денсаулығы үшін құндылығын арттырады. Зерттеу нәтижелері өсімдік сүтінің түрлерін тамақ өнеркәсібінде қолдану бойынша ұсыныстар жасауға және келешектегі ғылыми зерттеулерге негіз бола алады.

Түйін сөздер: өсімдік сүті, өнген маш, жасыл қарақұмық, тары, ультрадыбыстық өңдеу, тағамдық құндылық, тұрақтылық.

EVALUATION OF THE NUTRITIONAL VALUE AND STABILITY OF PLANT-BASED MILK ALTERNATIVES

[1] A. Ablayeva✉, [2]D.A. Tlevlessova, [1]B. Khamitova, [3]Farah Saleena Taip, [2]S.T. Azimova, [4]S. Berdigaliuly, [5]F.A. Makhmudov

[1]M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,
[2]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,
[3]University Putra Malaysia, Putrajaya, Malaysia,
[4]Kazakh University of Business and Technology named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan,
[5]International Engineering and Technical University, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: ayzhanablayeva@gmail.com

Lactose intolerance is becoming an increasingly common problem, making the topic of milk substitutes and analogues highly relevant. As a result, the market for alternative dairy products—including plant-based, lactose-free, and fermented plant-based milk—is rapidly growing. This study presents a comprehensive analysis of the composition of plant-based milk made from sprouted mung beans, green buckwheat, and millet, with a focus on protein, fat, carbohydrate, vitamin, and mineral content. A comparison with soy and oat milk highlights the unique nutritional properties of each milk type. Processing methods such as ultrasonic treatment, pasteurization, and homogenization were investigated to improve the stability and shelf life of the milk alternatives. Sensory evaluations showed that milk from sprouted mung beans and green buckwheat had appealing organoleptic characteristics, including nutty and grainy notes, making them attractive to consumers seeking variety in taste. Particular attention is given to their high levels of magnesium, antioxidants, and dietary fiber, which significantly enhance their health value. Based on the results, the study offers recommendations for the use of these products in various sectors of the food industry and outlines directions for further scientific research and development.

Keywords: plant-based milk, sprouted mung beans, green buckwheat, millet, ultrasonic treatment, nutritional value, stability.

Введение. Растительные молочко приобретают всё большую популярность как альтернатива традиционному коровьему молоку. Основными преимуществами являются их гипоаллергенность, отсутствие лактозы и содержание различных полезных элементов. В данном исследовании был проведен анализ элементного состава растительных аналогов молока из зелёной гречки, пророщенного маша, проса и овса.

Для начала работы был проведен анализ актуальности данного исследования. Проведен поиск научно-технической информации в наукометрических базах. Результаты поиска по ключевому слову ”растительное молоко” в базе данных Scopus за период 2021-2024 годы представлены на рисунках 1 и 2.

Рисунок 1 отображает количество и распределение научных публикаций, связанных с растительным молоком, в различных журналах и базах данных. Период поиска охватывает последние че-

тыре года, что позволяет актуализировать информацию и исключить устаревшие данные.

Рисунок 2 представляет данные по публикациям, которые были опубликованы исключительно в научных журналах и материалах конференций. Такой подход позволяет сфокусироваться на наиболее релевантных и признанных научных исследованиях в области растительных молочных аналогов.



Рис.1 - поиск по ключевому слову растительное молоко в базе Скопус

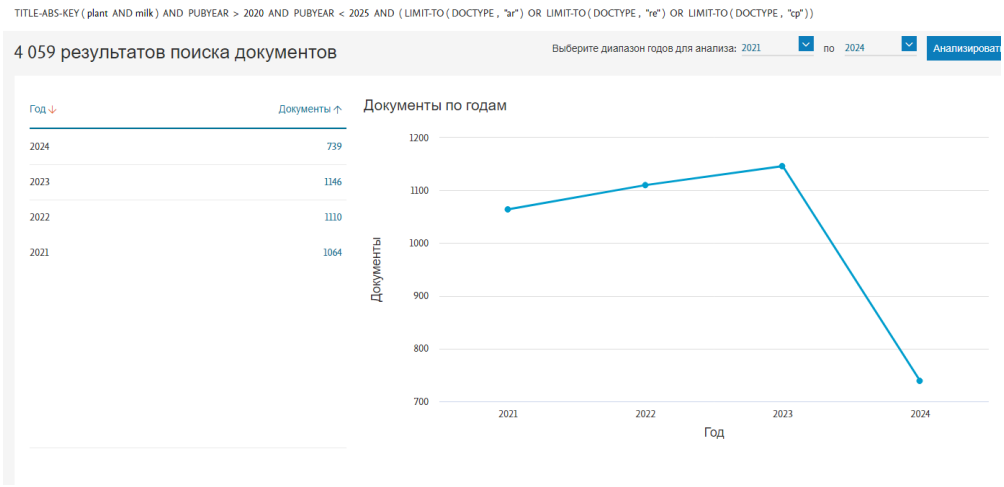


Рис.2 - поиск по ключевому слову растительное молоко тот же период только статьи в журналах и конференциях

В ходе данного исследования был проведен анализ текущих научных публикаций, посвященных растительному молоку, с использованием базы данных Scopus. В результате анализа выявлено, что за последние четыре года интерес к теме растительных молочных продуктов значительно возрос. Рисунки 1 и 2 показывают, что публикации, касающиеся растительного молока, активно появляются как в научных журналах, так и на конференциях, что подчеркивает актуальность темы и потребность в дальнейшем изучении этого направления.

Разработка растительных аналогов молока является актуальной темой в современной пищевой

науке, поскольку растет потребность в продуктах, которые могут заменить традиционное коровье молоко, особенно для людей подверженных аллергии, непереносимостью лактозы или тех, кто следует веганскому или вегетарианскому образу жизни.

Этот анализ подтверждает, что разработка растительных аналогов молока продолжает оставаться важной и востребованной областью исследования, особенно в контексте растущего спроса на альтернативы традиционному коровьему молоку.

Одним из ключевых аспектов разработки растительных молочных аналогов является обеспечение их питательной ценности, сопоставимой с коровьим молоком. Соевое молоко, например, известно своим высоким содержанием белка, который составляет около 3,4 г на 100 мл, что делает его одним из наиболее питательных растительных аналогов [1, 2].

Овсяное молоко, с другой стороны, содержит больше углеводов, что делает его популярным выбором среди людей, ищущих источник энергии с низким содержанием жиров. В то же время такие аналоги, как молоко из пророщенного маша, зелёной гречки и проса, предлагают уникальные питательные профили, которые делают их ценными дополнениями к рациону [1]. Например, маш и гречка богаты магнием и антиоксидантами, что способствует улучшению здоровья сердечно-сосудистой системы и снижению уровня воспалений.

Растительные аналоги молока, как правило, подвержены фазовой сепарации и микробной порче, что ограничивает их срок хранения. Однако современные технологии, такие как ультразвуковая обработка, пастеризация и добавление стабилизаторов, позволяют значительно улучшить стабильность и продлить срок хранения этих продуктов [3]. Например, исследования показали, что ультразвуковая обработка может уменьшить размер частиц, улучшая текстуру и предотвращая разделение фаз в соевом и овсяном молоке.

Органолептические характеристики, такие как вкус, текстура и аромат, являются важными факторами, влияющими на принятие потребителями растительных молочных аналогов. Соевое молоко, несмотря на свои питательные преимущества, может иметь специфический вкус, который не всем нравится, в то время как миндальное молоко часто предпочитается за его мягкий вкус и легкую текстуру [4]. Молоко из пророщенного маша и гречки обладает уникальными вкусовыми характеристиками, такими как ореховые и зерновые нотки, что делает их интересными для тех, кто ищет разнообразие вкусов в своем рационе.

Растительные молочные аналоги также предлагают различные преимущества для здоровья, включая гипоаллергенные свойства, отсутствие лактозы и наличие полезных фитонутриентов. Молоко из маша и гречки, например, богато антиоксидантами и полифенолами, которые могут способствовать снижению риска сердечно-сосудистых заболеваний и улучшению общего состояния здоровья [5-11].

Так же были исследованы изменения в показателях качества коммерческих напитков из миндаля и овса при микробиальной ферментации. Их работа показала, что ферментация улучшает органолептические характеристики и питательную ценность растительных напитков. Увеличилось содержание полезных бактерий, что делает такие напитки функциональными продуктами для поддержания здоровья желудочно-кишечного тракта [12]. Была проведена питательная оценка соевого молока и его продуктов. Исследование показало, что регулярное потребление этих продуктов способствует улучшению глюколипидного профиля крови, включая снижение уровня холестерина и триглицеридов, что подтверждает их пользу для сердечно-сосудистой системы [13]. Использование пророщенных соевых бобов улучшает функциональные свойства соевого молока, включая его текстуру, вкусовые характеристики и стабильность. Пророщенные бобы обогащают молоко антиоксидантами и аминокислотами, что делает его более питательным [14]. Использование атмосферной нетепловой плазменной системы для микробной деконтаминации овсяного молока оказалось эффективным для снижения микробной нагрузки без изменения физико-химических свойств продукта, что позволяет про-

длить его срок хранения [15]. Исследование [16] показало, что правильный выбор модели фильтрации влияет на стабильность продукта и позволяет снизить уровень нежелательных примесей, что особенно важно для крупномасштабного производства растительных напитков.

Ключевые аспекты стабильности растительных молочных аналогов были исследованы в обзоре *Stability Aspects of Non-Dairy Milk Alternatives* (IntechOpen). Авторы отметили, что использование стабилизаторов, ультразвуковой обработки и ферментации значительно снижает фазовую сепарацию и улучшает текстуру напитков [3].

Анализ статьи *Plant-Based Milk Substitutes: Factors to Lead to Its Use and Benefits to Human Health* (IntechOpen) показал, что растительные аналоги молока являются не только альтернативой для людей с непереносимостью лактозы, но и источником необходимых нутриентов, таких как кальций, белки и витамины. Однако их питательная ценность сильно зависит от используемого сырья и технологий обработки. Производство растительных молочных аналогов, как правило, требует меньше ресурсов и оказывает меньшее воздействие на окружающую среду по сравнению с производством коровьего молока. Например, выращивание сои, овса и некоторых зерновых культур требует меньше воды и земли, что делает эти продукты более устойчивыми и экологичными [17]. Кроме того, растительное молоко является важным компонентом веганского и вегетарианского образа жизни, что способствует снижению использования продуктов животного происхождения и уменьшению углеродного следа.

В работе *A Comparative Analysis of Plant-Based Milk Alternatives* (2022) проведён сравнительный анализ растительных молочных аналогов по их составу, органолептическим характеристикам и питательной ценности. Миндальное молоко выделяется мягким вкусом, овсяное — высокой концентрацией углеводов, а соевое — богатством белков. Несмотря на различия, все виды напитков получили положительную оценку за экологичность и низкий углеродный след [18].

В обзоре литературы было показано, что разработка растительных аналогов молока, таких как соевое, овсяное, миндальное, а также молоко из пророщенного маша, зелёной гречки и проса, имеет множество преимуществ. Эти продукты не только обеспечивают питательные вещества, необходимые для поддержания здоровья, но и предлагают разнообразие вкусов и текстур, которые могут удовлетворить различные предпочтения потребителей. Современные технологии обработки позволяют улучшить стабильность и срок хранения растительных молочных аналогов, делая их более удобными и доступными для широкого круга потребителей. Экологические и этические аспекты также играют важную роль в популяризации этих продуктов.

Таким образом, растительные аналоги молока представляют собой перспективную альтернативу традиционному молоку, удовлетворяющую потребности как в питательных веществах, так и в улучшении устойчивости пищевых систем.

Цель данной статьи заключается в обосновании разработки и оценки растительных аналогов молока, таких как молоко из пророщенного маша, зелёной гречки и проса, с точки зрения их питательной ценности, стабильности, органолептических характеристик и пользы для здоровья. Особое внимание уделяется сравнению с традиционными аналогами, такими как соевое и овсяное молоко, а также определению их места в рационе современного потребителя.

Гипотеза исследования заключается в том, что молоко из пророщенного маша, зелёной гречки и проса может не только успешно конкурировать с традиционными растительными аналогами, такими как соевое и овсяное молоко, но и предложить уникальные преимущества, благодаря своим специфическим питательным и функциональным свойствам.

Новизна статьи состоит в комплексном подходе к оценке растительных молочных аналогов из менее распространённых злаков и бобовых, таких как маш, гречка и просо. В отличие от большинства существующих исследований, акцент сделан на уникальных питательных свойствах, органолептических характеристиках и технологических аспектах обработки этих продуктов, что позволяет предложить новые возможно-

сти для их использования в пищевой промышленности.

Задачи. Для достижения поставленной цели и проверки гипотезы в статье решаются следующие задачи:

- провести сравнительный анализ питательной ценности растительных аналогов молока, включая содержание белков, жиров, углеводов, витаминов и минералов;

- оценить стабильность растительных молочных продуктов при хранении, используя современные методы обработки и консервации;

- исследовать органолептические характеристики (вкус, текстура, аромат) различных типов растительного молока и определить их потребительскую привлекательность;

- обосновать преимущества использования менее распространённых злаков и бобовых (маш, гречка, просо) в качестве основы для растительных молочных аналогов с точки зрения их пользы для здоровья и экологической устойчивости.

- разработать рекомендации по использованию растительных молочных аналогов в различных категориях пищевой продукции, учитывая их специфические свойства и предпочтения потребителей.

Материалы и методы. *Подготовка растительных молочных аналогов*: Суспензии из каждого вида сырья готовились путём измельчения зёрен с добавлением воды в соотношении 1:3. Жидкость фильтровалась для отделения твёрдых частиц, а затем подвергалась ультразвуковой обработке для повышения стабильности.

Таблица 1 - Минеральный и витаминный состав растительного молока из маша, гречки и проса

Показатель	Молоко из маша	Молоко из гречки	Молоко из проса
Калий (K)	15.95%	29.29%	16.35%
Фосфор (P)	15.84%	7.18%	10.43%
Магний (Mg)	5.21%	4.24%	3.64%
Кальций (Ca)	1.14%	3.62%	1.21%
Железо (Fe)	0.32%	—	—
Витамин C	Высокий (после проращивания)	Умеренный	—
Витамины группы B	B1, B2	B1, B2, B3	B3
Витамин E	Следы	Присутствует	Присутствует
Рутин (витамин P)	—	Присутствует	—
β-каротин	—	—	Присутствует

Химический анализ состава: Для анализа элементного состава использовался спектрометрический метод, проводившийся в ИРЛИП ”К и Б М” ЮКУ им. М. Ауезова. Весовой процент каждого элемента (C, O, Na, Mg, P, S, K, Ca и др.) был рассчитан для всех образцов (см. данные). Анализ каждого образца проводился с целью определения процентного содержания элементов, таких как углерод (C), кислород (O), натрий (Na), магний (Mg), алюминий (Al), кремний (Si), фосфор (P), сера (S), хлор (Cl), калий (K), кальций (Ca) и железо (Fe). Применение спектрального анализа позволило выявить особенности химического состава растительного молока, полученного из разных источников, что может оказывать влияние на его питательную ценность и функциональные

свойства.

Измерение pH и вязкости растительного молока позволяет оценить его стабильность и пригодность к хранению. Эти параметры часто измеряются с использованием pH-метров и вискозиметров [3].

Изучение различных технологических процессов, таких как ультразвуковая обработка, гомогенизация, пастеризация и ультравысокое давление. Эти методы применяются для повышения стабильности растительного молока и продления сроков его хранения [1]. Анализировали, как различные методы обработки влияют на питательные характеристики и сенсорные свойства растительного молока, включая сохранение витаминов и минералов, а также предотвращение разделения фаз [3]. Ультразвуковой аппарат *Sonics VCX-500* (мощность 400 Вт, частота 20 кГц) использовался для стабилизации смеси.

Для химического анализа состава использовали *Спектрометр Thermo Nicolet FTIR* с целью определения содержания элементов.

Результаты и обсуждение.

1. ***Нутриентный анализ.*** Пищевая ценность растительных молочных напитков в значительной степени определяется их витаминно-минеральным составом, который зависит как от исходного растительного сырья, так и от метода обработки.

Элементы минерального состава были определены методом электронно-лучевой спектроскопии (ИРЛИП ЮКУ им. М. Ауезова). Эти данные приведены в Таблице

Результаты (табл.1) показывают, что каждый вид растительного молока имеет специфический витаминно-минеральный профиль, отражающий биохимические особенности соответствующего сырья:

- молоко из пророщенного маша выделяется высоким содержанием фосфора и калия, а также богатым комплексом водорастворимых витаминов (С и группы В), что делает его особенно полезным для поддержания метаболизма и восстановления после физических нагрузок;

- гречневое молоко является лидером по содержанию калия и обладает антиоксидантными свойствами за счёт наличия рутина и витамина Е. Оно также содержит значимые количества магния и витаминов В-комплекса, способствуя улучшению сосудистого и нервного здоровья;

- молоко из проса обладает сбалансированным минеральным составом, с наличием β-каротина, что делает его перспективным средством для профилактики дефицита витамина А и поддержания зрения. Также в нём выявлено достаточное содержание фосфора и витамина В3. Таким образом, все три напитка могут быть отнесены к функциональным продуктам питания. В зависимости от состава, они могут быть рекомендованы для включения в рацион определённых групп населения: детей, спортсменов, пожилых людей, а также лиц с нарушениями углеводного обмена и сосудистыми заболеваниями.

Молочко из зеленой гречки. На рисунке 3 представлена визуализация элементного состава растительного молока, приготовленного из зелёной гречки. Данные спектрального анализа позволяют выделить ключевые макро- и микроэлементы, обеспечивающие высокую питательную ценность продукта.

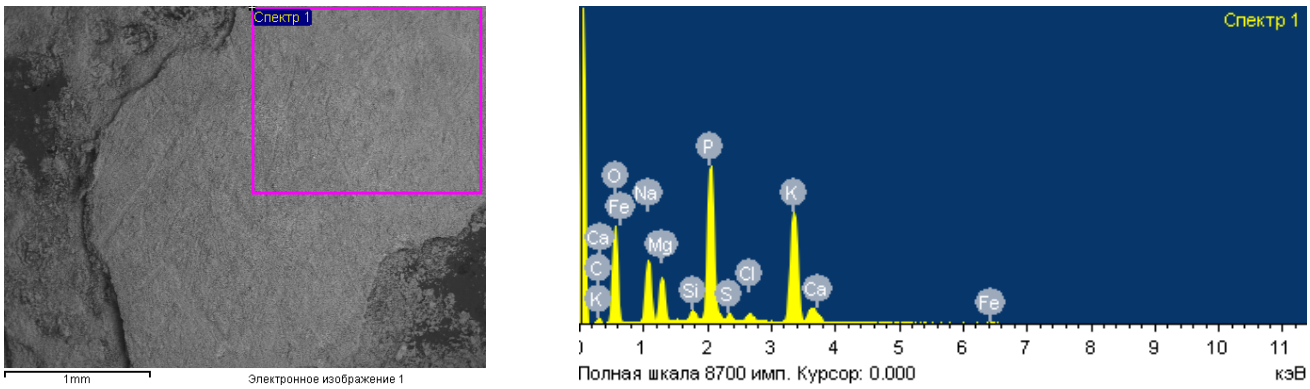


Рис.3 - Молочко зелёной гречки

Состав включает в себя значительное количество кислорода (36,87%) и калия (29,29%), а также присутствие таких элементов, как магний (4,24%) и фосфор (7,18%). Эти данные свидетельствуют о высоком содержании питательных веществ, особенно калия, что делает этот вид молочка полезным для поддержания электролитного баланса в организме.

Молочко из пророщенного маша. На рисунке 4 приведён элементный состав молочка, приготовленного из пророщенного маша. Полученные данные демонстрируют высокое содержание кислорода, фосфора и натрия, что указывает на значительный функциональный потенциал данного напитка в рационе питания.

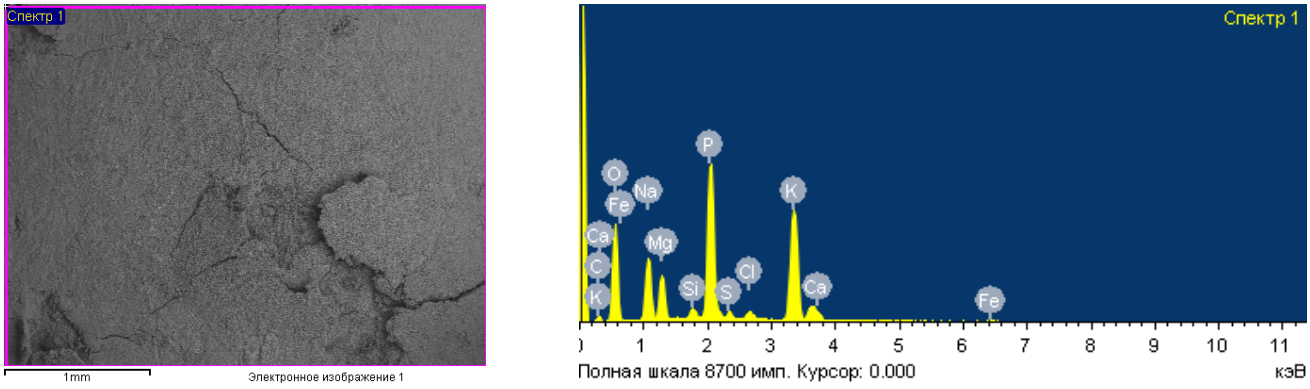


Рис.4 - Молочко из пророщенного маша

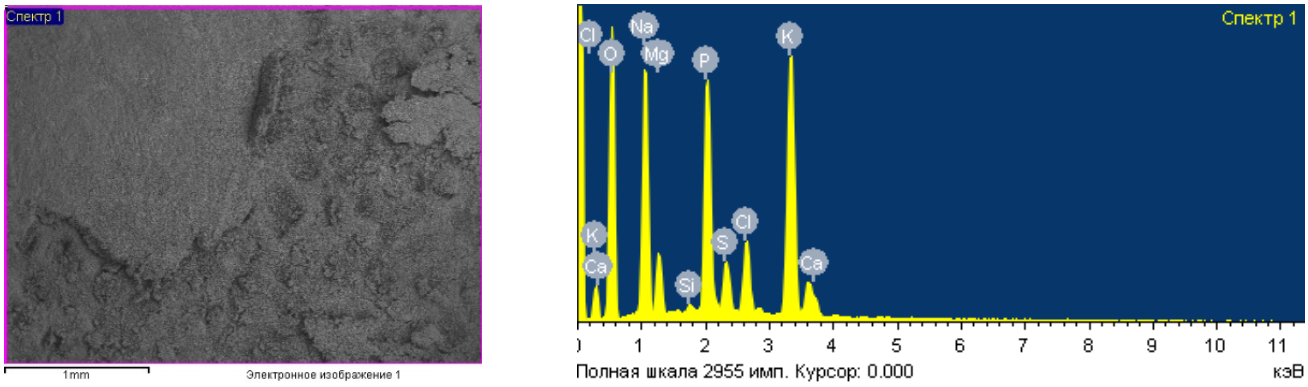


Рис.5 - Молочко из проса

Данный образец отличается высоким содержанием кислорода (39,43%) и фосфора (15,84%), а также значительным содержанием натрия (10,00%). Высокий уровень фосфора указывает на потенциал этого молочка в укреплении костной ткани и зубов.

Молочко из проса. На рисунке 5 представлен элементный состав молочка из проса. Образец отличается высоким содержанием кислорода и натрия, а также значительным уровнем фосфора и калия, что свидетельствует о его питательной ценности и возможной антиоксидантной активности.

Молочко из проса содержит наибольший процент кислорода (44,65%) и натрия (17,14%), что может указывать на его высокие окислительные свойства. Наличие фосфора (10,43%) и калия (16,35%) также выделяет этот продукт среди остальных по своим питательным характеристикам.

Молочко из овса. Этот образец характеризуется высоким содержанием кислорода (38,62%) и калия (22,96%), а также магния (8,83%) и фосфора (18,30%). Учитывая такие показатели, овсяное молочко можно рассматривать как богатый источник магния, который играет важную роль в функционировании нервной системы и мышц.

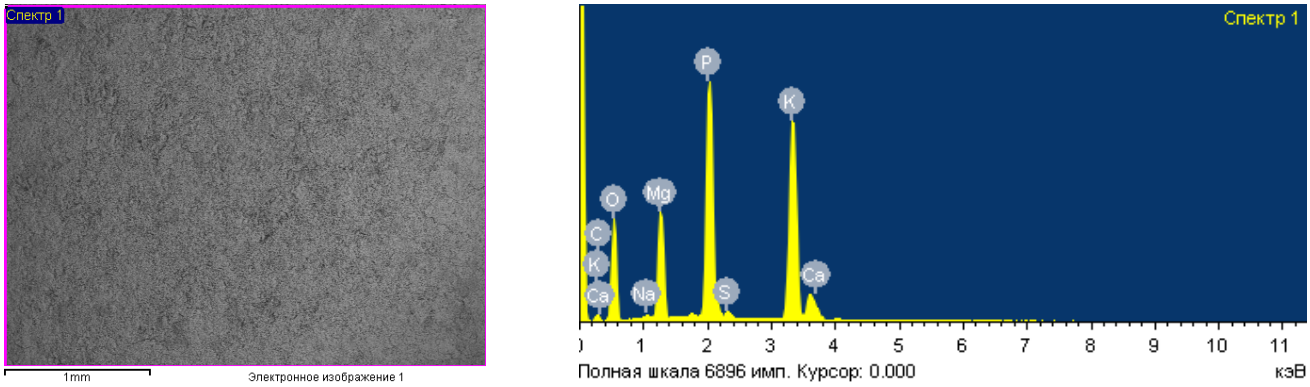


Рис.6 - Молочко из овса

Анализ результатов показал что: Содержание кислорода (O) во всех образцах варьируется, но наибольшее содержание наблюдается в молочке из проса (44.65%), а наименьшее — в молочке из зеленой гречки (36.87%).

Содержание натрия (Na) значительно варьируется, с наибольшим процентом в молочке из проса (17.14%) и наименьшим в молочке из овса (0.46%).

Калий (K) наиболее высок в молочке из зеленой гречки (29.29%) и овса (22.96%), что делает эти молочки хорошими источниками этого элемента.

Магний (Mg) наибольший процент содержится в молочке из овса (8.83%) и пророщенного маша (5.21%).

Фосфор (P) наиболее высок в молочке из овса (18.30%) и пророщенного маша (15.84%).

Кальций (Ca) содержится в наибольшем количестве в молочке из зеленой гречки (3.62%) и наименьшее в молочке из маша (1.14%).

На основе приведенных данных можно заключить, что каждое из приведенных видов растительного молочка имеет свои уникальные свойства. Молочко зелёной гречки и овса отличаются высоким содержанием калия, что делает их полезными для сердечно-сосудистой системы. В то же время молочко из пророщенного маша выделяется высоким уровнем фосфора, а молочко из проса содержит наибольшее количество натрия.

Таблица 2 - Сравнительный анализ макроэлементов и жирных кислот в различных типах растительного молока

Тип молока	Белок (г/100 мл)	Жиры (г/100 мл)	Углеводы (г/100 мл)	Основные жирные кислоты
Соевое	3.4	2.0	4.5	Линолевая кислота (C18:2), Олеиновая кислота (C18:1)
Миндальное	0.4	2.8	0.2	Линолевая кислота (C18:2)
Овсяное	1.0	1.5	8.0	Линолевая кислота (C18:2)
Рисовое	0.1	1.0	9.0	Линолевая кислота (C18:2)
Пророщенный маш	1.1	0.3	7.5	Линолевая кислота (C18:2)
Зелёная гречка	1.2	0.5	6.8	Линоленовая кислота (C18:3)
Просо	0.9	0.7	9.2	Пальмитиновая кислота (C16:0)

2. ***Физико-химический анализ.*** Таблица 2 представляет сравнительный анализ макроэлементов и жирных кислот в различных типах растительного молока.

Из таблицы 2 видно, что соевое молоко обладает самым высоким содержанием белка, тогда как рисовое и просо содержат наибольшее количество углеводов. Пророщенный маш и зелёная гречка демонстрируют сбалансированный состав с умеренным содержанием белков и углеводов.

pH и вязкость. Таблица 3 - иллюстрирует показатели pH и вязкости различных типов растительного молока при 25°C

Таблица 3 - pH и вязкость различных типов растительного молока при 25°C

Тип молока	pH	Вязкость (mPa·s)
Соевое	7.0	10.5
Миндальное	6.8	3.5
Овсяное	6.5	6.0
Рисовое	6.0	2.8
Пророщенный маш	6.2	4.2
Зелёная гречка	6.7	5.0
Просо	6.4	5.5

Согласно таблице 2, соевое молоко имеет наиболее нейтральный pH и наибольшую вязкость, что может влиять на его текстуру и стабильность. Пророщенный маш и зелёная гречка демонстрируют близкие к нейтральному значения pH, обеспечивая приятный вкус и стабильность продукта.

3. *Органолептический анализ*

Сравнительная органолептическая оценка растительных молочных аналогов по критериям вкуса, аромата и текстуры. В исследовании представлены наиболее популярные образцы на основе сои, миндаля, овса, а также альтернативные напитки из пророщенного маша, зелёной гречки и проса. Каждому параметру была присвоена оценка по 9-балльной шкале экспертами-дегустаторами.

На основании приведённых данных видно, что **миндальное молоко лидирует по вкусу,** в то время как **продукты из проса и зелёной гречки демонстрируют наилучшую текстуру.** Интересно отметить, что **молоко из пророщенного маша** имеет схожие показатели с традиционными видами и может служить полноценной альтернативой, особенно по аромату. Это подтверждает перспективность менее распространённых злаков и бобовых в разработке органолептически привлекательных растительных напитков.



Рис.7 - Сравнительная органолептическая оценка растительных молочных аналогов по критериям вкуса, аромата и текстуры

4. *Микробиологический анализ*

Таблица 4 демонстрирует микробную нагрузку в различных типах растительного молока.

Таблица 4 - Микробная нагрузка в различных типах растительного молока (CFU/мл)

Тип молока	Общая микробная нагрузка	Наличие патогенов (CFU/мл)
Соевое	100	Отсутствуют
Миндальное	100	Отсутствуют
Овсяное	500	Отсутствуют
Рисовое	500	Отсутствуют
Пророщенный маш	200	Отсутствуют
Зелёная гречка	150	Отсутствуют
Просо	300	Отсутствуют

Таблица 4 показывает, что все образцы растительного молока имеют низкую микробную нагрузку и отсутствие патогенов, что свидетельствует о их безопасности при правильной обработке и хранении.

5. *Технологический анализ.* Стабильность растительных молочных напитков является ключевым показателем их технологической пригодности и потребительской ценности.

Учитывая особенности сырья - пророщенного маша, зелёной гречки и проса - для обеспечения микробиологической безопасности, сохранения питательных веществ и улучшения органолептических характеристик были отобраны три основных метода обработки: мягкая термообработка (бланширование), гомогенизация и пастеризация.

Выбор этих методов основан на их широком применении в технологии растительных напитков, а также на научных публикациях, подтверждающих их эффективность в стабилизации суспензий, инактивации патогенной микрофлоры и снижении содержания антинутриентов. При этом каждый тип сырья требует индивидуального подхода, так как избыточная обработка может привести к потере функциональных свойств, а недостаточная - к нестабильности продукта при хранении.

В таблице 5 представлены оптимальные комбинации методов обработки, отобранные с учётом характеристик каждого вида растительного молока:

Таблица 5 - Влияние методов обработки на стабильность растительного молока

Метод обработки	Тип молока	Стабильность (дни хранения)	Заметки
Мягкая термообработка и измельчение	Пророщенный маш	7	Бланширование снижает антинутриенты и микробную нагрузку
Гомогенизация и пастеризация	Зелёная гречка	10	Улучшение текстуры, вкуса и однородности
Термическая обработка	Просо	8	Снижение микробной нагрузки, повышение сроков хранения

Пророщенный маш содержит активные ферменты, аминокислоты и чувствительные биоактивные вещества. Поэтому основным методом выбрана мягкая термообработка — бланширование при 70-80 °C позволяет обеспечить микробиологическую безопасность и уменьшить содержание ингибиторов ферментов, сохранив биологическую активность.

Для зелёной гречки была применена комбинация гомогенизации и пастеризации, что обусловлено необходимостью стабилизировать текстуру, улучшить вкус и продлить срок хранения. Гречневое молоко склонно к окислительным процессам, поэтому пастеризация также выполняет антиоксидантную роль.

Просо, благодаря своей волокнистой структуре и плотной текстуре, требует умеренной термической обработки, что обеспечивает стабильность и предотвращает разделение фаз без необходимости в более сложной обработке.

Таким образом, оптимизация обработки каждого типа растительного молока позволила достичь баланса между стабильностью, безопасностью и сохранением полезных свойств. Эти подходы могут быть рекомендованы для промышленного производства инновационных функциональных напитков.

Рекомендации:

- соевое молоко использовать для обогащения белком спортивных напитков и функциональных

коктейлей;

- миндальное молоко предлагать для низкокалорийных десертов и напитков;

- овсяное и рисовое молоко использовать как основу для напитков с высокой углеводной ценностью (энергетики);

- молоко из пророщенного маша и зелёной гречки включить в линейки продуктов для специализированных диет;

- рекомендовать комбинированные методы обработки (гомогенизация, пастеризация, ультразвук) для повышения стабильности продуктов.

Анализ таблиц показывает, что каждый вид растительного молока обладает уникальными свойствами и питательными характеристиками. Соевое молоко выделяется высоким содержанием белка, кальция и стабильностью. Пророщенный маш и зелёная гречка предлагают сбалансированный состав с высоким содержанием магния и приятными органолептическими свойствами.

Выбор конкретного вида растительного молока должен основываться на индивидуальных потребностях, вкусовых предпочтениях и целях потребления. Технологические методы обработки играют ключевую роль в обеспечении стабильности и безопасности продукта. Интеграция данных из различных источников, включая ваше исследование, позволяет создать более информативную базу для разработки и улучшения продуктов растительного происхождения.

Выводы.Пророщенный маш, зелёная гречка и просо действительно могут уступать соевому и овсяному молоку по некоторым показателям, таким как содержание белка и кальция. Однако это не означает, что они менее полезны.

Пророщенный маш - содержит значительно больше магния, чем соевое и овсяное молоко. Магний играет ключевую роль в поддержании нормальной функции мышц и нервов, способствует здоровью костей и поддерживает нормальный уровень сахара в крови [1]. Маш содержит меньше жиров, что делает его полезным для людей, следящих за потреблением жиров или стремящихся к снижению веса [2]. Маш содержит антиоксиданты и фитонутриенты, которые обладают противовоспалительными свойствами, что может способствовать снижению риска хронических заболеваний [2].

Зелёная гречка- гречка известна своим богатым содержанием антиоксидантов, таких как рутин, который помогает укрепить сосуды и уменьшить воспаление [1]. Для людей с непереносимостью глютена или целиакией зелёная гречка является отличным источником питательных веществ, не содержащих глютена [2].

Просо - просо богато сложными углеводами и клетчаткой, что способствует поддержанию стабильного уровня энергии и здоровья пищеварительной системы [1]. Просо имеет низкий гликемический индекс, что делает его подходящим для людей с диабетом или тех, кто стремится контролировать уровень сахара в крови [2].

Обоснование их полезности в сравнении с соевым и овсяным молоком

Хотя соевое и овсяное молоко имеют свои преимущества, пророщенный маш, зелёная гречка и просо предлагают уникальные полезные свойства, которые могут быть предпочтительны для определенных групп людей. Например, люди, которым необходим повышенный уровень магния, могут предпочесть молоко из маша.

Включение различных видов растительного молока в рацион позволяет разнообразить диету и обеспечить организм широким спектром питательных веществ, что может быть полезным для общего здоровья и профилактики заболеваний [1-2].

В отличие от сои, которая может вызывать аллергические реакции, молоко из гречки и маша является гипоаллергенным и может быть безопасным для людей с пищевой аллергией.

Пророщенный маш, зелёная гречка и просо не уступают соевому и овсяному молоку по всем показателям, а наоборот, обладают уникальными преимуществами, которые делают их незаменимыми для определенных групп людей и целей. Их ценность заключается не только в питательных свойствах, но и в их специфических функциях, которые они могут выполнять в диете. Выбор подходящего растительного молока должен основы-

ваться на индивидуальных потребностях, что делает молоко из маша, гречки и проса отличным дополнением к любому рациону.

Проведённое исследование элементного состава растительных молочков позволяет рекомендовать их для включения в рацион в зависимости от индивидуальных потребностей организма. Например, овсяное молочко можно рекомендовать для поддержания здоровья нервной системы благодаря высокому содержанию магния, а молочко зелёной гречки - для поддержания электролитного баланса благодаря высокому содержанию калия. Дальнейшие исследования могут включать анализ влияния этих молочков на здоровье в клинических условиях. Будущие исследования могут быть направлены на оптимизацию комбинаций обработки (например, ультразвук + мягкая пастеризация), которые сохраняют биоактивные компоненты, но обеспечивают стабильность напитков без добавок. На основе изученного сырья возможна разработка функциональных молочных аналогов с направленным действием — например, антиоксидантных, пробиотических или белковых напитков с использованием адаптогенов и натуральных антиоксидантов. Актуальной задачей является разработка стандартов и технологических регламентов для производства растительных молочных аналогов на основе нетрадиционных культур, что поспособствует их индустриализации и экспорту.

Литература

1. Daryani, D., Pegua, K., Aryaa, S.S. Review of plant-based milk analogue: its preparation, nutritional, physicochemical, and organoleptic properties // Food Science and Biotechnology. - 2024. -Vol.33. - P.1059-1073. DOI 10.1007/s10068-023-01482-z.

2. Pointke, M., Albrecht, E.H., Geburt, K., Gerken, M., Traulsen, I., Pawelzik, E. A comparative analysis of plant-based milk alternatives part 1: composition, sensory, and nutritional value // Sustainability. -2022. -Vol.14(13): 7996. DOI 10.3390/su14137996.

3. Dhankhar Jyotika and Preeti Kundu. Stability Aspects of Non-Dairy Milk Alternatives. Milk Substitutes - Selected Aspects. IntechOpen.- 2021. DOI 10.5772/intechopen.96376.

4. Hoppu, U., Puputti, S., Sandell, M. Factors related to sensory properties and consumer acceptance of vegetables // Critical Reviews in Food Science and Nutrition.-2021.-Vol.61(10). – P.1751–1761. DOI 10.1080/10408398.2020.1767034

5. Shen, P. Plant-Based Protein Flavor Maskers and Enhancers. In: Du, X., Yang, J. (eds) Flavor-Associated Applications in Health and Wellness Food Products.-Springer, Cham.-2024. DOI 10.1007/978-3-031-51808-9_13.

6. Huamaní-Perales, C., Vidaurre-Ruiz, J., Salas-Valerio, W. et al. A review of techno-functional properties of legume proteins and their potential for development of new products // Eur Food Res Technol. -2024.-Vol.250(8). - P.2069 - 2092. DOI 10.1007/s00217-024-04536-6.

7. Owusu-Apenten, R., Vieira, E. Dairy Products. In book: Elementary Food Science. Food Science Text Series. -2023. - p.399-431DOI 10.1007/978-3-030-65433-7_18.

8. Mollakhalili-Meybodi, N. et al. Sensory attributes of wheat bread: A review of influential factors // Journal of Food Measurement and Characterization.-2022. - Vol.17(3). – P.2172–2181. DOI 10.1007/s11694-022-01765-9

9. Reyes-Jurado, F. et al. Plant-based milk alternatives: Types, processes, benefits, and characteristics // Food Reviews International.-2021. -Vol.39(6).- P.2320-2351. DOI 10.1080/87559129.2021.1952421

10. Ramsing, R. et al. Dairy and plant-based milks: implications for nutrition and planetary health // Current Environmental Health Reports. -2023. -Vol.10(3).-P.291-302. DOI 10.1007/s40572-023-00400-z

11. Su, W. et al. Consumers' Preferences and Attitudes towards Plant-Based Milk // Foods.- 2023. -Vol.13(1). -P.2-20. DOI 10.3390/foods13010002

12. Dąbrowski, G., Paulauskienė, A., Baltušnikienė, A., Kłębukowska, L.,Czaplicki, S., Konopka, I. Changes in Selected Quality Indices in Microbially Fermented Commercial Almond and Oat Drinks //Applied Sciences. -2022. -Vol.12(19):9983. DOI 10.3390/app12199983.

13. De B., Shrivastava A., Das T., Goswami T.K. Physicochemical and nutritional assessment of soy milk and soymilk products and comparative evaluation of their effects on blood gluco-lipid profile // Applied Food Research-2022. -Vol.2(2): 100146. DOI 10.1016/j.afres.2022.100146.

14. Hu M. et al. Germination improves the functional properties of soybean and enhances soymilk quality //International Journal of Food Science & Technology.- 2021.-T.57(7).- P.3892-3902. DOI 10.1111/ijfs.15461

15. Easumalai G., Ranjitha Gracy T.K., Mishra A., Annapure U.S. Atmospheric Non-Thermal Plasma System for Microbial Decontamination of Oat Milk // Journal of Food Processing and Preservation.- 2021.- Vol. 46(1):e16181. DOI 10.1111/jfpp.16181.

16. Hodúr C., Szpisják-Gulyás N., Lemmer B., Jákói Z., Kertész S., László Z., Veréb G., Beszédes S. Comparison of filtering models for milk substitutes // Journal of Food Science and Technology. -2021.- Vol.58.- P.4429-4436. DOI 10.1007/s13197-020-04928-y.

17. Lais Zandona, Capolina Lima,Suzana Lannes Plant-Based Milk Substitutes: Factors to Lead to Its Use and Benefits to Human Health.// In: IntechOpen. -2020.- DOI 10.5772/intechopen.9449

18. Pointke M., Albrecht EH, Geburt K., Gerken M., Traulsen I., Pawelzik E. A Comparative Analysis of Plant-Based Milk Alternatives Part 1: Composition, Sensory, and Nutritional Value. Sustainability// Sustainability.-2022-Vol.14(13). DOI 10.3390/su14137996

Сведения об авторах

Аблаева А. - PhD-докторант, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан, e-mail: ayzhanablayeva@gmail.com;

Тлевлесова Д.А. - PhD, доцент, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, e-mail: tlevlessova@gmail.com;

Хамитова Б.М. - кандидат технических наук, доцент, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, Казахстан, e-mail: barno-007@mail.ru;

Farah Saleena Taip- PhD, Associate professor , University Putra Malaysia, Putrajaya, Malaysia, e-mail: farahsaleena@upm.edu.my;

Азимова С.Т.- PhD, доцент, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, e-mail: sanaazimova@mail.ru;

Бердіғалиұлы С. - PhD, Преподаватель кафедры технологий и стандартизации, Казахский университет технологий бизнеса имени К.Кулажанова, Астана, Казахстан, e-mail: b.90_sayat@mail.ru;

Махмудов Ф.А. – PhD, Преподаватель Международный инженерно-технологический университет, Алматы, Казахстан, e-mail: f.makhmudov@autodom-t.kz.

Information about the authors

Ablayeva A.- PhD student, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: ayzhanablayeva@gmail.com;

Tlevlessova D. - PhD, Associate Professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: tlevlessova@gmail.com;

Khamitova B. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: barno-007@mail.ru;

Farah Saleena Taip - PhD, Associate Professor, University Putra Malaysia, Putrajaya, Malaysia,

e-mail: farahsaleena@upm.edu.my;

Azimova S. -PhD, Associate Professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan.
e-mail: sanaazimova@mail.ru;

Berdigaliuly S. - PhD, Lecturer, Department of Technology and Standardization, K.Kulazhanov Kazakh University of Business and Technology, Astana, Kazakhstan, e-mail: b.90_sayat@mail.ru;

Makhmudov F. - PhD, Lecturer, International Engineering and Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: f.makhmudov@autodom-t.kz.

МРНТИ 65.35.03 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-1066**

КОМПОЗИТТІ ҰНДЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ЖҰМСАҚ ВАФЛИЛЕРДІҢ ТАҒАМДЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫН АРТТЫРУ

Б.Ж. Мулдабекова, А.Т. Жұмабекова, М.А. Якияева

Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан

Корреспондент-автор: yamadina88@mail.ru

Салауатты тамақтану мен функционалдық өнімдерге деген қызығушылықтың артуы аясында биологиялық құндылығы жоғары тағам өнімдерін әзірлеуге ерекше көңіл бөлінуде. Қазіргі тағам өнеркәсібінің өзекті бағыттарының бірі — құрамында тағамдық талшықтар, дәрумендер мен минералдар бар әртүрлі өсімдік текті шикізат қоспаларынан тұратын композитті ұнды пайдалану. Бұл зерттеу жұмысы жұмсақ вафлилердің тағамдық құндылығын арттыру мақсатында дәстүрлі бидай ұнын жүгері және қарақұмық ұнына ішінара алмастыру мүмкіндіктерін зерттеуге арналған. Зерттеудің мақсаты — композитті ұн қолдану арқылы тағамдық көрсеткіштері жақсартылған жұмсақ вафлилердің рецептурасын әзірлеу. Жұмыстың негізгі идеясы — жоғары дәмдік қасиеттер мен функционалдық мүмкіндіктерді біріктіретін, салауатты тамақтану мәдениетін қалыптастыруға ықпал ететін өнім жасау. Міндеттері — композитті ұн құрамындағы компоненттердің оңтайлы арақатынасын анықтау, алынған өнімнің органолептикалық, физико-химиялық көрсеткіштерін және тағамдық құндылығын бағалау. Зерттеудің ғылыми жаңалығы — жұмсақ вафли дайындауда бидай, жүгері және қарақұмық ұндарынан тұратын композитті ұнның нақты пропорцияларын қолдануда көрініс табады. Жұмыстың практикалық маңыздылығы — ұсынылған рецептураны диеталық және функционалдық нантоқаш өнімдерін өндіруде пайдалануға болатындығында. Зерттеу әдістемесі түрлі ұн түрлерін әртүрлі пропорцияда араластыру, органолептикалық (дәм, иіс, құрылым, түс) және физико-химиялық көрсеткіштер (ылғалдылық, құрылым) бойынша зертханалық сынақтар жүргізу, сондай-ақ дайын өнімнің тағамдық құндылығын талдау кезеңдерін қамтыды. Негізгі нәтижелер көрсеткендей, құрамында 30% жүгері ұны бар вафлилер оңтайлы сенсорлық сипаттамаларға ие болып, тұтынушылар тарапынан жоғары бағаланған. Осы негізде 40% бидай, 30% жүгері және 30% қарақұмық ұнынан тұратын рецептура жасалды. Алынған үлгілер құрамындағы тағамдық талшықтар мен ақуыз мөлшерінің жоғары болуымен, жақсарған органолептикалық қасиеттерімен және теңгерімді аминқышқылдық құрамымен ерекшеленді. Осылайша, жүргізілген зерттеу композитті ұнды пайдалану жұмсақ вафлилердің тағамдық құндылығын арттыруда тиімді екенін дәлелдеді. Бұл жұмыс функционалдық тағам өнімдері технологияларын дамытуға үлес қосып, салауатты тағам түрлерінің ассортиментін кеңейту мақсатында балама ұн түрлерін пайдаланудың негізділігін ұсынады. Зерттеу нәтижелерінің практикалық мәні — әзірленген рецептураны өнеркәсіптік өндірісте бейімдеуге және оны балаларға, егде жастағы адамдарға, сондай-ақ тағамдық талшыққа сұранысы жоғары тұтынушыларға арналған өнімдер жасау үшін қолдануға болатындығында.

Түйін сөздер: жұмсақ вафли, композитті ұн, бидай ұны, жүгері ұны, қарақұмық ұны, тағамдық құндылық, нутриенттік құрам, функционалдық тағам өнімдері.

ПОВЫШЕНИЕ ПИТАТЕЛЬНОЙ ЦЕННОСТИ МЯГКИХ ВАФЕЛЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИТНОЙ МУКИ

Б.Ж. Мулдабекова, А.Т. Жұмабекова, М.А. Якияева

Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,
e-mail: yamadina88@mail.ru

В условиях растущего интереса к здоровому питанию и функциональным продуктам особое внимание уделяется разработке пищевых изделий с повышенной биологической ценностью. Одним из

актуальных направлений современной пищевой промышленности является использование композитной муки — смесей различных видов растительного сырья, обогащённых пищевыми волокнами, витаминами и минералами. Данная работа посвящена исследованию возможностей повышения питательной ценности мягких вафель путём частичной замены традиционной пшеничной муки на кукурузную и гречневую муку. Целью исследования является разработка рецептуры мягких вафель с улучшенными показателями пищевой ценности за счёт применения композитной муки. Основной идеей работы стало создание продукта, сочетающего в себе высокие вкусовые качества и функциональные свойства, способствующие формированию культуры здорового питания. В качестве задач поставлено выявление оптимального соотношения компонентов композитной муки, оценка органолептических, физико-химических показателей и питательной ценности полученного продукта. Научная новизна исследования заключается в использовании определённых пропорций композитной муки на основе пшеничной, кукурузной и гречневой муки для приготовления мягких вафель. Практическая значимость работы обусловлена возможностью внедрения предложенной рецептуры в производство диетических и функциональных хлебобулочных изделий. Методология исследования включала этапы подбора и смешивания муки различных видов в разных пропорциях, лабораторные испытания по органолептическим и физико-химическим показателям (влажность, структура, цвет, вкус, аромат), а также анализ пищевой ценности конечного продукта. Основные результаты показывают, что вафли с 30% добавлением кукурузной муки обладают оптимальными сенсорными характеристиками и высокой потребительской оценкой. Далее была разработана рецептура, включающая 40% пшеничной, 30% кукурузной и 30% гречневой муки. Полученные образцы отличались повышенным содержанием пищевых волокон и белков, улучшенными органолептическими показателями и сбалансированным аминокислотным составом. Таким образом, проведённое исследование подтвердило эффективность использования композитной муки для повышения питательной ценности мягких вафель. Работа вносит вклад в развитие технологий функциональных продуктов питания, обоснованно предлагая применение альтернативных видов муки для расширения ассортимента изделий здорового питания. Практическое значение результатов заключается в возможности адаптации разработанной рецептуры в условиях промышленного производства и использовании её для создания продуктов, ориентированных на улучшение рациона питания различных групп населения, включая детей, пожилых людей и лиц с повышенной потребностью в пищевых волокнах.

Ключевые слова: мягкие вафли, композитная мука, пшеничная мука, кукурузная мука, гречневая мука, пищевая ценность, нутриентный состав, функциональные пищевые продукты

ENHANCING THE NUTRITIONAL VALUE OF SOFT WAFFLES THROUGH THE USE OF COMPOSITE FLOUR

B.Zh. Muldabekova, A.T. Zhumabekova, M.A. Yakiyayeva

Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: yamadina88@mail.ru

In the context of increasing interest in healthy nutrition and functional food products, special attention is being paid to the development of food items with enhanced biological value. One of the current trends in the modern food industry is the use of composite flour—blends of various types of plant-based raw materials enriched with dietary fibers, vitamins, and minerals. This study is devoted to exploring the possibilities of improving the nutritional value of soft waffles by partially replacing traditional wheat flour with corn and buckwheat flour. The aim of the research is to develop a formulation for soft waffles with improved nutritional characteristics through the use of composite flour. The main idea of the work is to create a product that combines high taste qualities with functional properties that promote a culture of healthy eating. The objectives include identifying the optimal ratio of composite flour components, evaluating organoleptic and physicochemical properties, and assessing the nutritional value of the resulting product.

The scientific novelty of the study lies in the use of specific proportions of composite flour based on wheat, corn, and buckwheat flours for the preparation of soft waffles. The practical significance of the work is determined by the possibility of implementing the proposed formulation in the production of dietary and functional bakery products. The methodology of the research involved the selection and mixing of different types of flour in various proportions, laboratory testing of organoleptic (taste, aroma, texture, color) and physicochemical properties (moisture content, structure), as well as analysis of the nutritional value of the final product. The main results show that waffles with 30% corn flour addition demonstrated optimal sensory characteristics and received high consumer ratings. Based on this, a formulation was developed using 40% wheat flour, 30% corn flour, and 30% buckwheat flour. The resulting samples exhibited increased levels of dietary fiber and protein, improved organoleptic qualities, and a balanced amino acid profile. Thus, the conducted study confirmed the effectiveness of using composite flour to enhance the nutritional value of soft waffles. The work contributes to the advancement of functional food product technologies and reasonably proposes the use of alternative flour types to diversify the range of healthy food products. The practical relevance of the results lies in the potential for adapting the developed formulation to industrial production and using it to create products aimed at improving the diet of various population groups, including children, the elderly, and individuals with increased dietary fiber requirements.

Keywords: soft waffles, composite flour, wheat flour, corn flour, buckwheat flour, nutritional value, nutrient composition, functional food products.

Кіріспе. Бүгінгі күнде халықтың денсаулығын жақсарту, әртүрлі аурулардың алдын алу мақсатында салауатты тамақтану мәдениетін қалыптастыру – қоғам үшін аса маңызды міндеттердің бірі болып табылады. Себебі дұрыс және теңгерімді тамақтану адамның жалпы әл-ауқатын арттырып қана қоймай, созылмалы аурулардың, оның ішінде жүрек-қан тамырлары, семіздік, диабет сияқты кең таралған дерттердің алдын алуға септігін тигізеді. Осы бағытта қазіргі таңда тағам өндірісі саласында көптеген ғалымдар мен мамандар белсенді зерттеулер жүргізіп, халыққа пайдалы әрі қауіпсіз өнім түрлерін ұсыну жолында еңбек етуде. Атап айтқанда, олар азықтүлік өнімдерінің функционалдық құрамын байыту, тағамдық және энергетикалық құндылығын жоғарылату, сондай-ақ биологиялық белсенді компоненттерді кеңінен қолдану арқылы жаңа буындағы өнімдерді ойлап тауып, тұтынушыларға ұсынуда [1, 2].

Сәйкесінше, құрамында денсаулыққа пайдалы компоненттер – дәрумендер, антиоксиданттар, тағамдық талшықтар және минералды заттар бар өнімдерге деген сұраныс жылдан жылға артып келеді. Бұл үрдіс әсіресе балалар мен ересектер күнделікті жиі тұтынатын нан-тоқаш және ұннан жасалған кондитерлік өнімдерге ерекше әсер етуде. Дегенмен, мұндай өнімдердің тағамдық құндылығын арттыра отырып, олардың дәмдік сапасын, құрылымдық қасиеттерін және сақтау мерзімін өзгеріссіз сақтау – қазіргі заманғы тағамтану ғылымының алдыңғы қатарлы мәселелерінің бірі болып қала беруде [3, 4].

Осы мәселені шешудің перспективалы жолдарының бірі – дәстүрлі бидай ұнын құрамында тағамдық талшықтар, микро- және макроэлементтер, биологиялық белсенді заттар көп болатын баламалы өсімдік текті ұндармен ішінара немесе толық алмастыру. Мұндай тәсіл тек өнімнің құнарлығын арттырып қана қоймай, оны функционалдық тағам санатына қосуға да мүмкіндік береді [5]. Сонымен қатар, бұл әдіс экологиялық тұрғыдан да тиімді, себебі ауыл шаруашылығында кеңінен таралған дақылдардың қайта өңделуін қамтамасыз етеді.

Композитті ұн қолдану қазіргі таңда тағам өндірісінде өнімнің тағамдық құндылығын арттырудың тиімді әрі кең таралған тәсілдерінің бірі ретінде қарастырылуда. Бұл әдіс арқылы алынған өнімдер тұтынушылардың физиологиялық қажеттіліктерін неғұрлым толық қамтамасыз ете алады. Мысалы, жүгері, қарақұмық, тары, сұ-

лы, нут және басқа да дәнді-бұршақты дақылдардан алынған ұн түрлерін қолдану өнімнің витаминдік және минералдық құрамын едәуір байытады. Сонымен қатар, бұл қосымшалар өнімнің органолептикалық қасиеттеріне – түсіне, дәміне, иісіне және құрылымына жағымды әсер ете отырып, технологиялық көрсеткіштерін де жақсартады [6, 7].

Зерттеулер көрсеткендей, жүгері мен қарақұмық ұны кондитерлік өнімдердің амин қышқылдық құрамын теңгеріп, антиоксиданттық белсенділігін арттырады. Бұл факторлар өнімнің функционалдық қасиеттерін күшейтіп, оны салауатты өмір салтын ұстанатын адамдар үшін тартымды етеді [8–10]. Сонымен бірге, мұндай композитті өнімдер балалар, қарт адамдар, спортшылар және арнайы диета ұстанатын тұтынушылар үшін де ерекше маңызға ие.

Материалдар мен әдісдер. Композиттік ұн негізінде тағамдық құндылығы жоғары жұмсақ вафли түрін әзірлеу мақсатында зерттеу жұмысы жүргізілді.

Бұл үшін тәжірибенің алғашқы кезеңінде дәстүрлі бидай ұнына жүгері ұны әртүрлі мөлшерде (10%, 20%, 30%, 40%, 50%) қосылып, бес түрлі вафли үлгісі дайындалды. Жүгері ұнының таңдалуы оның құрамында В тобы дәрумендерінің (тиамин, ниацин, фолат), магний, мырыш, темір және табиғи тағамдық талшықтардың болуымен байланысты. Бұл жүгері ұнын тек энергетикалық емес, сонымен қатар биологиялық құндылығы жоғары өнім ретінде пайдалануға мүмкіндік береді [11].

Барлық сынамалар бірдей технологиялық жағдайда, төмендегі 1-кестеде көрсетілген рецептура негізінде өндірілді.

1 - кесте. Бидай және жүгері ұндарын әртүрлі қатынаста қосып, вафли дайындаудың рецептурасы

Құрамы	Дәстүрлі рецептура	Эксперименттік рецептура				
	Бақылау нұсқасы	Үлгі 1	Үлгі 2	Үлгі 3	Үлгі 4	Үлгі 5
Сары май	60 г.	60 г.	60 г.	60 г.	60 г.	60 г.
Құмшекер	20 г.	20 г.	20 г.	20 г.	20 г.	20 г.
Сүт	70 мл.	70 мл.	70 мл.	70 мл.	70 мл.	70 мл.
Жұмыртқа	1 дана	1 дана	1 дана	1 дана	1 дана	1 дана
Қопсытқыш	2 г.	2 г.	2 г.	2 г.	2 г.	2 г.
Бидай ұны	100 г.	90 г.	80 г.	70 г.	60 г.	50 г.
Жүгері ұны	-	10 г.	20 г.	30 г.	40 г.	50 г.
Барлығы	182 г.	182 г.	182 г.	182 г.	182 г.	182 г.

Дайын вафли өнімдері органолептикалық және физика-химиялық көрсеткіштері бойынша салыстырмалы түрде бағаланды. Алынған нәтижелер негізінде ең жақсы сапа көрсеткен үлгі анықталып, келесі кезеңде осы үлгі базасында композиттік ұн (бидай – 40%, жүгері – 30%, қарақұмық – 30%) қолданылып, жаңа вафли нұсқасы дайындалды. Бұл үлгі әрі қарай тағамдық құндылығы мен тұтынушылық қасиеттері тұрғысынан терең зерттеуге жіберілді.

Нәтижелер мен талқылау. Органолептикалық және физика-химиялық талдау нәтижелері вафли үлгілерінің сапасына қосылған жүгері ұны мөлшерінің айтарлықтай әсер ететінін көрсетті.10% және 20% жүгері ұны қосылған үлгілерде вафлидің құрылымы мен дәмі жағымды болғанымен, бидай ұнына тым жақын болды.40% және 50% мөлшерінде қосылған үлгілерде қаттылық пен құрғақтық байқалды, бұл органолептикалық бағалауға кері әсер етті.

Ал 30% жүгері ұны қосылған үлгі барлық көрсеткіштер бойынша оңтайлы нәтижелер көрсетті:

- Орташа ылғалдылық мөлшері – 17,2% (бақылау үлгісіне қарағанда 5,5%-ға жоғары);

- Тығыздығы – 0,45 г/см^3 (бақылаудан 8% төмен, яғни жұмсақтық жоғары);

- Органолептикалық баға – 4,7 балл (5 балдық жүйе бойынша), бұл ең жоғары көрсеткіш болды. Сонымен қатар, дәмі жағымды, құрылымы біртекті, қабыршақтануы жақсы үлгі ретінде сарапшылар тарапынан мақұлданды. Салыстыру кезінде бұл үлгінің жалпы сапасы бақылау үлгісінен (тек бидай ұнынан) шамамен 20–25%-ға жоғары деп бағаланды.

Келесі кезеңде бидай, жүгері және қарақұмық ұнын 40:30:30 қатынасында қолданған үлгіде одан да жақсы нәтижелер тіркелді. Бұл үлгінің:

- Ақуыз мөлшері – 7,5 г, бұл 70:30 үлгімен салыстырғанда 1,1 есе, ал классикалық өніммен салыстырғанда 1,15 есе артық;

- Тағамдық талшық – 2,5 г, бұл дәстүрлі вафлидегі мөлшерден шамамен 2,1 есе жоғары;

- Темір – 2,8 мг, мырыш – 1,7 мг, бұл да дәстүрлі өнімдермен салыстырғанда 65% жоғары;

- Энергетикалық құндылығы – 375 ккал, бұл классикалық өніммен салыстырғанда 4% төмен.

- Органолептикалық баға – 4,9 балл.

Бұл көрсеткіштер вафлидің тағамдық құндылығы мен сенсорлық қасиеттерінің тиімділігін дәлелдеді.

2 - кесте. Дайын вафли өнімдерінің құрамының салыстырмалы көрсеткіштері

Көрсеткіш атауы (өлшем бірлігі)	**Классикалық вафли**	**70:30 (бидай: жүгері)**	**40:30:30 (бидай: жүгері: қарақұмық)**
Ақуыз (г/100 г)	6,5	6,9	7,5
Май (г/100 г)	23	22,2	21
Көмірсу (г/100 г)	38	35,4	36
Тағамдық талшық (г/100 г)	1,2	1,7	2,5
Энергетикалық құндылық (ккал)	390	345	375
Кальций (мг/100 г)	15-20	21,8	18-23
Темір (мг/100 г)	1,5-2,0	2,1	2,5-3,0
Мырыш (мг/100 г)	1,0-1,5	0,64	1,5-2,0

Жоғарыда ұсынылған эксперименттік нәтижелерге сүйене отырып, алынған вафли үлгілерінің тағамдық және сапалық сипаттамалары кешенді түрде салыстырылды. Алдымен 30% жүгері ұны қосылған үлгінің органолептикалық және физико-химиялық тұрғыдан тиімді екені байқалды. Алайда, тағамдық құндылықты одан әрі арттыру мақсатында құрамға қарақұмық ұнын қосу зерттелді, себебі оның құрамында толыққанды ақуыздар, тағамдық талшықтар, В тобы дәрумендері, темір, мырыш, магний және антиоксидант-тар бар. Сонымен қатар, қарақұмық ұны глютенсіз болғандықтан, өнімнің биологиялық құндылығын арттыра отырып, тұтынушылардың кең тобына қолайлы етеді.

Жоғарыда айтылған үш түрлі нұсқадағы дайын вафли өнімдері төмендегі 2-кестеде тағамдық құндылығы жағынан нақты салыстырылып көрсетілген.

Органолептикалық тұрғыдан да 40:30:30 үлгісіндегі вафли өнімі сарапшылардан жоғары

бағаға ие болды. Өнімнің хош иісі мен дәмі үйлесімді, құрылымы біркелкі әрі қытырлақ болды. Бұл көрсеткіштер МЕМСТ талаптарына сәйкес келетіні анықталды.

Осылайша, қарақұмық және жүгері ұны қосылған композитті қоспа негізінде дайындалған вафли өнімінің тағамдық құндылығы мен тұтынушылық қасиеттері жақсаратыны дәлелденді. Мұндай өнімді функционалдық және диеталық бағытта қолдануға толық негіз бар.

Қорытынды. Жүргізілген ғылыми-зерттеу жұмысы композитті ұнды пайдалану арқылы жұмсақ вафлидің тағамдық құндылығын арттыруға болатындығын көрсетті. Алдымен әртүрлі мөлшерде жүгері ұны (10–50%) қосылып жасалған үлгілердің ішінде 70:30 (бидай:жүгері) арақатынасындағы нұсқа органолептикалық және физико-химиялық көрсеткіштер бойынша оң нәтижелер көрсетсе, кейін құрамына қарақұмық ұнын қосу арқылы 40:30:30 (бидай:жүгері:қарақұмық) үлгісі дайындалып, бұл нұсқаның барлық негізгі көрсеткіштер бойынша тиімдірек екені дәлелденді. Атап айтқанда, бұл үлгі ақуыз, тағамдық талшықтар, темір, мырыш, кальций секілді маңызды қоректік заттар бойынша жоғары нәтижелер көрсетті. Сонымен қатар, өнімнің органолептикалық сипаттамалары тұтынушылық талаптарға толық сәйкес келді. Осыған орай, бидай ұнын жүгері және қарақұмық ұнымен ішінара алмастыру жұмсақ вафлидің сапалық қасиеттерін жақсартумен қатар, оның биологиялық құндылығын арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды. Бұл тәсіл қазіргі заманғы функционалдық тамақ өнімдерін жасау бағытындағы перспективалы шешім болып табылады және өндірістік деңгейде қолдануға ұсынылады.

Қаржыландыру. *Зерттеу Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің № BR22886613 «Ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімдері мен шикізатын қайта өңдеу мен сақтаудың инновациялық технологияларын әзірлеу» ғылыми-техникалық бағдарламасының шеңберінде жүргізілді (№ 9-2024/2026 «Астық өңдеу өнеркәсібі үшін тритикаленің әртүрлі сорттарын жоғары тиімді өнімге дейін сақтау және өңдеудің инновациялық технологиясын әзірлеу» жобасы бойынша).*

Әдебиеттер

1. Niazi, S., Pasha, I., Shoaib, M., Raza, H., Korma, S. A., Abed, S. M. Nutritional, physiochemical, pasting and therapeutic attributes of composite flour//Journal of Global Innovations in Agricultural and Social Sciences.- 2016.-Vol.4(2).- P.95-105. DOI 10.22194/jgiass/4.2.747

2. Nawaz, H., Aslam, M., Rehman, T., & Mehmood, R. Modification of Emulsifying Properties of Cereal Flours by Blending with Legume Flours//Asian Journal of Dairy and Food Research.- 2021, Vol.40(3).- P.315-320. DOI 10.18805/ajdfr.dr-223.

3. Arendt E. K., Zannini E. Cereal Grains for the Food and Beverage Industries. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2013. - 485 p. DOI 10.1533/9780857098924

4. Eliseeva, L. G., Kokorina, D. S., Zhirkova, E. V., Nevskaya, E. V., Goncharenko, O. A., Othman, A. J. Using functional quinoa ingredients for enhancing the nutritional value of bakery products. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 640(2), 022072. DOI 10.1088/1755-1315/640/2/022072.

5. Adeleke, R. O., Odedeji, J. O. Functional Properties of Wheat and Sweet Potato Flour Blends //Pakistan Journal of Nutrition.- 2010. -Vol9(6).- P.535–538. DOI 10.3923/pjn.2010.535.538.

6. Ерғалиева Г. Ж., Байдилдина С. Ж. Композиттік ұн қолдану арқылы вафлидің тағамдық қасиетін арттыру // Тағам қауіпсіздігі журналы. – 2022. – №3. – Б.45–49.

7. Жанқұлиева С. Т. Жүгері ұнының тағамдық құндылығы // Технология тағам өнімдері. – 2020. – №2. – Б.36–40.

8. Кенжебаева А. М., Мұратова Ж. Ж. Қарақұмық ұнының технологиялық ерекшеліктері // Агроөнеркәсіп кешені. – 2021. – №4. – Б.55–58.

9. Шаяхметова А. А. Тағам өнімдеріндегі функционалдық ингредиенттер // Азық-түлік және денсаулық. – 2019. – №1. – Б.18–22.

10. Оспанова А. М., Исмаилова Г. К. Ұнды кондитерлік өнімдердің тағамдық құндылығын арттыру жолдары // Тамақ және өңдеу өнеркәсібі. – 2023. – №1. – Б.30–34.

11. Arendt E. K., Zannini E. Cereal Grains for the Food and Beverage Industries. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2013. – 485 p. DOI 10.1533/9780857098924

References

1. Niazi, S., Pasha, I., Shoaib, M., Raza, H., Korma, S. A., Abed, S. M. Nutritional, physiochemical, pasting and therapeutic attributes of composite flour//Journal of Global Innovations in Agricultural and Social Sciences.- 2016.-Vol.4(2).- P.95-105. DOI 10.22194/jgiass/4.2.747

2. Nawaz, H., Aslam, M., Rehman, T., & Mehmood, R. Modification of Emulsifying Properties of Cereal Flours by Blending with Legume Flours//Asian Journal of Dairy and Food Research.- 2021, Vol.40(3).- P.315-320. DOI 10.18805/ajdfr.dr-223.

3. Arendt E. K., Zannini E. Cereal Grains for the Food and Beverage Industries. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2013. - 485 p. DOI 10.1533/9780857098924

4. Eliseeva, L. G., Kokorina, D. S., Zhirkova, E. V., Nevskaya, E. V., Goncharenko, O. A., Othman, A. J. Using functional quinoa ingredients for enhancing the nutritional value of bakery products. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 640(2), 022072. DOI 10.1088/1755-1315/640/2/022072.

5. Adeleke, R. O., Odedeji, J. O. Functional Properties of Wheat and Sweet Potato Flour Blends //Pakistan Journal of Nutrition.- 2010. -Vol9(6).- P.535–538. DOI 10.3923/pjn.2010.535.538.

6. Ерғалиева Г. Ж., Байдилдина С. Ж. Композиттік ұн қолдану арқылы вафлидің тағамдық қасиетін арттыру // Тағам қауіпсіздігі журналы. – 2022. – №3. – Б.45–49.[in Kazakh]

7. Жанқұлиева С. Т. Жүгері ұнының тағамдық құндылығы // Технология тағам өнімдері. – 2020. – №2. – Б.36–40.[in Kazakh]

8. Кенжебаева А. М., Мұратова Ж. Ж. Қарақұмық ұнының технологиялық ерекшеліктері // Агроөнеркәсіп кешені. – 2021. – №4. – Б.55–58. [in Kazakh]

9. Шаяхметова А. А. Тағам өнімдеріндегі функционалдық ингредиенттер // Азық-түлік және денсаулық. – 2019. – №1. – Б.18–22. [in Kazakh]

10. Оспанова А. М., Исмаилова Г. К. Ұнды кондитерлік өнімдердің тағамдық құндылығын арттыру жолдары // Тамақ және өңдеу өнеркәсібі. – 2023. – №1. – Б.30–34. [in Kazakh]

11. Arendt E. K., Zannini E. Cereal Grains for the Food and Beverage Industries. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2013. – 485 p. DOI 10.1533/9780857098924

Авторлар туралы мәліметтер

Мулдабекова Б.Ж.- техника ғылымдарының докторы, профессор, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: bayan_1004@mail.ru;

Жумабекова А.- 2 курс магистранты, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: zhumabekova.aikhanym@mail.ru;

Якияева М.А.- философия ғылымдарының докторы (Ph.D), қауымдастырылған профессор, «Алматы технологиялық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: yamadina88@mail.ru.

Information about authors

Muldabekova B.Zh. - Doctor of Technical Sciences, Professor, JSC ”Almaty Technological University”, Almaty, Kazakhstan, e-mail: bayan_1004@mail.ru;

Zhumabekova A. - 2nd year master’ s student, JSC ”Almaty Technological University”, Almaty, Kazakhstan, e-mail: zhumabekova.aikhanym@mail.ru;

Yakiyayeva M.A. - Doctor of Philosophy (Ph.D), Associate Professor, JSC ”Almaty Technological University”, Almaty, Kazakhstan, e-mail: yamadina88@mail.ru.

МРНТИ 65.33.29 https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-931

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННОГО АССОРТИМЕНТА ХЛЕБА ПОВЫШЕННОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ

Ш.А. Турсунбаева, А.И. Изтаев, М.А. Якияева, Б.Ж. Мулдабекова, Ж.К. Нургожина
Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан
Корреспондент-автор: yamadina88@mail.ru

Статья посвящена исследованиям по разработке хлебобулочных изделий повышенной пищевой ценности по ускоренной технологии. В современном рынке широкое распространение получили предприятия малой и средней мощности в условиях активного потребительского спроса и вопрос эффективной экономии времени и ресурсов являются актуальными. Редька является одним из распространённых корнеплодов в Казахстане и близлежащих странах, редька отличается от других овощей богатым витаминным, минеральным составом, клетчаткой, аминокислот, белка и эфирных масел. Для достижения высоких реологических показателей также было использовано такое не традиционное сырье как лимонная кислота, способствующая эластичности, мягкости мякиша и объема хлеба. Установлена оптимальная дозировка добавления пюре, порошка и сока редьки и проведены исследования по определению реологических, физико-химических, микробиологических свойств готовых изделий, определена пищевая ценность и степень удовлетворения человека нутриентами. Было выявлено, что введение в рецептуру хлебобулочных изделий пюре, порошка и сока редьки с целью разработки продуктов профилактического питания, является актуальным направлением развития хлебопекарной промышленности. Например, содержание натрия в разработанных образцах хлеба увеличилось до 10,37%, калия до 10,33%, фосфора до 11,02%, кальция до 31,63%, по сравнению с контрольным образцом. Таким образом, разработанная технология бездрожжевого хлеба из сбивного теста с добавлением сока, пюре и порошка редьки является высокоперспективной и рекомендуется для внедрения в хлебопечение, в том числе как профилактическое и диетическое средство.

Ключевые слова: хлеб, пюре редьки, порошок редьки, сок редьки, ускоренная технология, сбивное тесто, повышение пищевой ценности

ТАҒАМДЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫ ЖОҒАРЫ НАННЫҢ ИННОВАЦИЯЛЫҚ АССОРТИМЕНТІН ӘЗІРЛЕУ

Ш.А. Турсунбаева, А.И. Изтаев, М.А. Якияева, Б.Ж. Мулдабекова, Ж.К. Нургожина
Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан,
e-mail: yamadina88@mail.ru

Мақала жеделдетілген технология бойынша тағамдық құндылығы жоғары нан өнімдерін әзірлеу бойынша зерттеулерге арналған. Қазіргі нарықта белсенді тұтынушылық сұраныс жағдайында шағын және орта қуатты кәсіпорындар кеңінен қолданылады және уақыт пен ресурстарды тиімді үнемдеу мәселесі өзекті болып табылады. Шалғам-Қазақстанда және оған жақын елдерде кең таралған тамыр дақылдарының бірі, шалғам басқа көкөністерден бай дәрумендермен, минералды құраммен, талшықтармен, аминқышқылдарымен, ақуыздармен және эфир майларымен ерекшеленеді. Жоғары реологиялық көрсеткіштерге қол жеткізу үшін лимон қышқылы сияқты дәстүрлі емес шикізат пайдаланылды, бұл үгінділердің икемділігіне, жұмсақтығына және нан көлеміне ықпал етеді. Пюре, ұнтақ және шалғам шырынын қосудың оңтайлы дозасы анықталды және дайын өнімнің реологиялық, физика-химиялық, микробиологиялық қасиеттерін анықтау бойынша зерттеулер жүргізілді, тағамдық құндылығы және адамның қоректік заттармен қанағаттану дәрежесі анықталды. Нантоқаш өнімдерінің рецептурасына профилактикалық тамақ өнімдерін әзірлеу мақсатында пюре, ұнтақ және шалғам шырынын енгізу нан пісіру өнеркәсібін дамытудың өзекті бағыты болып табылатыны анықталды. Мысалы, әзірленген нан үлгілеріндегі натрий мөлшері бақылау үлгісімен салыстырғанда 10,37% - ға, калий 10,33% - ға, фосфор 11,02% - ға, кальций 31,63% - ға дейін өсті. Осылайша,

шырын, пюре және шалғам ұнтағы қосылған көпіртілген қамырдан жасалған ашытқысыз нанның әзірленген технологиясы жоғары перспективалы болып табылады және нан пісіруге, соның ішінде профилактикалық және диеталық агент ретінде енгізуге ұсынылады.

Түйін сөздер: нан, шалғам пюресі, шалғам ұнтағы, шалғам шырыны, жеделдетілген технология, көпіртілген қамыр, тағамдық құндылықты арттыру

DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE ASSORTMENT OF BREAD WITH INCREASED NUTRITIONAL VALUE

Sh.A. Tursunbayeva, A.I. Iztayev, M.A. Yakiyayeva✉, B.Zh. Muldabekova, Zh.K. Nurgozhina

Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: yamadina88@mail.ru

The article is devoted to research on the development of bakery products with increased nutritional value using accelerated technology. In the modern market, small and medium-sized enterprises have become widespread in the conditions of active consumer demand, and the issue of effective saving of time and resources is relevant. Radish is one of the common root crops in Kazakhstan and neighboring countries, radish differs from other vegetables in its rich vitamin, mineral composition, fiber, amino acids, protein and essential oils. To achieve high rheological indicators, such non-traditional raw materials as citric acid were also used, which contributes to the elasticity, softness of the crumb and the volume of bread. The optimal dosage of adding puree, powder and juice of radish was established and studies were conducted to determine the rheological, physicochemical, microbiological properties of finished products, the nutritional value and the degree of human satisfaction with nutrients were determined. It was found that the introduction of puree, powder and juice of radish into the recipe for bakery products in order to develop preventive nutrition products is an urgent direction in the development of the bakery industry. For example, the sodium content in the developed bread samples increased to 10.37%, potassium to 10.33%, phosphorus to 11.02%, calcium to 31.63%, compared to the control sample. Thus, the developed technology of aerated yeast-free bread with the addition of juice, puree and radish powder is highly promising and is recommended for implementation in bread baking, including as a preventive and dietary remedy.

Keywords: bread, radish puree, radish powder, radish juice, accelerated technology, whipped dough, increasing nutritional value

Введение. Современное состояние хлебопекарной промышленности является неотъемлемой и важной частью потребительской корзины, а значит и имеет не только промышленную, но социально-экономическую важность. Современный человек испытывает высокий дефицит витаминов, микро- макроэлементов, пищевых волокон, незаменимых аминокислот. Расширение ассортимента хлебобулочных изделий продукцией, отличающейся высокими потребительскими способностями, безопасностью и, в то же время, способной обогащать незаменимыми и важными компонентами человеческий организм является актуальной задачей хлебобулочной промышленности [1].

Суточная норма потребления хлеба для взрослых, согласно Санитарным правилам Казахстана, составляет 250-300 г (стандартный кусок хлеба – 30 г) [2], это определяется степенью удовлетворения физиологических потребностей в нутриентах. Коррекция пищевой ценности хлеба означает использование в составе рецептуры компонентов растительных компонентов, как источников пищевых и биологических активных веществ.

Использование отечественного сырья как ключевого ингредиента в рецептуре в трудных условиях экономики является одной из актуальных задач пищевой промышленности. Целью исследования явилась разработка хлебобулочных изделий по ускоренной технологии с добавлением пюре, порошка и сока редьки, которые можно рекомендовать малым предприятия для расшире-

ния ассортимента с применением отечественного сырья и ускорения процесса тестоприготовления. Для достижения цели были поставлены следующие задачи: разработка рецептуры инновационных хлебобулочных изделий с добавлением пюре, порошка и сока редьки ускоренным способом приготовления теста, изучение влияния пюре, порошка и сока редьки на качество полуфабрикатов и готовых изделий.

Редька привлекает своей привлекательной ценой, распространенностью на территории Казахстана. Редька имеет большое преимущество перед другими корнеплодами благодаря высокому содержанию витаминов (С, В1, В6, В9, РР), микро- макроэлементов (калий, магний, кальций, фосфор, железо, натрий), клетчатки, белка, антиоксидантов, фитонцидов [3]. Редька содержит фитонциды, рифанол, холин, аденин, ферменты диастазу, глюкозидазу, оксидазу, каталазу. В корнеплодах редьки содержится много глюкозы, белков, эфирных масел. Есть сведения, что в народной медицине редьку используют как антибактериальное, антимикотическое, мочегонное средство [4]. Таким образом можно сделать вывод, что выбор редьки целесообразен для внесения в рецептуру хлебобулочных изделий. Кроме редьки была использована лимонная кислота, про которую есть данные что она улучшает эластичность теста, структуру мякиша, объем хлеба и пористость [5].

В последнее время во всем мире благодаря экономическому кризису и необходимости интенсификации возросло внимание к технологиям ускоренного производства теста и хлеба. Интенсификация происходит за счет изменения коллоидных, структурно-механических, химических процессов.

На данный момент существует несколько аналогов предлагаемой технологии. Так, есть способ бездрожжевого хлеба из сбивного теста с добавлением ферментного препарата «GC-106», который улучшает реологические показатели под действием расщепления макромолекул белка полуфабрикатов и хлеба, что в свою очередь приводит к удорожанию готового хлеба [6, 7].

Кроме того, есть разработки технологии бездрожжевого хлеба из сбивного теста с цельносмолотым зерном пшеницы с применением прогревания токами СВЧ и конвективным подведением энергии до полной готовности хлеба. К сожалению, такая технология отличается значительными энергетическими и экономическими затратами, т.к. сопровождается большим количеством оборудования и проводимых технологических операций [8, 9].

Данные и другие аналогичные разработки сбивного бездрожжевого хлеба [10-12] с пересмотром их недостатков и анализ существующих задач перед хлебопекарной промышленностью, приведенные выше, привели к необходимости инновационного подхода к созданию технологии бездрожжевого хлеба из сбивного теста повышенной пищевой ценности с улучшенными реологическими, потребительскими свойствами. Также при создании данной технологии учитывались существующие исследования микробиологических и токсикологических свойств [13] для создания безопасной технологии хлебопродуктов.

Целью данного исследования явилась разработка хлебобулочных изделий по ускоренной технологии с добавлением пюре, порошка и сока редьки, которые можно рекомендовать малым предприятия для расширения ассортимента с применением отечественного сырья и ускорения процесса приготовления теста.

Методы и материалы. Объектами исследования являлись:

– пшеничная мука первого сорта (ГОСТ 52189-2003), прессованные хлебопекарные дрожжи (ГОСТ 54731-2011), пищевая поваренная соль (ГОСТ Р 51574-2018), пюре, порошок и сок редьки (ГОСТ 32810-2014), питьевая вода (СанПиН 2.1.4.1074–01);

– образцы теста, приготовленные с заменой воды на пюре, порошок и сок редьки;

– готовые хлебобулочные изделия.

Способ производства сбивного бездрожжевого хлеба с добавлением сока, пюре и порошка редьки, включает в себя просеивание муки, замес из муки пшеничной 1 сорта, пищевой поваренной соли, воды питьевой, деление теста на порции за-

данного веса и выпечку, причем замес теста осуществляют в два этапа: на первом этапе перемешивают рецептурные компоненты и воду питьевую в сбивальной камере и продолжают перемешивание при тех же параметрах перемешивания, на втором этапе в камеру подают атмосферный воздух и осуществляют сбивание теста.

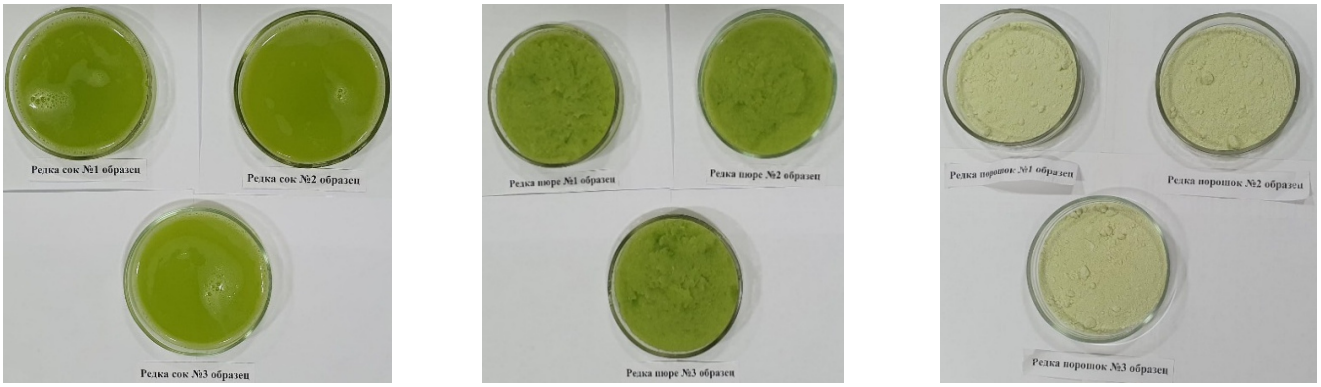
Органолептические показатели хлебобулочных изделий, изготовленных по различным рецептурам, оценивали в соответствии с ГОСТ 27842-88 группой независимых экспертов по 100 балльной шкале. Физико-химические свойства определяли согласно требованиям ГОСТ 21094-75, ГОСТ 5669-96, ГОСТ 5670-96.

Сравнительную дегустационную оценку разработанных изделий выполняли методом дифференциального органолептического анализа по сто балльной шкале. Также рассчитывали пищевую ценность готовых изделий. Все эксперименты проводились в трехкратной повторности.

Экспериментальные исследования и разработку готовых изделий проводили в лабораторных условиях в Научно-исследовательском институте пищевых технологий Алматинского технологического университета.

Обсуждение и результаты.Технологический процесс производства хлебобулочных изделий включал несколько этапов.

На первом этапе осуществляли приготовление сока, пюре и порошка из свежей редьки (рисунок 1). Сок редьки получали путем дробления сырья (измельчения редьки до образования мезги), затем корнеплоды прессовали и получали сок редьки на соковыжималке. Пюре получали, пропуская редьку через миксер, порошок высушивали на дегидраторе для овощей.



а) сок редьки **б) пюре редьки** **в) порошок редьки**

Рис.1 - Вид пюре, порошка и сока редьки

Второй этап – явилось приготовление теста. За основу была выбрана рецептура хлеба пшеничного высшего сорта (ГОСТ 27842-88). Опытные пробы готовили: контроль без добавления редьки (контроль), с дозировкой сока редьки 5 % (образец № 1), 10 % (образец № 2), 15 % (образец № 3); с дозировкой пюре редьки 1 % (образец № 4), 3% (образец № 5), 5% (образец № 6); с дозировкой порошка редьки 1% (образец № 7), 5 % (образец № 8), 10 % (образец № 9), от общего количества воды, начальная температура теста 19-21°С.

Замешивание в аппарате сбивного теста длилось 4 минуты при 500 оборотах в минуту, само сбивание теста проводили в течение 1 мин 50 сек при давлении камеры 4 МПа и конечном сбивании в течении 30 сек. Для приготовления пшеничного теста применяли безопарный способ тестоведения [14-16]. Рецептурные компоненты и их соотношение показаны в таблице 1. Анализ готовых изделий проводили через 4 часа после выпечки.

Далее было выявлено влияние сока, пюре и порошка из редьки на физико-химические показатели теста и хлеба (таблица 2).

Из таблицы 2 видно, что с увеличением дозировки сока, пюре и порошка из редьки увеличивается кислотность, что оказывает влияние на с пористости изделий на 15,3, 31,25 и 1,9% для сока, на 25,8, 31,25, уменьшение на 11,76% для пюре, увеличение на 23,0, 31,25 и уменьшение на 11,76% для порошка редьки сравнению с контролем, что ведет к увеличению усвояемости хлебобулочных изделий (рисунок 3).

Таблица 1 - Рецептура хлеба с добавлением сока, пюре и порошка из редьки

Компоненты	Контроль	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9
Мука пшеничная 1 сорта, г	950	950	950	950	950	950	950	950	950	950
Сок редьки, мл	-	50	100	150	-	-	-	-	-	-
Пюре редьки, г	-	-	-	-	10	30	50	-	-	-
Порошок редьки, г	-	-	-	-	-	-	-	10	50	100
Лимонная кислота, г	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Соль, г	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Вода, мл	Согласно расчетам									

Таблица 2 - Влияние сока, пюре и порошка из редьки на качество готовых полуфабрикатов и хлеба

Показатели	**Контроль**	**№1**	**№2**	**№3**	**№4**	**№5**	**№6**	**№7**	**№8**	**№9**
Выход теста, г	324	342	354	360	388	392	371	334	371	424
Температура теста, °С	23	23,1	25	23,1	22,4	24,7	24,7	24,8	23,1	23,1
Влажность теста, %	55	54,5	54,6	54,5	54,0	55,0	55,0	52,6	52,8	52,8
Кислотность теста, град	4,8	4,8	5,0	5,0	5,8	6,0	6,0	6,0	5,6	5,6
Выход хлеба, г	264,0	284	274,18	299	313	321	295	266	296	342
Влажность хлеба, %	52,8	53,3	52,4	53,3	54,4	53,2	53,2	52	51,6	51,6
Кислотность хлеба, град	3,8	3,4	4,2	4,2	3,6	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Удельный объем, $см^3$	280	283	290	290	271	280	280	373	380	379
Пористость хлеба, %	54,3	63,1	74,5	53,2	70,4	74,1	48,9	68,4	74,5	48,3

Анализируя данные таблицы 3 можно заметить что образцы номер 2, 5, 8 являются оптимальными по причине увеличения пористости, удельного объема и выхода готовой продукции. С внесением

дозировки сока, пюре и порошка из редьки изменялись органолептические показатели готовых изделий. Выявляли зависимость изменения выпеченного изделия от дозировки компонентов редьки (рисунок 3).



а)



б)



в)



г)

Рис.2 - Вид образцов хлеба с добавлением сока, пюре и порошка редьки: а) контроль, б) с дозировкой сока редьки; в) с дозировкой пюре редьки; г) с дозировкой порошка редьки

Полученные результаты органолептической оценки позволяют сказать, что контрольные и опытные образцы хлебобулочных изделий имели правильную форму, гладкую поверхность, равномерную пористость, достаточную эластичность мякиша. Образцами с лучшими показателями оказались образцы с добавлением порошка редьки, худшими – с добавлением пюре редьки. Добавление порошка редьки значительно улучшило пористость, объем хлеба и структуру мякиша по сравнению не только с контрольным, но и с другими образцами хлеба с добавлением компонентов редьки.



Рис.3 - Органолептические показатели хлеба с добавлением сока, пюре и порошка редьки

Эластичность мякиша контрольных образцов имела наименьшие значения, дегустаторы отмечали повышенную плотность и комкающийся мякиш, что наиболее ощущалось на конец хранения. При этом опытные образцы, полученные с внесением порошка редьки, характеризовались более равномерной тонкостенной развитой пористостью, мягким, достаточно эластичным мякишем с хорошей разжевываемостью.

Опытные образцы, полученные с внесением редьки, имели наилучшие свойства мякиша: мягкий, эластичный, хорошо разжевываемый, созда-

ющий приятное ощущение (вкус и аромат) во рту по сравнению с контрольным образцом. Основываясь на предыдущих результатах экспериментов, для дальнейших исследований были отобраны следующие образцы: 2, 5 и 8, как образцы, имеющие лучшие показатели по сравнению с контрольным образцом. Далее были проведены некоторые физико-химические, биохимические, микробиологические показатели хлеба с добавлением сока, пюре и порошка редьки (таблица 3 и 4).

Таблица 3 - Влияние сока, пюре и порошка редьки на физико-химические показатели хлеба

Показатели	**Контроль**	№**2**	№**5**	№**8**
Мас.доля белка, %	6,92	7,87	6,94	7,50
Мас.доля жира, %	0,52	0,77	0,64	0,82
Мас.доля углеводов, %	23,30	27,70	25,65	26,04
Мас.доля пищевых волокон (клетчатка), %	4,71	4,95	5,56	6,04

Судя по полученным данным, по сравнению с контрольным образцом в соке редьки на 13,72% больше белка, в порошке редьки данный показатель увеличивается на 8,38%. Содержание пищевых волокон также значительно увеличивается в образцах с добавлением сока, пюре и порошка из редьки. Так, добавление порошка редьки увеличивает на 28,23%, пюре на 18,04%, а сока на 5,09% содержание пищевых волокон в хлебе. Во всех образцах с редькой есть не большое увеличение содержания жира и углеводов.

Таблица 4 - Влияние сока, пюре и порошка редьки на биохимические показатели хлеба и содержание тяжелых элементов в хлебе

Показатели	**Контроль**	**№2**	**№5**	**№8**
Витамины: А, мг/кг	не обнаружено			
Е, мг/кг	не обнаружено			
В1, мг / 100 г	0,04	0,05	0,06	0,03
В2, мг / 100 г	0,01	0,01	0,02	0,01
В3, мг / 100 г	1,53	1,65	1,60	1,50
В5, мг / 100 г	0,50	0,68	0,54	0,41
В6, мг / 100 г	0,10	0,13	0,12	0,09
Вс, мг / 100 г	не обнаружено			
С, мг / 100 г	не обнаружено	1,90	1,64	1,08
Минеральные элементы: железо, мг / 100 г	2,70	2,85	2,80	3,05
калий, мг / 100 г	156,98	173,2	170,7	124,6
кальций, мг / 100 г	24,63	**30,29**	25,18	23,01
магний, мг / 100 г	18,17	19,94	21,85	18,25
фосфор, мг / 100 г	90,19	**100,13**	95,84	80,38

натрий, мг / 100 г	348,94	371,85	385,13	381,46
Токсичные элементы: свинец, мг/кг	не обнаружено			
кадмий, мг/кг	не обнаружено			
мышьяк, мг/кг	не обнаружено			

Анализируя полученные данные, можно отметить повышение по ряду показателей. Так, если в контрольном образце не был обнаружен витамин С, то в образцах с добавлением редьки, он присутствует в значительном объеме, а витамины группы В в хлебе с соком и пюре редьки по сравнению с контрольным образцом содержаться на 50-100% больше. Но в хлебе с содержанием порошка редьки замечено, что содержание витаминов группы В уменьшается благодаря высушиванию, т.е. обработке небольшим термическим воздействием.

Были замечены значительные изменения по содержанию микро- макроэлементов, в особенности натрий в пюре увеличилось на 10,37%, калия в хлебе с соком редьки увеличилось на 10,33%, фосфора в хлебе с соком редьки 11,02%, кальция в хлебе с соком редьки на 31,63%, железо в хлебе с пюре редьки на 7,01% по сравнению с контрольным образцом. Токсичным элементов, таких как свинец, кадмий и мышьяк во всех образцах не было обнаружено.

Таблица 5 - Влияние сока, пюре и порошка редьки на микробиологические показатели хлеба

Показатели	**Контроль**	№**2**	№**5**	№**8**
КМАФАнМ, КОЕ/г	$3x10^2$	$3x10^2$	$7x10^2$	$4x10^2$
БГКП (колиформы) в 1,0 $см^3$ продукта	не обнаружено			

Микробиологические показатели, показанные в таблице 5 во всех образцах хлеба были в норме. БГКП во всех образцах не были обнаружены. Таким образом, все образцы хлеба безопасны для употребления человеком по микробиологическим показателям и содержанию токсичных элементов.

Выводы. Таким образом, применение сбивной технологии уменьшило время, традиционно затрачиваемое на приготовление теста, а образом, примнение сбивной технологии уменьшило время, традиционно затрачиваемое на приготовление теста, а анализируя все полученные экспериментальные данные, можно сделать вывод о том, что добавление сока, пюре и порошка редьки значительно повышают пищевую и биологическую ценность как полуфабрикатов, так и готового хлеба. Значительно повышается содержание пищевой клетчатки, белка, микро- макроэлементов и витаминов, при том, что сохраняется микробиологическая и токсикологическая ценность готовых образцов хлеба. Также замечено значительное улучшение реологических и потребительских свойств хлеба. В особенности в хлебе с добавлением порошка редьки (увеличение пор мякиша, объема хлеба, структуры мякиша, эластичности и т.д.). Если рассматривать различия и эффективность применения сока, пюре и порошка редьки по содержанию нутриентов, то можно сделать вывод о том, что добавление порошка и сока редьки значительно более привлекательны по реологическим свойствам, по содержанию витаминов, микро- макроэлементов по сравнению с хлебом с добавлением пюре редьки.

Полученные данные показывают эффективность применения сока, пюре и порошки редьки в хлебопечении: увеличилось содержание натрия в хлебе с пюре редьки увеличилось на 10,37%,

калия в хлебе с соком редьки увеличилось на 10,33%, фосфора в хлебе с соком редьки 11,02%, кальция в хлебе с соком редьки на 31,63%, железо в хлебе с пюре редьки на 7,01% по сравнению с контрольным образцом. Содержание пищевых волокон в хлебе с порошком редьки увеличивается на 28,23%, пюре на 18,04%, а сока на 5,09% содержание пищевых волокон в хлебе. Таким образом, разработанная инновационная технология бездрожжевого хлеба из сбивного теста с добавлением сока, пюре и порошка редьки является высокоперспективной и рекомендуется для внедрения в хлебопечение, в том числе как профилактическое и диетическое средство.

***Финансирование**. Данная статья была подготовлена в рамках проекта №AP23490384 "Разработка инновационной технологии ускоренного приготовления замороженного теста, обогащенного растительными культурами".*

Литература

1. Thuengtung S., Ogawa Y. Comparative study of conventional steam cooking and microwave cooking on cooked pigmented rice texture and their phenolic antioxidant // Food Science and Nutrition. -2020.- Vol.8(20.- P.965–972. DOI 10.1002/fsn3.1377.

2. О мерах по обеспечению рационального использования продовольственных ресурсов в Республике Казахстан [Электронный ресурс]. – URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014674 .-Lata обращения: 05.03.2015.3.Тутельян В.А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания: [Справочник]. – М.: ДеЛи плюс, 2012. - 284 с.ISBN 978-5-905170-20-1

4. Сафарова Г.А., Кароматов И.Д. Лечебные свойства растения редька // Биология и интегративная медицина. – 2018. – № 6. – С.174–187.

5. Донченко Л.В., Сокол Н.В., Влащик Л.Г. Обогащение хлеба биологически активными веществами профилактического назначения // Научный журнал КубГАУ. – 2017. – № 125. – С.597–610.

6. Пат.2370959 РФ, С1. Способ производства сбивного бездрожжевого хлеба / Магомедов Г.О., Пономарева Е.И., Алейник И.А., Лобосов В.Г., Сарыева А.Г.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2008108527/13; заявл.03.03.2008; опубл. 27.10.2009, Бюл. № 30.

7. Пат.2380907 РФ, С1. Способ производства сбивного бездрожжевого хлеба повышенной пищевой ценности / Магомедов Г.О., Пономарева Е.И., Алейник И.А., Воропаева О.Н.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2009138031/13; заявл. 13.10.2009; опубл.10.02.2010, Бюл. № 4.

8. Печерских Р.Т., Фролов Д.В., Шахов С.В., Рыженин П.Ю., Таратухин А.С. Способ производства сбивного бездрожжевого хлеба из муки цельносмолотого зерна пшеницы // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 5-1. – С.165.

9. Магомедов Г.О., Лукина С.И., Садыгова М.К., Вавилова А.А. Разработка технологии сбивного хлеба из нутовой муки // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – № 12-1. – С.113.

10. Магомедов Г.О., Пономарева Е.И., Алейник И.А. Инновационные технологии сбивных бездрожжевых хлебобулочных изделий функционального назначения // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 1. – С. 71–72.

11. Kumar C., Karim M.A. Microwave-convective drying of food materials: A critical review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2019. - Vol.59(3).- P.379–394. DOI 10.1080/10408398.2017.1373269.

12. Кулишов Б.А., Новоселов А.Г., Иващенко С.Ю., Гусаров Н.Е. Применение электроконтактного

нагрева в хлебопечении: обзор // Ползуновский вестник. – 2019. – № 1. – С.106–113.DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2019.01.020

13. Дзантиева Е.Э., Лыгин В.В., Миронова Е.О. и др. Микробиологические показатели сбивного хлеба «крестьянский» из тритикалевой муки // Молодежный инновационный вестник. - 2016. -Т.5(1). - С.427-428.

14. Садыгова М.К., Буховец В.А., Бороздина А.В. и др. Разработка технологических решений использования продуктов переработки из корнеплодов в производстве бисквита // Естественные и технические науки. - 2018.- № 3(117). – С.109–113.

15. Малышев В.К., Демидова Т.И., Нечаев А.П. и др. Функциональные продукты питания: особенности современного развития пищевых технологи// Хранение и переработка сельхозсырья. - 2012.-№ 6. - С.51–52.

16. Kalla A.M., Devaraju R. Microwave energy and its application in food industry: A review // Asian Journal of Dairy and Food Research.- 2017.- Vol.36(1).- P.37–44. DOI 10.18805/ajdfr.v0iOF.7303.

References

1. Thuengtung S., Ogawa Y. Comparative study of conventional steam cooking and microwave cooking on cooked pigmented rice texture and their phenolic antioxidant // Food Science and Nutrition. -2020.- Vol.8(20.- P.965–972. DOI 10.1002/fsn3.1377.

2. O merah po obespecheniju racional' nogo ispol' zovanija prodovol' stvennyh resursov v Respublike Kazahstan [Jelektronnyj resurs]. – URL: https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1600014674 .-Lata obrashhenija: 05.03.2015. [in Russian]

3. Tutel' jan V.A. Himicheskij sostav i kalorijnost' rossijskih produktov pitanija: [Spravochnik]. – M.: DeLi pljus, 2012. - 284 s.ISBN 978-5-905170-20-1.[in Russian]

4. Safarova G.A., Karomatov I.D. Lechebnye svojstva rastenija red' ka // Biologija i integrativnaja medicina. – 2018. – № 6. – S.174–187.[in Russian]

5. Donchenko L.V., Sokol N.V., Vlashhik L.G. Obogashhenie hleba biologicheski aktivnymi veshhestvami profilakticheskogo naznachenija // Nauchnyj zhurnal KubGAU. – 2017. – № 125. – S.597–610. [in Russian]

6. Pat.2370959 RF, C1. Sposob proizvodstva sbivnogo bezdrozhzhevogo hleba / Magomedov G.O., Ponomareva E.I., Alejnik I.A., Lobosov V.G., Saryeva A.G.; zajavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO «Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet». – № 2008108527/13; zajavl.03.03.2008; opubl. 27.10.2009, Bjul. № 30. [in Russian]

7. Pat.2380907 RF, C1. Sposob proizvodstva sbivnogo bezdrozhzhevogo hleba povyshennoj pishhevoj cennosti / Magomedov G.O., Ponomareva E.I., Alejnik I.A., Voropaeva O.N.; zajavitel' i patentoobladatel' FGBOU VO «Kubanskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet». – № 2009138031/13; zajavl.13.10.2009; opubl. 10.02.2010, Bjul. № 4. [in Russian]

8. Pecherskih R.T., Frolov D.V., Shahov S.V., Ryzhenin P.Ju., Taratuhin A.S. Sposob proizvodstva sbivnogo bezdrozhzhevogo hleba iz muki cel' nosmolotogo zerna pshenicy // Sovremennye naukoemkie tehnologii. – 2014. – № 5-1. – S.165. [in Russian]

9. Magomedov G.O., Lukina S.I., Sadygova M.K., Vavilova A.A. Razrabotka tehnologii sbivnogo hleba iz nutovoj muki // Sovremennye naukoemkie tehnologii. – 2014. – № 12-1. – S.113. [in Russian]

10. Magomedov G.O., Ponomareva E.I., Alejnik I.A. Innovacionnye tehnologii sbivnyh bezdrozhzhevyh hlebobulochnyh izdelij funkcional' nogo naznachenija // Fundamental' nye issledovanija. – 2008. – № 1. – S. 71–72. [in Russian]

11. Kumar C., Karim M.A. Microwave-convective drying of food materials: A critical review // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. – 2019. - Vol.59(3).- P.379–394. DOI 10.1080/10408398.2017.1373269.

12. Kulishov B.A., Novoselov A.G., Ivashhenko S.Ju., Gusarov N.E. Primenenie jelektrokontaktnogo nagreva v hlebopechenii: obzor // Polzunovskij vestnik. – 2019. – № 1. – S.106–113.DOI 10.25712/ASTU.2072-8921.2019.01.020. [in Russian]

13. Dzantieva E.Je., Lygin V.V., Mironova E.O. i dr. Mikrobiologicheskie pokazateli sbivnogo hleba «krest' janskij» iz tritikalevoj muki // Molodezhnyj innovacionnyj vestnik. - 2016. -T. 5(1). - S.427-428. [in Russian]

14. Sadygova M.K., Buhovec V.A., Borozdina A.V. i dr. Razrabotka tehnologicheskih reshenij ispol' zovanija produktov pererabotki iz korneplodov v proizvodstve biskvita // Estestvennye i tehnicheskie nauki. - 2018.- № 3(117). – S.109–113. [in Russian]

15. Malyshev V.K., Demidova T.I., Nechaev A.P. i dr. Funkcional' nye produkty pitanija: osobennosti sovremennogo razvitija pishhevyh tehnologi// Hranenie i pererabotka sel' hozsyr' ja. - 2012.-№ 6. - S.51–52. [in Russian]

16. Kalla A.M., Devaraju R. Microwave energy and its application in food industry: A review // Asian Journal of Dairy and Food Research.- 2017.- Vol.36(1).- P.37–44. DOI 10.18805/ajdfr.v0iOF.7303.

Сведения об авторах

Турсунбаева Ш.А.- доктор философских наук (Ph.D), и. о. ассоциированного профессора, АО "Алматинский технологический университет", Алматы, Казахстан, e-mail: sh.tursunbaeva@bk.ru;

Изтаев А.И.- доктор технических наук, профессор, академик НАН, АО "Алматинский технологический университет", Алматы, Казахстан, e-mail: auelbekking@mail.ru;

Якияева М.А.- доктор философии (Ph.D), ассоциированный профессор, АО «Алматинский технологический университет», Алматы, Казахстан, e-mail: yamadina88@mail.ru;

Мулдабекова Б.Ж.-доктор технических наук, профессор, АО "Алматинский технологический университет", e-mail: Алматы, Казахстан, bayan_1004@mail.ru;

Нургожина Ж.К.- доктор философских наук (Ph.D), ассистент-профессор, АО "Алматинский технологический университет", Алматы, Казахстан, e-mail: juldyz_900@mail.ru.

Information about authors

Tursunbayeva Sh. A. - Doctor of Philosophy (Ph.D), Acting. Associate Professor, JSC "Almaty Technological University", Almaty, Kazakhstan, e-mail: sh.tursunbaeva@bk.ru;

Iztayev A.I. - Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences, JSC "Almaty Technological University", Almaty, Kazakhstan, e-mail: auelbekking@mail.ru;

Yakiyayeva M.A. - Doctor of Philosophy (Ph.D), Associate Professor, JSC "Almaty Technological University", Almaty, Kazakhstan, e-mail: yamadina88@mail.ru;

Muldabekova Bayan Zhaksylykovna - Doctor of Technical Sciences, Professor, JSC "Almaty Technological University", Almaty, Kazakhstan, e-mail: bayan_1004@mail.ru;

Nurgozina Zhuldyz Kanatovna - Doctor of Philosophy (Ph.D), Assistant Professor, JSC "Almaty Technological University", Almaty, Kazakhstan, e-mail: juldyz_900@mail.ru.

МРНТИ 65.65.03 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-963**

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ САФЛОРОВОГО МАСЛА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

М.Ч. Тултабаев, М.Ж. Султанова, Н. Акжанов, А. Сэдуакас

АФ ТОО «Казахский НИИ перерабатывающей и пищевой промышленности», Астана, Казахстан

Корреспондент-автор: shomanyli@mail.ru

Статья посвящена использованию сафлорового масла при производстве продуктов питания функционального назначения. Сафлоровое масло, богатое полиненасыщенными жирными кислотами, витаминами и антиоксидантами, является ценным ингредиентом для производства функциональных продуктов питания. В сафлоровом масле содержится мало насыщенных и много ненасыщенных жиров. Один этот факт сделал его превосходным диетическим продуктом для тех, кто страдает от сердечных недугов. Данное масло – прекрасный источник омега-6 жирных кислот, помогающих сжигать излишки жиров, а не откладывать их впрок. Введение в рецептуры продуктов питания сафлорового масла значительно повысит питательную ценность готового продукта. Несравнимый вкус сафлорового масла делает его незаменимым для заправки салатов. Оно используется для приготовления майонезов, соусов, для жарения мясных и рыбных блюд, национальных баурсаков, лепешек и плова. В данной статье рассматривается технология приготовления майонеза с использованием сафлорового масла. В качестве контрольного образца был взят майонез «3 желания» с жирностью 50,5%, были исследованы три образца майонеза, в которых подсолнечное масло частично заменялось сафлоровым маслом в следующих пропорциях: образец №1 – 58% сафлорового масла, образец №2 – 60%, образец №3 – 62,5%. Особое внимание уделяется технологическим аспектам, включая стабильность эмульсий, текстуру и вкус майонеза. Целью статьи является получение пищевого продукта на примере майонеза, применяя сафлоровое масло. В ходе работ использовались методы химического анализа для определения состава сафлорового масла, а также технологические методы создания стабильной эмульсии майонеза с улучшенными органолептическими явлениями. Также было установлено, что использование сафлорового масла улучшает текстуру и стабильность майонеза, увеличивая срок его хранения на 20%. Новизной работы является внедрение сафлорового масла в качестве ингредиента для создания функционального майонеза с улучшенными питательными веществами, что способствует обеспечению его ценности в диетическом и профилактическом питании.

Ключевые слова: сафлоровое масло, технология, жирнокислотный состав, функциональные продукты, майонез, хранение, рецептура.

МАҚСАРЫ МАЙЫН ФУНКЦИОНАЛДЫ МАҚСАТТАҒЫ ӨНІМДЕРДЕ ҚОЛДАНУ

М.Ч. Тултабаев, М.Ж. Султанова, Н. Акжанов, А. Сэдуакас

”Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ҒЗИ” ЖШС АФ, Астана, Қазақстан,
e-mail: shomanyli@mail.ru

Бұл мақала функционалды мақсаттағы тағам өндірісінде мақсары майын қолдануға арналған. Поликаныкпаған май қышқылдарына, дәрумендерге және антиоксиданттар көзіне бай болып келетін мақсары майы функционалды тағамдарды өндірудің құнды ингредиенті болып табылады. Мақсары майында қаныққан майлар аз болып келеді, ал керісінше қанықпаған майлар көп болып табылады. Осы фактінің бірі оның жүрек ауруымен ауыратын науқас адамдар үшін тамаша диеталық тағамға айналдыра алады. Бұл май омега-6 май қышқылдарының керемет көзі болып табылады, олар артық майларды жағуға көмектеседі және оларды болашақта пайдалану үшін сақтамайды. Мақсары майының тағамдық формулаларына кіріспе ретінде дайын өнімнің тағамдық құндылығын едәуір арттырады. Мақсары майының теңдесі жоқ дәмі әртүрлі салаттарға ерекше дәм береді. Сонымен бірге ол

майонез, тұздықтар, ет және балық тағамдарын, ұлттық бауырсақтарды, шелпек пен палауды дайындау үшін қолданылады. Бұл мақалада мақсары майын пайдаланып майонез дайындау технологиясы қарастырылады. Бақылау үлгісі ретінде май мөлшері 50,5% болатын ”3 желания” майонезі алынды, майоннездің үш үлгісі зерттелді, онда күнбағыс майы ішінара мақсары майымен келесі пропорцияларда ауыстырылды: №1 үлгі – 58% мақсары майы, №2 үлгі – 60%, №3 үлгі – 62,5%. Технологиялық аспектілерге, соның ішінде эмульсияның тұрақтылығына байланысты, майонездің құрылымы мен дәміне баса назар аударылады. Мақаланың мақсаты-мақсары майын қолдану арқылы майонез мысалында тамақ өнімдерін алу болып табылады. Мақсары майының құрамын анықтау үшін химиялық талдау әдістерін, сонымен қатар жақсартылған органолептикалық әдістер арқылы тұрақты майонез эмульсиясын жасаудың технологиялық әдістерін қолданды. Сонымен қоса, мақсары майын қолдану майонездің құрылымы мен тұрақтылығын жақсартып қана қоймай, сақтау мерзімін 20% арттыратыны анықталған болды. Мақаланың өзектілігі-мақсары майын жақсартылған қоректік заттармен функционалды майонез жасау үшін ингредиент ретінде енгізу болып табылады, бұл оның диеталық және профилактикалық тамақтанудағы құндылығының артуын қамтамасыз етуге көмектеседі.

Түйін сөздер: мақсары майы, технология, май қышқылының құрамы, функционалды өнімдер, майонез, сақтау, рецептура.

USE OF SAFFLOWER OIL FOR OBTAINING FUNCTIONAL FOOD PRODUCTS

M.Ch. Tultabayev✉, M.Zh. Sultanova, N. Akzhanov, A. Saduakas

«Kazakh research Institute of processing and food industry» LLP AF, Astana, Kazakhstan,
e-mail: shomanyli@mail.ru

The article is devoted to the use of safflower oil in the production of functional food products. Safflower oil contains little saturated fat and a lot of unsaturated fat. This fact alone made it an excellent dietary product for those who suffer from heart disease. This oil is an excellent source of omega-6 fatty acids, which help burn excess fat, rather than storing it for future use. The introduction of safflower oil into food recipes will significantly increase the nutritional value of the finished product. The incomparable taste of safflower oil makes it indispensable for salad dressing. It is used to make mayonnaise, sauces, fry meat and fish dishes, national baursaks, flatbreads and pilaf. This article discusses the technology of making mayonnaise using safflower oil. The control sample was mayonnaise ”3 wishes” with a fat content of 50.5%, three samples of mayonnaise were studied, in which sunflower oil was partially replaced by safflower oil in the following proportions: sample №1 - 58% safflower oil, sample №2 - 60%, sample №3 - 62.5%. Particular attention is paid to technological aspects, including the stability of emulsions, texture and taste of mayonnaise. The purpose of the article is to obtain a food product using mayonnaise as an example, using safflower oil. In the course of the work, chemical analysis methods were used to determine the composition of safflower oil, as well as technological methods for creating a stable mayonnaise emulsion with improved organoleptic phenomena. It was also found that the use of safflower oil improves the texture and stability of mayonnaise, increasing its shelf life by 20%. The novelty of the work is the introduction of safflower oil as an ingredient for the creation of functional mayonnaise with improved nutrients, which helps to ensure its value in dietary and preventive nutrition.

Key words: safflower oil, technology, fatty acid composition, functional products, mayonnaise, storage, recipe.

Введение. В последние годы в Казахстане и за рубежом разрабатывается и производится большой спектр пищевых компонентов из различных источников сырья. Пища является фактором окружающей среды, посредством которого человеческий организм вступает в контакт со всеми химическими веществами растительного и животного происхождения. Питание обеспечивает

обновление клеток и тканей, поступление энергии, необходимое для восполнения энергозатрат организма [1, 2].

В питании современного человека наблюдается резкое увеличение потребления рафинированных продуктов питания, таких как растительное масло, сахар, лекарственные препараты, очищенные от шелухи и оболочки зерна и семена растений и т.д. [3, 4].

Сафлоровое масло считается одним из наиболее полезных растительных масел в мире. [5]. В последнее время было разработано несколько исследований для разработки функциональных продуктов питания с использованием семян и масла сафлора [6]. Семена сафлора содержат 25-37% масла (в ядре 46-60%) и до 12% белка. Масло сафлора относится к полувысыхающим, а по своим вкусовым качествам не уступает подсолнечному.

В рационе человека растет потребление продуктов функционального и здорового питания. Таким образом, привлекая внимание исследователей продуктов питания, пытающихся разработать и использовать функциональные ингредиенты в различных пищевых рецептурах [7].

Растительные масла можно использовать в пищевых рецептурах, растительном масле и готовых салатах, а также во многих других областях. Например, поскольку жирные кислоты омега-3 и омега-6 очень важны для укрепления здоровья, но не могут вырабатываться в организме человека, перспективным способом введения их в организм являются продукты питания [8]. Помимо содержания незаменимых жирных кислот, растительные масла обладают рядом других функциональных свойств, таких как антиоксидантные, противовоспалительные, антибактериальные, противораковые и противовирусные свойства, которые объясняются наличием в их структуре антиоксидантных соединений, таких как витамин Е (токоферолы), полифенолы и β-каротин. На основании вышеизложенного следует, что создание продуктов профилактического назначения для удовлетворения потребностей населения в высококачественных и безопасных продуктах, обладающих функциональной направленностью является актуальным [9,10].

Материалы и методы. Объектами исследования были: масло нерафинированное сафлоровое, яичный порошок, сахарный песок, соль поваренная, горчичный порошок, уксусная кислота, лимонная кислота. Органолептический анализ проводился по стандарту ГОСТ 31755-2012 Массовую долю жира определяли методом центрифугирования. Содержание влаги определяли высушиванием в сушильном шкафу. Для количественного анализа применяли стандарт ГОСТ 31762-2012. Кислотность определяли титрованием с пересчетом на уксусную кислоту. Стойкость эмульсии оценивали центрифугированием при 1500 об/мин, кислотное число - по ГОСТ 31933-2012. Эффективную вязкость измеряли на ротационном вискозиметре при 20°С и скорости сдвига 3 мПа/с. ГОСТ 31761- 2012 Майонезы и соусы майонезные.

Результаты и обсуждение. Разработка рецептуры майонезного соуса проводилась с учетом повышения его биологической ценности, обеспечения сбалансированных органолептических характеристик и сохранения возможности применения традиционной технологии приготовления. В ходе исследования изучали влияние содержания сафлорового масла на свойства майонезного соуса. Все образцы имели однородную густую консистенцию с небольшими пузырьками воздуха. Цвет изменялся в зависимости от количества масла: при содержании 58–60% он был светло-желтым, а при 62,5% – более насыщенным желтым, что соответствует требованиям качества. В процессе исследования оценивались вкусовые и текстурные характеристики майонезного соуса при разном содержании сафлорового масла. Вкус, аромат и консистенция играют ключевую роль в формировании потребительских свойств продукта. Было выявлено, что изменение процентного содержания масла оказывает заметное влияние на данные показатели (рисунок 1).

Образец с 58% сафлорового масла характеризовался мягким, приятным вкусом и равномерной текстурой. В образце с 60% масла вкус становился более насыщенным, а консистенция остава-

лась устойчивой. Образец с 62,5% сафлорового масла продемонстрировал лучшие вкусовые характеристики, отличаясь выраженной полнотой вкуса, сбалансированностью и высокой стабильностью при хранении.

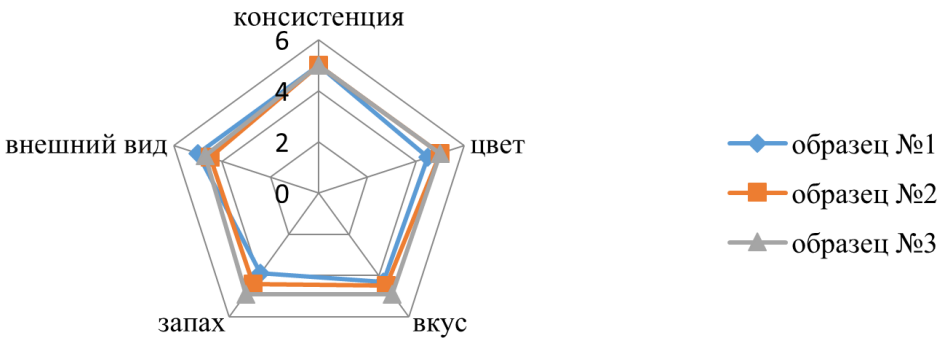


Рис.1 - Профилограмма показателей качества образцов

Эффективная вязкость возрастала с увеличением содержания сафлорового масла, что свидетельствует об улучшении текстуры и консистенции соуса. Кислотность и pH изменялись в допустимых пределах, что указывает на сохранение сбалансированного состава продукта. Повышенная стойкость эмульсии в образцах с более высоким содержанием сафлорового масла свидетельствует о лучшей стабильности продукта в процессе хранения (таблица 1).

Таблица 1 - Характеристика физико-химических показателей качества

Наименование показателя	Контроль	Образец №1	Образец №2	Образец №3
массовая доля жира, %	50,5	51,2	52,3	52,5
массовая доля влаги, %	43,17	43,17	44,17	44,17
эффективная вязкость, мПа/с	18625	18000	20000	22000
кислотность, %	0,24	0,27	0,35	0,45
pH	3,26	3,36	3,46	3,56
стойкость эмульсии, %	95	96	96,7	98
кислотное число, мг КОН/г	1,6	1,62	1,65	1,67

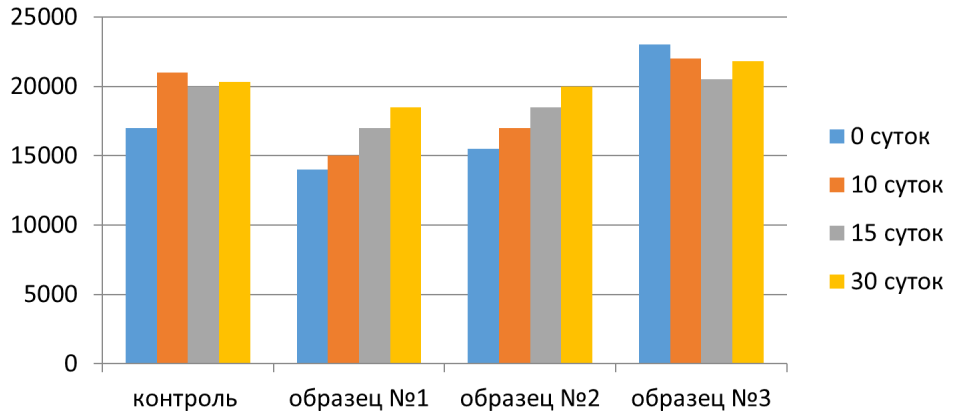


Рис.2 - Динамика изменения эффективной вязкости образцов в процессе хранения

Анализ данных таблицы показывает, что образец с 62,5% сафлорового масла (образец №3) обладает наилучшими показателями вязкости (22000 мПа·с) и стойкости эмульсии (98%), что свидетельствует о его высокой стабильности. При этом кислотное число во всех образцах находилось в пределах нормы, что подтверждает сохранение качества масла в составе соуса (рисунок 2).

Анализ динамики изменения вязкости образцов в процессе хранения показал, что со временем вязкость всех образцов увеличивалась, что связано с постепенным уплотнением структуры эмульсии. Наиболее стабильные показатели были зафиксированы у образца с 62,5% сафлорового масла, что свидетельствует о его высокой устойчивости. Это подтверждает, что увеличение доли сафлорового масла способствует улучшению структурных характеристик соуса и продлению срока его хранения без значительных изменений консистенции. Для разработки рецептуры майонезного соуса на основе сафлорового масла был проведен подбор ингредиентов с учетом их влияния на текстуру, вкус и стабильность продукта. Оптимальное соотношение компонентов обеспечивало баланс между жирностью, кислотностью и консистенцией, что позволило получить качественный продукт с хорошими органолептическими характеристиками. В таблице 2 представлены составы разработанных образцов майонезного соуса с разным процентным содержанием сафлорового масла.

Таблица 2 - Рецептура майонезного соуса на основе сафлорового

Ингредиенты	Образец №1 (%)	Образец №2 (%)	Образец №3 (%)
Масло нерафинированное сафлоровое	58,0	60,0	62,5
Сахарный песок	1,5	2,0	2,3
Яичный порошок	23	22	20
Соль поваренная	1,5	1,0	1,1
Горчичный порошок	3,0	2,0	1,1
5% Уксусная кислота	7	9	11
Лимонная кислота	6	4	2



Образец № 1 - 58% **Образец № 2 - 60%** **Образец № 3 - 62,5%**

Рис.3 - Майонезный соус на основе сафлорового масла

Как видно из данных таблицы, с увеличением доли сафлорового масла в рецептуре уменьшалось количество яичного и горчичного порошка, что оказывало влияние на консистенцию и вкусовые характеристики соуса. Повышение содержания уксусной и лимонной кислоты способствова-

ло сохранению стабильности эмульсии, что особенно важно для длительного хранения. Полученные образцы были протестированы на предмет их органолептических и физико-химических свойств, а результаты исследования представлены на рисунке 3.

Выводы. Проведенные нами исследования подтвердили, что использование сафлорового масла положительно влияет на вкусовые и физико-химические характеристики майонезного соуса. Образец №1 с содержанием 58% масла имел мягкий приятный вкус, а образец №2 с содержанием 60% сафлорового масла имел более выраженные ноты. Образец №3 с содержанием 62,5% сафлорового масла оказался лучшим по вкусу и стабильности, обладая насыщенным, гармоничным вкусом и высокой устойчивостью при хранении. Разработанный майонез является не только качественным продуктом, но и ценным источником полиненасыщенных жирных кислот, способствующих сбалансированному питанию. Таким образом, рекомендуемой рецептурой является майонезный соус №3 с содержанием 62,5% сафлорового масла, который сочетает высокое качество, стабильность и улучшенные органолептические свойства.

Литература

1. Зубков В.В. Рекомендации по возделыванию перспективных масличных культур озимого рыжика и сафлора красильного / В.В. Зубков. - Самара: ОГУ Самара АРИС, 2012. - 19 с.

2. Коденцова В.М., Вржесинская О.А., Рисник Д.В. и др. Обеспеченность населения России микронутриентами и возможности ее коррекции. Состояние проблемы // Вопросы питания. - 2017. - Т.86. №4. - С.113–124.

3. Lu S., Zhang F.Q., Meng G.L., Wang Y.L. Carthamus tinctorius L. oil and its using in food // Food Research and Development. - 2004.- Vol. 25. - P.74-76.

4. Зубков В.В., и др. Перспективы использования масла семян сафлора красильного в пищевой и фармацевтической промышленности // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2014. - Т.16, №5(3).- С.1135-1138

5. Покровский В.И., Романенко Г.А., Княжев В.А. и др. Политика здорового питания. Федеральный и региональный уровни / В.И. Покровский, Г.А. Романенко, В.А. Княжев и др. - Новосибирск: Издательство НГУ, 2002. - 339 с. ISBN 5-94087-009-0.

6. Мини-цех по переработке сафлоровых семян в растительное масло [Электронный ресурс] // Kasipker.info. - URL: https://allbusiness.kz.-Дата обращения:15.01.2025

7. Моисеенко М.С., Мукатова М.Д. Пищевые продукты питания функциональной направленности и их назначение // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. - 2019.-№1. - С. 145–152. DOI 10.24143/2073-5529-2019-1-145-152.

8. Долголюк И. В. и др. Растительные масла функциональные продукты питания //Техника и технология пищевых производств. – 2014. – №.2 (33). - С.122-125.

9. Матеев Е. З., Терёхина А. В., Копылов М. В. Исследование качественных показателей сафлорового масла //Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. - 2017. - Т.79. - №.3 (73). - С. 115-119. DOI 10.20914/2310-1202-2017-3-115-119

10. Пилипенко Т. В., Астафьева В. В., Степанова Н. Ю. Изучение качественных характеристик растительных масел различными методами //Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. - 2015. - №.39. - С.90-96.

References

1. Zubkov V.V. Rekomendacii po vozdelyvaniju perspektivnyh maslichnyh kul' tur ozimogo ryzhika i saflora krasil' nogo / V.V. Zubkov. - Samara: OGU Samara ARIS, 2012. - 19 s. [in Russian]

2. Kodencova V.M., Vrzhesinskaja O.A., Risnik D.V. i dr. Obespechennost' naselenija Rossii mikronutrientami i vozmozhnosti ee korrekcii. Sostojanie problemy // Voprosy pitanija. - 2017. – T.86.№4. - S.113–124. [in Russian]

3. Lu S., Zhang F.Q., Meng G.L., Wang Y.L. Carthamus tinctorius L. oil and its using in food // Food Research and Development. - 2004.- Vol. 25. - P.74–76.

4. Zubkov V.V., i dr. Perspektivy ispol' zovanija masla semjan saflora krasil' nogo v pishhevoj i farmacevticheskoj promyshlennosti // Izvestija Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk. - 2014. - T.16, №5(3).- S.1135-1138. [in Russian]

5. Pokrovskij V.I., Romanenko G.A., Knjazhev V.A. i dr. Politika zdorovogo pitanija. Federal' nyj i regional' nyj urovni / V.I. Pokrovskij, G.A. Romanenko, V.A. Knjazhev i dr. - Novosibirsk: Izdatel' stvo NGU, 2002. - 339 s. ISBN 5-94087-009-0. [in Russian]

6. Mini-ceh po pererabotke saflorovyh semjan v rastitel' noe maslo [Jelektronnyj resurs] // Kasipker.info. - URL: https://allbusiness.kz.-Data obrashhenija:15.01.2025. [in Russian]

7. Moiseenko M.S., Mukatova M.D. Pishhevye produkty pitanija funkcional' noj napravlennosti i ih naznachenie // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tehnicheskogo universiteta. Serija: Rybnoe hozjajstvo. - 2019.-№1. - S.145–152. DOI 10.24143/2073-5529-2019-1-145-152. [in Russian]

8. Dolgoljuk I. V. i dr. Rastitel' nye masla funkcional' nye produkty pitanija //Tehnika i tehnologija pishhevyh proizvodstv. – 2014. – №.2 (33). - S.122-125. [in Russian]

9. Mateev E. Z., Terjohina A. V., Kopylov M. V. Issledovanie kachestvennyh pokazatelej saflorovogo masla //Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tehnologij. - 2017. - T.79. - №.3 (73). - S.115-119. DOI 10.20914/2310-1202-2017-3-115-119. [in Russian]

10. Pilipenko T. V., Astaf' eva V. V., Stepanova N. Ju. Izuchenie kachestvennyh harakteristik rastitel' nyh masel razlichnymi metodami //Izvestija Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. - 2015. - №.39. - S.90-96. [in Russian]

Сведения об авторах

Тултабаев Т.М. — доктор технических наук, руководитель проекта Астанинского филиала ТОО "Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности", Астана, Казахстан, e-mail: shomanyli@mail.ru;

Султанова М. — магистр технических наук, руководитель проекта Астанинского филиала ТОО "Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности", Астана, Казахстан, e-mail: sultanova.2012@mail.ru;

Акжанов Н. — магистр естественных наук, старший научный сотрудник Астанинского филиала ТОО "Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности", Астана, Казахстан, e-mail: nurtore0308@gmail.com;

Садуакас А. — научный сотрудник лаборатории первичной переработки растительного сырья Астанинского филиала ТОО "Казахский научно-исследовательский институт пищевой промышленности", Астана, Казахстан, e-mail: aykon96@mail.ru.

Information about the authors

Tultabayev M.Ch. — Doctor of Technical Sciences, Project Manager of the Astana branch of the Kazakh Research Institute of Processing and Food Industries LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: shomanyli@mail.ru;

Sultanova M. — Master of Technical Sciences, Project Manager of the Astana Branch of the Kazakh Research Institute of Processing and Food Industries LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: sultanova.2012@mail.ru;

Akzhanov N. — Master of Natural Sciences, Senior Researcher of the Astana Branch of the Kazakh Research Institute of Processing and Food Industries LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: nurtore0308@gmail.com;

Saduakas A. — Researcher of the Laboratory of Primary Processing of Plant Raw Materials, Astana Branch of the Kazakh Research Institute of Processing and Food Industries, Astana, Kazakhstan, e-mail: aykon96@mail.ru.

МРНТИ 65.59.29 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-937**

ИЗУЧЕНИЕ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА МЯСНОГО ХЛЕБА, ОБОГАЩЁННОГО ТОМАТНЫМИ ВЫЖИМКАМИ

Г.Е. Исламова, А.А. Утебаева, А.У.Шингисов

Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан

Корреспондент-автор: Gulnura_87_KZ@mail.ru

В данной работе исследуется влияние порошка из томатного жмыха (ПТЖ) на органолептические характеристики и жирнокислотный состав мясного хлеба. Актуальность исследования обусловлена растущим интересом к функциональным продуктам питания, обогащённым растительными компонентами, а также необходимостью рационального использования пищевых отходов.

В ходе исследования были подготовлены образцы мясного хлеба с различным содержанием ПТЖ (10%, 15% и 20%) и проведена их органолептическая оценка по пятибалльной гедонистической шкале. Оптимальный уровень добавления ПТЖ составил 15%, что обеспечило улучшение вкусовых и цветовых характеристик, не нарушая традиционной структуры мясного продукта. При этом отмечено повышение насыщенности цвета, усиление аромата и улучшение текстуры по сравнению с контрольным образцом.

Анализ жирнокислотного состава методом газовой хроматографии показал, что введение ПТЖ способствует увеличению содержания полиненасыщенных жирных кислот, в частности линолевой и олеиновой кислот, а также снижению уровня насыщенных жиров. Таким образом, применение томатных выжимок не только повышает питательную ценность мясного хлеба, но и способствует улучшению его функциональных свойств.

Полученные результаты подтверждают перспективность использования ПТЖ в производстве мясных изделий, обеспечивая повышение их пищевой ценности, органолептической привлекательности и экологической устойчивости производства.

Ключевые слова: функциональная добавка, мясной продукт, порошок из томатных выжимок, мясной хлеб, органолептические показатели, жирнокислотный состав

STUDY OF ORGANOLEPTIC CHARACTERISTICS AND FATTY ACID COMPOSITION OF MEAT BREAD ENRICHED WITH TOMATO EXTRACTS

G.E. Islamova, A.A. Utebaeva, A.U.Shingisov

South Kazakhstan University named after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan,
e-mail: Gulnura_87_KZ@mail.ru

This paper examines the effect of tomato pomace powder (TPP) on the organoleptic characteristics and fatty acid composition of meatloaf. The relevance of the study is due to the growing interest in functional foods enriched with plant components, as well as the need for rational use of food waste.

During the study, meat loaf samples with different TPP content (10%, 15% and 20%) were prepared and their organoleptic evaluation was carried out on a nine-point hedonic scale. The optimal level of TPP addition was 15%, which ensured improvement of taste and color characteristics without violating the traditional structure of the meat produc.At the same time, an increase in color saturation, an increase in aroma and an improvement in texture were noted compared to the control sample.

Analysis of the fatty acid composition by gas chromatography (GC) showed that the introduction of TPP contributes to an increase in the content of polyunsaturated fatty acids, in particular linoleic and oleic acids, as well as a decrease in the level of saturated fats.Thus, the use of tomato pomace not only increases the nutritional value of meatloaf, but also helps to improve its functional properties.

The obtained results confirm the prospects of using TPP in the production of meat products, ensuring an increase in their nutritional value, organoleptic appeal and environmental sustainability of production.

Keywords: functional additive,meat product, tomato pomace powder, meat loaf, organoleptic properties, fatty acid composition

ҚЫЗАНАҚ СЫҒЫНДЫСЫМЕН БАЙЫТЫЛҒАН ЕТ НАНЫНЫҢ ОРГАНОЛЕПТИКАЛЫҚ СИПАТЫ ЖӘНЕ МАЙ ҚЫШҚЫЛДЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

Г.Е. Исламова✉, А.А. Утебаева, А.У.Шингисов

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,
e-mail: Gulnura_87_KZ@mail.ru

Бұл жұмыста ет нанының органолептикалық көрсеткіштері мен май қышқылының құрамын қызанақ ұнтағының әсері зерттелді. Зерттеудің өзектілігі өсімдік компоненттері мен байытылған функционалдық тағамдарға деген қызығушылықтың артуына, сондай-ақтамақ қалдықтарын ұтымды пайдалану қажеттілігіне байланысты.

Зерттеу барысында ет нанының үлгілеріне әртүрлі мөлшердегі қызанақ қалдығының ұнтағы (5%, 10%, 15% және 20%) дайындалып, олардың органолептикалық бағалауы бес балдық гедоникалық шкала бойынша жүргізілді. Қызанақ ұнтағын қосудың оңтайлы деңгейі 15% құрады, бұл ет өнімінің дәстүрлі құрылымын бұзбай,дәм мен түс сипаттамаларын жақсартуды қамтамасыз етті..Бұл ретте бақылау үлгісімен салыстырғанда түсінің қанықтылығының жоғарылауы, хош иістің күшеюі және текстураның жақсаруы байқалды.

Газ хроматографиясы әдісімен май қышқылының құрамын талдау қызанақ қалдығын қосу полиқанықпаған май қышқылдарының, атапайтқанда линол және олеин қышқылдарының құрамын арттыруға, сондай-ақ қанықкан май деңгейін төмендетуге ықпалететінін көрсетті. Осылайша, қызанақ қалдығын қолдану ет нанының тағамдық құндылығын арттырып қана қоймайды, сонымен қатар оның функционалдық қасиеттерін жақсартуға көмектеседі.

Алынған нәтижелер ет өнімдерін өндіруде қызанақ ұнтағын қолдану перспективаларын растайды, олардың тағамдық құндылығын, органолептикалық тартымдылығын және өндірістің экологиялық тұрақтылығын арттыруды қамтамасыз етеді.

Түйін сөздер: функционалдық қоспа, ет өнімі,қызанақ қалдығының ұнтағы, ет наны, органолептикалық қасиеттері, май қышқылдарының құрамы

Введение. Мясной хлеб является популярным мясным продуктом, который традиционно готовят из мясного фарша, панировочных сухарей, яиц и приправ. В последние годы повышенный интерес к функциональным продуктам питания стимулирует исследования по улучшению его питательной ценности за счёт включения растительных компонентов. Это нововведение не только повышает пользу блюда для здоровья, но и вводит новые вкусы и текстуры, делая его привлекательным для более широкой аудитории, включая тех, кто стремится сократить потребление мяса [1,2].

Потребители все чаще ищут функциональные продукты, которые предлагают пользу для здоровья помимо основного питания. Согласно маркетинговым исследованиям, ожидается, что мировой рынок функциональных продуктов питания будет расти со среднегодовым темпом роста 8–10% к 2030 году, что обусловлено: ростом осведомленности о пищевых волокнах и антиоксидантах, спросом на натуральные и экологически чистые ингредиенты, растущей обеспокоенностью по поводу устойчивости продуктов питания [3].

Пищевые отходы являются серьезной проблемой: ежегодно 30–40 % мирового производства продуктов питания выбрасывается. Переработка томатов приводит к образованию значительных

побочных продуктов, включая кожуру и семена, которые обычно выбрасываются или используются в качестве корма для животных [4].

В рамках устойчивого развития ученые и производители изучают возможность превращения пищевых отходов в продукты с добавленной стоимостью, сокращая отходы и одновременно улучшая питательные качества.

Таким образом, одним из перспективных направлений является обогащение мясных изделий томатными выжимками – побочным продуктом переработки томатов, содержащим значительное количество биологически активных соединений, включая ликопин, полифенолы и ненасыщенные жирные кислоты [5, 6].

Использование растительных добавок в мясных продуктах позволяет не только повысить их пищевую ценность, но и улучшить органолептические характеристики. Исследования показывают, что диета, обогащённая томатными продуктами, может способствовать снижению риска сердечно-сосудистых заболеваний за счёт положительного влияния на липидный обмен [5, 6].

Современные тенденции в пищевой промышленности направлены на создание функциональных продуктов, способных оказывать благотворное влияние на здоровье потребителей. В этом контексте особый интерес представляет изменение липидного профиля мясных изделий за счёт включения растительных компонентов, богатых ненасыщенными жирными кислотами. Томатные выжимки могут способствовать увеличению содержания полезных жирных кислот и снижению уровня насыщенных жиров, что актуально в аспекте профилактики метаболических заболеваний.

Таблица 1 - Применение овощных порошков в производстве мясных продуктов

Добавка	Основные преимущества	Ограничения	Лучший уровень использования, (%)
Порошок из томатных отходов (TWP)	Высокое содержание клетчатки, антиоксидантов, удержание влаги, натуральный красный цвет	Чрезмерное использование может повлиять на текстуру	4–6%
Морковный порошок	Добавляет β-каротин и натуральную сладость	Может слишком сильно смягчить текстуру	3–5%
Свекольный порошок	Сильный натуральный красный цвет, нитраты для здоровья сердца	Может перебить вкус	2–4%
Тыквенный порошок	Высокое содержание клетчатки и витамина А	Может значительно изменить текстуру мясного хлеба	3–6%
Яблочные выжимки	Улучшает удержание влаги и придает легкую сладость	Может сделать мясной рулет немного мягче	3–7%

Целью данного исследования является оценка влияния томатных выжимок на органолептические характеристики и жирнокислотный состав мясного хлеба. В работе анализируются сенсорные свойства продукта и изменения в его липидном профиле при добавлении томатных выжи-

мок.

Ряд исследований подтверждает эффективность применения растительных порошков в мясной продукции [7,8]. В частности, использование порошка томатных отходов обеспечивает сбалансированное питание, улучшает цвет и вкус продукта без негативного влияния на его текстуру. В таблице 1 представлены основные преимущества и ограничения применения различных овощных порошков в мясных продуктах.

Ранее авторами данной работы были изучены методы переработки томатных выжимок и их применение в мясных продуктах. Полученные результаты подтверждают перспективность использования данной добавки для обогащения мясного хлеба [9]. Кроме того, данные других исследований свидетельствуют о высокой потребительской оценке мясных изделий с томатными добавками по девятибалльной гедонистической шкале [10].

Таким образом, использование томатных выжимок в производстве мясного хлеба является перспективным направлением, сочетающим улучшение питательной ценности, органолептических характеристик и повышение экологической устойчивости пищевой промышленности.

Материалы и методы. Объектами исследования являлись образцы мясного хлеба с добавлением порошка из томатного жмыха в различных концентрациях. Экспериментальные исследования проводились на базе кафедры «Технология и безопасность продовольственных продуктов» ЮКУ им. М. Ауэзова с применением стандартных общепринятых методик. ГОСТ 32951-2014 «Полуфабрикаты мясные и мясосодержащие. Общие технические условия». ISO 67.120.10 Meat and meat products.

В качестве растительной добавки в экспериментальном образце использовали порошок, полученный из томатного жмыха. Свежий томатный жмых, представляющий собой побочный продукт переработки томатов (содержащий кожуру, семена и остатки мякоти), был предварительно просеян для удаления крупных механических включений и затем гомогенизирован с помощью лабораторного измельчителя до получения однородной массы. Сушка жмыха проводилась в вакуум-сушильном шкафу при температуре $55 \pm 2\,^{\circ}C$ и остаточном давлении 20–25 кПа. Продолжительность сушки составляла 8 часов, до достижения остаточной массовой доли влаги не более 10%. После охлаждения до комнатной температуры высушенный жмых измельчали на лабораторной мельнице до порошкообразного состояния. Средний размер частиц полученного порошка не превышал 500 мкм. Готовый порошок хранился в герметичных полиэтиленовых пакетах в сухом, тёмном помещении при температуре (18–20 °C).

Органолептическая оценка (цвет, вкус, аромат, консистенция) проводилась методом пятибалльной гедонической шкалы.

Протокол органолептического тестирования

Наименование продукции: образцы мясного хлеба с добавлением порошка из томатного жмыха в различных концентрациях; Дата проведения: 10.01.2025; Место проведения: лаборатория кафедры «Технология и безопасность продовольственных продуктов» ЮКУ им. М. Ауэзова; Количество образцов: 3 опытных образца + 1 контрольный; Количество повторов: 3 (каждому образцу проводится оценка не менее чем в трёх повторах для повышения достоверности результатов); Количество экспертов: 5.

Методика проведения

Образцы кодируются (например, A, B, C, D) и подаются в случайном порядке. Каждый эксперт заполняет индивидуальный бланк оценки, выставляя баллы по каждому показателю. Результаты по каждому образцу усредняются по всем экспертам и по всем повторам. На основе полученных баллов составляется рейтинг качества образцов.

Определение содержания метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК) выполнялось методом газовой хроматографии (ГХ) на базе лаборатории АТУ. (Протокол № 9 от 15 января от 2025г).

Анализ жирнокислотного состава проводили методом газовой хроматографии. Для подготовки проб липиды экстрагировали органическими

растворителями с методом сокслета с последующей метилированием триглицеридов с использованием натрия метилата. Жирнокислотный анализ выполняли на приборе газовой хроматограф ”Кристаллюкс-400М” используя азот в качестве газа-носителя. Тип колонки: Капиллярная колонка: HP-5 (5% фенил, 95% метилполисилоксана). Размеры: длина 30 м, внутренний диаметр 0.25 мм, толщина пленки 0.25 мкм. Скорость потока: 1.0 мл/мин (оптимально для капиллярных колонок). Режим потока: постоянный поток (constant flow) - обеспечивает стабильность времени удерживания. Температурный режим: Температура испарителя: 230 °C. Температура детектора ПИД: 250 °C. Программа температуры печи: Начальная температура: 50 °C (удержание 2 мин), Подъём: 10 °C/мин до 280 °C, Удержание на конечной температуре: 5–10 мин. Объём вводимого образца: 1 мкл (при ручном или автоматическом вводе). Сплит режим: Сплит-отношение 1:20 (или в зависимости от концентрации анализируемого вещества).

Идентификацию жирных кислот проводили путем сравнения со стандартными растворами жирных кислот ГОСТ Р 55483-2013.

Обсуждение и результаты. В таблице 2 дана рецептура образцов мясного хлеба – контрольного и с концентрацией порошка из томатного жмыха (ПТЖ) от 10% до 20 %. Подготовленные по разработанной нами технологии и рецептуре образцы мясного хлеба с концентрацией порошка из томатного жмыха (ПТЖ) от 10% до 20 % были исследованы по органолептическим показателям (таблица 3, рисунок 1).

Таблица 2 - Рецептура образцов мясного хлеба

№ п\п	Сырье, кг на 100 г сырья	№1 (контр)	Образец №1 (10%)	Образец №2 (15%)	Образец №3 (20%)
1	Баранина	315	310	307,5	305
2	Индейка	315	310	307,5	305
3	Яйца куриные	120	120	120	120
4	Лук репчатый свежий	84	84	84	84
5	Хлеб из пшеничной муки	100	100	100	100
6	Вода	60	60	60	60
7	Гималайская соль	6	6	6	6
8	Черный перец	2	2	2	2
9	Порошок томатного жмыха	-	10	15	20

Согласно данным рисунка 1, образец № 2(15% ПТЖ) показал наилучшие органолептические свойства, включая вкус, аромат и внешний вид - оптимальное соотношение мясного и томатного компонентов. Контрольный образец ожидаемо имеет традиционные характеристики. Образец №1 (10%) - достойный, но немного уступает по вкусу и аромату. Образец № 3(20%) - проигрывает из-за чрезмерной насыщенности томатного вкуса и плотной текстуры.

Как известно, овощные добавки привносят новое измерение в сенсорные ощущения от употребления мясного хлеба [11].

Добавление порошка из томатного жмыха (ПТЖ) способствовало улучшению цвета, внешнего вида и вкусового профиля, придавая мясному хлебу легкую кислотность и делая его более сбалансированным по вкусу.

По результатам органолептической оценки

можно сделать вывод, что оптимальным является содержание ПТЖ на уровне 15%, так как оно способствует насыщенному красному оттенку, улучшает текстуру и усиливает натуральные мясные и томатные ароматы. Каротиноиды в томатах играют ключевую роль в формировании привлекательного цвета, снижая необходимость использования искусственных красителей и усилителей вкуса.

Далее был определён жирнокислотный состав мясного хлеба с содержанием порошка из томатного жмыха (ПТЖ) 15 % в сравнении с контрольным образцом. Полученные данные, отражающие влияние ПТЖ на липидный профиль продукта, приведены в таблице 4 и на рисунках 2 и 3.

Таблица 3 - Органолептические показатели мясного хлеба в зависимости от содержания порошка из томатного жмыха (ПТЖ)

Наименование показателя	Контроль	Образец № 1(10%)	Образец № 2(15%)	Образец № 3(20%)
Консистенция	Стандартная	Хорошая сочность, приятная текстура	Оптимальная мягкость и сочность	Плотная, слегка суховатая
Цвет	Обычный мясной	Легкий красноватый оттенок	Оптимальный насыщенный оттенок	Чрезмерно темный, красно-коричневый
Вкус	Чистый мясной	Легкий томатный привкус	Оптимальное сочетание мясного и томатного аромата	Чрезмерно выраженный аромат томатов
Аромат	Традиционный мясной	Незначительный томатный аромат	Усиление натурального мясного аромата	Преобладание томатного аромата

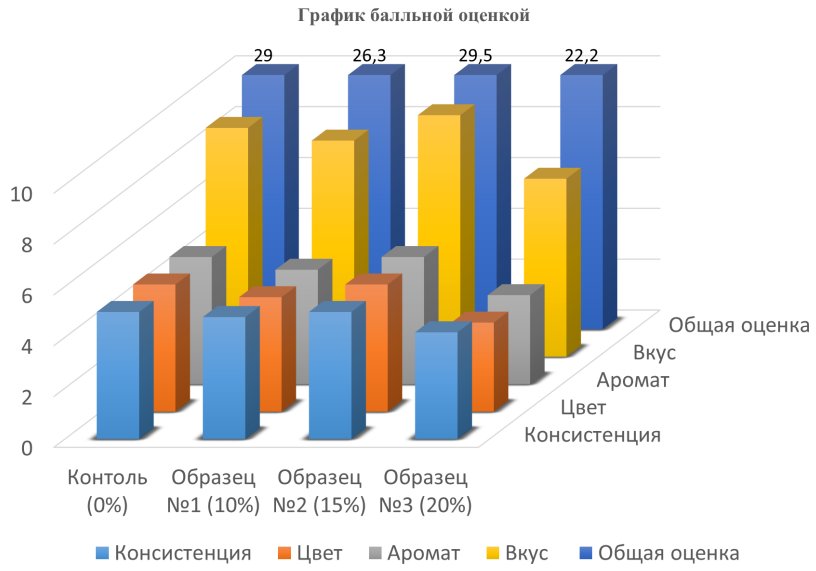


Рис.1 - Результаты балльной оценки органолептических показателей мясного хлеба с разным содержанием ПТЖ

Таблица 4 - Жирнокислотный состав мясного хлеба с содержанием порошка из томатного жмыха (ПТЖ) 15 % в сравнении с контрольным образцом

Компонент	Контрольный образец (концентрация, % об.)	Экспериментальный образец (15%) (концентрация, % об.)
Метилбутират	2,173154	1,600267
Метилгексаноат	82,896302	56,987661
Метиловый эфир цис-10-пентадеценовой кислоты	0,015688	0,032050
Метилпальмитолеат	0,000116	
Метилпальмитат	0,002597	0,005663
Метиловый эфир цис-10-гептадекановой кислоты	0,000013	0,000033
Метилгептадеканоат	3,193092	8,124987
Метиловый эфир γ-линоленовой кислоты	0,042583	0,104247
Метиллиноленат	0,013492	0,021532
Метиловый эфир линолеидовой кислоты	0,002628	0,005085
Метиловый эфир цис-9-олеиновой кислоты	1,358085	3,284745
Метиловый эфир транс-9-элаидиновой кислоты	10,224256	29,282522
Метиловый эфир цис-5,8,11,14,17-эйкозапентаеновой кислоты	0,076441	0,545892
Метиловый эфир цис-8,11,14-эйкозатриеновой кислоты	0,001081	0,004040
Метиловый эфир цис-11,14-эйкозадиеновой кислоты	0,000035	
Метилцис-11-эйкозеноат	0,000041	
Метилархидат	0,000076	
Метилгениказаноат	0,000009	
Метиловый эфир цис-13,16-докозадиеновой кислоты	0,000290	0,001169
Метилнервонат	0,000021	
Метилтрикозаноат		0,000107

Добавление 15% порошка томатного жмыха (ПТЖ) привело к значительным изменениям в липидном составе мясного хлеба по сравнению с контрольным образцом (Таблица 4). Анализ жирнокислотного профиля выявил тенденции, касающиеся как насыщенных, так и ненасыщенных жирных кислот.

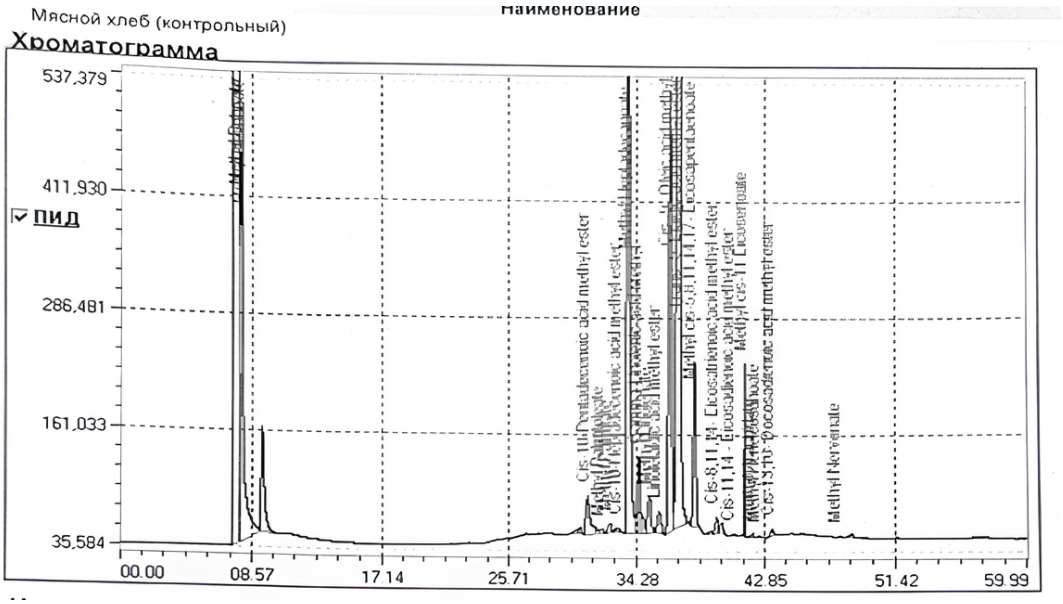


Рис.2 - Жирнокислотный состав контрольного образца мясного хлеба

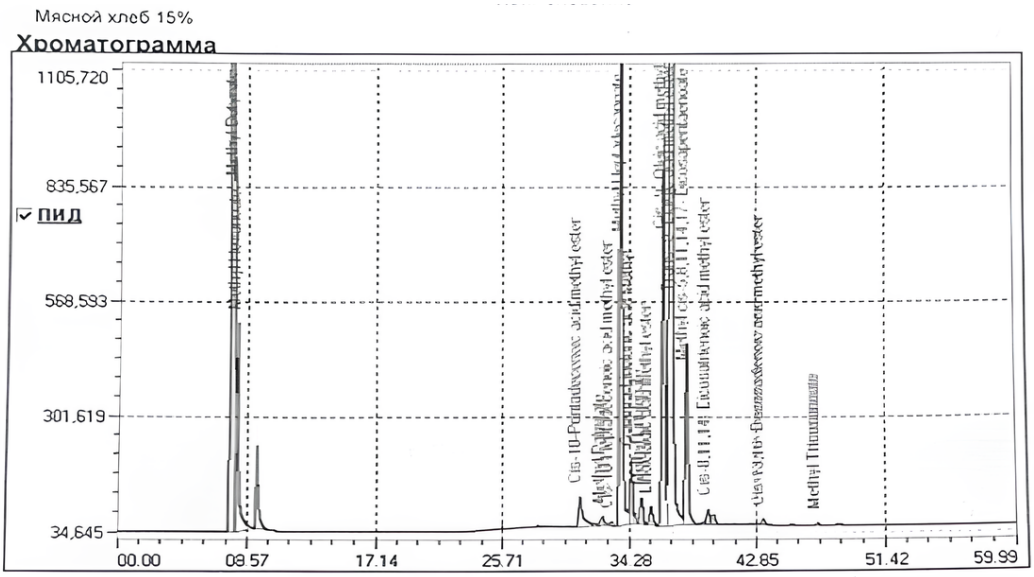


Рис.3 - Жирнокислотный состав образца мясного хлеба с 15% ПТЖ

Метилбутират и метилгексаноат, относящиеся к коротко- и среднецепочечным метиловым эфирам, снизились в опытном образце в 1,36 и 1,45 раза соответственно. Это свидетельствует об изменении состава летучих соединений, что может оказывать влияние на ароматические характеристики мясного хлеба, снижая сливочные нотки и усиливая растительные оттенки.

Содержание метилпальмитата (насыщенная жирная кислота) в экспериментальном образце увеличилось в 2,18 раза, что может способствовать повышению структурной стабильности продукта. Увеличение количества метиловых эфиров цис-10-пентадеценовой и цис-10-гептадекановой кислот в 2 и 2,5 раза соответственно указывает на поступление в систему специфических растительных липидов из томатных семян, характерных для растительных масел и морепродуктов.

Особое внимание заслуживает рост содер-

жания полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК). Концентрация метилового эфира γ-линоленовой кислоты увеличилась в 2,45 раза, а метиллинолената – в 1,6 раза, что свидетельствует об обогащении мясного хлеба ценными омега-6 и омега-3 жирными кислотами, участвующими в регуляции липидного обмена и обладающими противовоспалительными свойствами.

Отмечено значительное увеличение транс-9-элаидиновой кислоты (транс-изомера олеиновой кислоты) в 2,86 раза, что, вероятно, связано с термической обработкой продукта. В то же время содержание цис-9-олеиновой кислоты, основной мононенасыщенной жирной кислоты, увеличилось в 2,4 раза, что может способствовать улучшению усвояемости жиров.

Значительное повышение уровня длинноцепочечных ПНЖК, таких как эйкозапентаеновая (EPA) и эйкозатриеновая кислоты, указывает на увеличение доли омега-3 жирных кислот в липидном профиле мясного хлеба. Кроме того, концентрация цис-13,16-докозадиеновой кислоты возросла на 76%, что подчеркивает ее участие в регуляции липидного обмена.

Таким образом, введение 15% ПТЖ способствует увеличению содержания полиненасыщенных жирных кислот (омега-3 и омега-6), мононенасыщенных жирных кислот и специфических растительных липидов, что повышает биологическую ценность и функциональные свойства мясного хлеба.

Выводы. Результаты исследования подтверждают перспективность обогащения мясного хлеба порошком из томатного жмыха (ПТЖ). Оптимальный уровень добавления – 15%, поскольку он улучшает органолептические характеристики продукта: придает ему насыщенный красновато-коричневый оттенок благодаря природным пигментам томатов, делает консистенцию более плотной за счет влагопоглощающих свойств клетчатки и формирует сбалансированный вкус с умеренными томатными, фруктово-растительными и ореховыми нотами. При этом снижается выраженность мясного и сливочного вкуса, что связано с уменьшением концентрации метилбутирата и метилгексаноата.

Добавление ПТЖ также приводит к изменению липидного профиля мясного хлеба: повышается содержание ненасыщенных жирных кислот, включая омега-3 и омега-6, и снижается уровень насыщенных жиров. Это соответствует современным требованиям к функциональным продуктам, способствующим профилактике метаболических заболеваний.

Таким образом, использование ПТЖ в мясных изделиях повышает их пищевую ценность, улучшает сенсорные свойства и способствует рациональному использованию побочных продуктов пищевой промышленности, что делает производство более экологически устойчивым. Полученные результаты могут быть полезны при разработке новых рецептур функциональных мясных продуктов с улучшенными липидными характеристиками и повышенной привлекательностью для потребителей.

Литература

1. Stangierski J.&Lesnierowski G. Nutritional and health-promoting aspects of poultry meat and its processed products // World’ s Poultry Science Journal. - 2015.-71(1).- P.71-82. DOI 10.1017/S0043933915000070.

2. Zinina O., Merenkova S., Tazeddinova D., Rebezov M., Stuart M., Okuskhanova E.,Yessimbekov Zh. & Baryshnikova, N. Enrichment of meat products with dietary fibers: a review // Agronomy Research. -2020. - 17 (14).- P.387-396. DOI 10.15159/AR.19.163.

3. Functional Food Ingredients Market. https://www.maximizemarketresearch.com Date of access: 18.12.2024

4. BrighinaS.,Pulvirenti L.,Siracusa L., Arena E.,Faulisi M.V.,Restuccia C. Small-Sized Tomato Pomace: Source of Bioactive Compounds and Ingredient for Sustainable Production of Functional Bread. // Foods

- 2024. - 13(21).- P.3492. DOI 10.3390/foods13213492

5. Domínguez R., Gullón P., Pateiro M., Munekata P.WangangZ.& Lorenzo J. M., Tomato as Potential Source of Natural Additives for Meat Industry // A Review. Antioxidants. -2020. - 9 (1). -P.73. DOI 10.3390/antiox9010073.

6. Lyu X., Ying D., Zhang P. Effect of Whole Tomato Powder or Tomato Peel Powder Incorporation on the Color, Nutritional, and Textural Properties of Extruded High Moisture Meat Analogues // Food Bioprocess Technol. -2024. -17. -P.231-244. DOI 10.1007/s11947-023-03133-x.

7. Ahmad U., Mushtaq Z., Ahmad R.S. and Asghar N. Characterization, oxidative perspectives and consumer acceptability of tomato waste powder supplemented cookies // The Journal of Animal & Plant Sciences. -2017. - 27(6). -P.2045-2055.

8. Incoronato AL., Conte A., Gammariello D., Del Nobile MA. Meatloaf with Semi-dry Vegetables: A Study of Processing and Preservation. // Journal Food Process Technol. -2015. -6(8). -P.470. DOI 10.4172/2157-7110.1000470.

9. Islamova G.,UtebaevaA., ShingisovA. Study of physico-chemical indicators and mineral composition of tomato pomace for enrichment of meat products //BULLETIN of the Korkyt Ata Kyzylorda University. -2024.-1(68).- P.186-195. DOI 10.52081/bkaku.2024.v68.i1.141.

10. SlavišaS.,Skwarek P.,Đurđević S., Karwowska M.,Pisinov B.,Tomasevic I.,KurćubićV. Tomato Pomace Powder as a Functional Ingredient in Minced Meat Products— Influence on Technological and Sensory Properties of Traditional Serbian Minced Meat Product Cevapi// Processes. -2024.-12(7), -P.1330. DOI 10.3390/pr12071330.

11. Ahmad M., Qureshi S., Akbar M.H., Siddiqui S.A., Gani A., Mushtaq M., et al. Plant-based meat alternatives: compositional analysis, current development and challenges. // Applied Food Research. -2022. - Vol.2 (2). - 100154. DOI 10.1016/j.afres.2022.100154.

Информация об авторах

Шингисов А. У. -доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Академии сельскохозяйственных наук Республики Казахстан и Академии естественных наук Российской Федерации, Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, Шымкент, Қазақстан, e-mail: azret_utebai@mail.ru;

Утебаева А.А. - PhD доктор, Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, Шымкент, Қазақстан, e-mail: aidana.utebaeva@gmail.com;

Исламова Г.Е.- докторант, Южно-Казахстанский университет им. М.Ауэзова, Шымкент, Қазақстан, e-mail: Gulnura_87_KZ@mail.ru

Information about the authors

Shingisov A.U.- doctor of Technical Sciences., professor, Corresponding Member of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan and the Academy of Natural Sciences of the Russian Federation, South Kazakhstan University M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: azret_utebai@mail.ru;

Utebaeva A.A.- PhD, South Kazakhstan University M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: aidana.utebaeva@gmail.com;

Islamova G.E.- doctoral student, South Kazakhstan University M. Auezov,Shymkent, Kazakhstan, e-mail: Gulnura_87_KZ@mail.ru.

ҒТАМР 65.53.30 https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-1097

КӨКӨНІС ДӘМТАҒАМ КОНСЕРВІЛЕРІН ӨНДІРУДЕ БЕЛСЕНДІ ПЕКТИНГЕ БАЙ ӨСІМДІК ЭКСТРАКТЫСЫН ҚОЛДАНУ

Л.С. Сыздыкова, К.М. Абдиева, Г.Д. Шамбулова, С.Т. Азимова, Г.Н. Жаксылыкова, А.М. Таева

Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

Корреспондент-автор: k.abdiyeva08@gmail.com

Ғылыми жұмыстың мақсаты күнделікті тұтынуға арналған тағам өнімдерінің ассортиментін табиғи антиоксиданттармен және биологиялық белсенді заттармен байыту арқылы кеңейту, сондай-ақ отандық өсімдік шикізаты негізінде дайындалған тағам өнімдерінің тағамдық және биологиялық құндылығын арттыру мәселелерін шешуге бағытталған. Бұл зерттеу жұмысы көкөніс дәмтағам консервілерінің ассортиментін кеңейту мақсатында томат тұздығымен құйылған фаршпен және кесіліп қуырылған көкөністерден жасалған дәмтағам консервілеріндегі көкөніс фаршының құрамына кіретін күріштің орнын қарақұмық және булгур жармаларымен алмастыру және өсімдіктерден алынған белсенді пектинге бай экстрактыларды қолдануға арналған.

Белсенді пектинге бай экстракттар алу үшін өсімдік шикізатынан зерттеу үшін алма, асқабақ және кәдіш алынып олардың сапалық көрсеткіштері, яғни шикізаттағы жалпы пектиндік заттар, еритін пектин мөлшері және антиоксиданттық белсенділігі анықталды.

Ғылыми жұмыс барысында көкөніс дәмтағам консервілерін дайындауда фарштың құрамына қосылатын күріштің орнын булгур және қарақұмық жармаларымен алмастыру арқылы дәмтағам консервілерінің жаңа рецептуралары алынды. Сондай-ақ жаңа жарма қосылған көкөніс дәмтағам консервілерінің рецептураларын құрастыруда пектиндік және антиоксиданттық қасиеттері жағынан ерекшеленетін алма және асқабақ пектиндерінің экстрактылары қолданылды.

Түйін сөздер: көкөніс дәмтағам консервілері, булгур және қарақұмық жармалары, пектин заттар мөлшері, рецептура

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ЭКСТРАКТОВ, БОГАТЫХ АКТИВНЫМ ПЕКТИНОМ, В ПРОИЗВОДСТВЕ ОВОЩНЫХ ЗАКУСОЧНЫХ КОНСЕРВОВ

Л.С. Сыздыкова, К.М. Абдиева, Г.Д. Шамбулова, С.Т. Азимова, Г.Н. Жаксылыкова, А.М. Таева

Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан,
e-mail: k.abdiyeva08@gmail.com

Цель научной работы - расширение ассортимента пищевых продуктов повседневного потребления за счёт обогащения их природными антиоксидантами и биологически активными веществами, а также решение задач по повышению пищевой и биологической ценности продуктов питания, приготовленных на основе отечественного растительного сырья. Данное исследование направлено на расширение ассортимента овощных гастрономических консервов за счёт замены риса, входящего в состав овощного фарша, на гречневую и булгур крупы, а также использования экстрактов, богатых активным пектином, полученных из растений, при производстве гастрономических консервов из жареных нарезанных овощей с томатным соусом и фаршем.

Для получения экстрактов, богатых активным пектином, в качестве растительного сырья для исследования были выбраны яблоки, тыква и кабачки, и определены их качественные показатели, такие как общее содержание пектиновых веществ, количество растворимого пектина и антиоксидантная активность.

В ходе научной работы были разработаны новые рецептуры гастрономических овощных консервов путём замены риса в составе фарша на булгур и гречневую крупу. Также при разработке рецептур

овощных гастрономических консервов с добавлением новых видов круп использовались экстракты яблочного и тыквенного пектина, отличающиеся своими пектиновыми и антиоксидантными свойствами.

Ключевые слова: овощные закусочные консервы, булгурная и гречневая крупа, содержание пектиновых веществ, рецептура

THE USE OF PLANT EXTRACTS RICH IN ACTIVE PECTIN IN THE PRODUCTION OF VEGETABLE APPETIZER PRESERVES

L.S. Syzdykova, K.M. Abdiyeva✉, G.D. Shambulova, S.T. Aazimova, G.N. Zhaksylykova, A.M. Tayeva

Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: k.abdiyeva08@gmail.com

The aim of the research is to expand the range of food products intended for daily consumption by enriching them with natural antioxidants and biologically active substances, as well as to address the issues of improving the nutritional and biological value of food products made from domestic plant raw materials. This study is focused on expanding the assortment of vegetable culinary preserves by replacing rice, which is part of the vegetable stuffing, with buckwheat and bulgur groats, and by using plant-derived extracts rich in active pectin for the production of culinary canned products made from fried sliced vegetables with tomato sauce and stuffing.

For obtaining active pectin-rich extracts, apples, pumpkins, and zucchini were selected as plant raw materials for research. Their quality indicators were determined, including total pectin content, the amount of soluble pectin, and antioxidant activity.

During the research, new recipes for vegetable culinary preserves were developed by replacing rice in the stuffing with bulgur and buckwheat groats. In addition, when formulating the new recipes, pectin extracts from apples and pumpkins - known for their distinct pectic and antioxidant properties - were used.

Keywords: Vegetable appetizer preserves, bulgur and buckwheat groats, pectin content, recipe formulation

Кіріспе. Өсімдік шикізаты, әсіресе көкөністер адам денсаулығына пайдалы қосылыстардың негізгі көзі, ал олардағы антиоксиданттық заттар қант диабеті мен қатерлі ісік сияқты заманауи ауруларға қарсы тұра алатын бағалы құрам бөліктер болып табылады. Яғни көкөністердің қоректік заттарға бай болуы адамның тамақтану рационын жақсартуға ықпал ете алады. Соңғы кезде табиғи, иммунитетті күшейтетін компоненттері бар өнімдерге сұраныстың артуы- жаңа тағам көздерін тұтыну және пайдалы құрам бөліктерін сақтап қалуға мүмкіндік беретін үнемді технологиялар қолдану арқылы жетілдірілген өнімдер жасау қажеттілігінің өзектілігін дәлелдейді [1,2].

Ғылыми жұмысымыздың мақсаты күнделікті тұтынуға арналған тағам өнімдерінің ассортиментін табиғи антиоксиданттармен және биологиялық белсенді заттармен байыту арқылы кеңейту, сондай-ақ отандық өсімдік шикізаты негізінде дайындалған тағам өнімдерінің тағамдық және биологиялық құндылығын арттыру мәселелерін шешуге бағытталған. Бұл - биологиялық белсенділігі жоғары, функционалдық қасиеттері бар өнімдерді кең ауқымды өндіріп тұтынушыларға ұсынуға мүмкіндік береді. Қазіргі таңда пектиндер, әсіресе құрамында пектинді заттары мол өсімдік шикізаттарын тағамға қолдану ерекше маңызға ие болуда. Олар адам ағзасында жанама әсер туғызбайды және әртүрлі өндірістік уларды шығару барысында елеулі тиімділікке ие. Осыған байланысты өсімдік шикізатында тікелей кездесетін протопектиндерден белсенді пектиндер алу және оларды көкөніс консервілерін өндіру технологиясында қолдануға басымдық беріледі.

Консервілеу технологиясында және профилактикалық тамақтануда ең болашағы зор қадам - шикізатты өңдеудің тағамдық құндылығын арттыруға бағытталған технологиялық тәсілдерін

қолдану және көкөніс консервілерінің тиімді рецептурасын құрастыру болып саналады [3,4].

Көкөніс дәмтағам консервілері ұзақ уақытқа сақталатын, суықтай немесе қыздырылған күйде қолдануға болатын, аспаздық өңделген көкөністерден дайындалған дайын тағамдар [5]. Олардың ассортиментін кеңейту мақсатында томат тұздығымен құйылған фаршпен және кесіліп қуырылған көкөністерден жасалған дәмтағам консервілеріндегі көкөніс фаршының құрамына кіретін күріштің орнын қарақұмық және булгур жармаларымен алмастыру және өсімдіктерден алынған белсенді пектинге бай экстрактыларды қолдану ұсынылады [6].

Материалдар мен әдістер. Қарақұмық жармасы жоғары калориялығымен, жақсы дәмдік сапасымен ерекшеленеді және диеталық қасиеттерімен ерекшеленеді. Қарақұмық жармасының құрамында көмірсулар, пайдалы ақуыз және құрамында қаныққан және қанықпаған май қышқылдары май, тағамдық талшықтар, өте көп көлемде крахмал болады [7]. Булгур - бұл бидайдан алынған, сумен термиялық өңдеуден өткен жарма түрі. Булгур жармасы ағзаға оңай сіңетінімен ерекшеленеді, ол метаболизмге жағымды әсер етеді және ағзада жиналған токсиндерді белсенді шығарып тастауға ықпал етеді. Булгур жүйке жүйесіне де оң әсер береді (кесте 1).

1 - кесте. Қарақұмық және булгур жармаларының химиялық құрамы, г/100г

Жарма атауы	Су	Ақуыз	Май		Көмірсу		Күл	Тағамдық талшық	Жасұнық
			Қаныққан май қышқылы	Қанықпаған май қышқылы	Крахмал	Моно және дисаридтер			
Қарақұмық	14	12,6	3,4	1,04	60,7	1,4	1,3	1,3	1,1
Булгур	9	12	0,232	1,5	76	0,41	1,51	18,3	-

Қарақұмық жармасы көптеген қасиетке ие: фолий қышқылына және рутинге бай, иммундық жүйесін қатайтып, анемиядан қорғап, қан тамырларын нығайтады; өсімдік флавоноидына бай болғандықтан, ол ағзаны түрлі онкологиялық аурулардан қорғайды; жасұныққа бай бұл жарма ағзадағы токсиндер мен артық суды сыртқа шығарады [7].

Булгур және қарақұмық жармалары тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары, адам ағзасына өте пайдалы, витаминдер мен минералды заттарға бай шикізаттар [8]. Олардың құрамында В тобының витаминдері тиамин, холин, рибофлавин, холин, пиридоксин және фолий қышқылы, сондай-ақ Е және РР витаминдері кездеседі (кесте 2).

2 - кесте. Жармалардың құрамындағы витаминдер, мг/100г

Жарма атауы	РР	Е	В9	В6	В5	В4	В2	В1
Қарақұмық	4,19	6,7	0,032	0,4	0,095	12,5	0,20	0,43
Булгур	5,114	0,06	0,027	0,342	1,045	28,1	0,115	0,232

Кейбір ғалымдар қарақұмық тіпті флавоноидтардың жоғары концентрациясының арқасында қатерлі ісіктің пайда болу қаупін төмендетеді деп санайды. Ал булгур құрамындағы В тобының витаминдері орталық жүйке жүйесінің қалыпты жұмыс істеуі үшін қажет және ұйқысыздықты, жүйке кернеуін, стрессті және тітіркенуді жеңуге көмектеседі.

Жармалардың құрамында минералды заттардан – калий, магний, фосфор, кальций, натрий, марганец, темір, мырыш, күкірт және таға басқалары кездеседі (кесте 3).

3 - кесте. Жармалардың құрамындағы минералды заттар, мг/100г

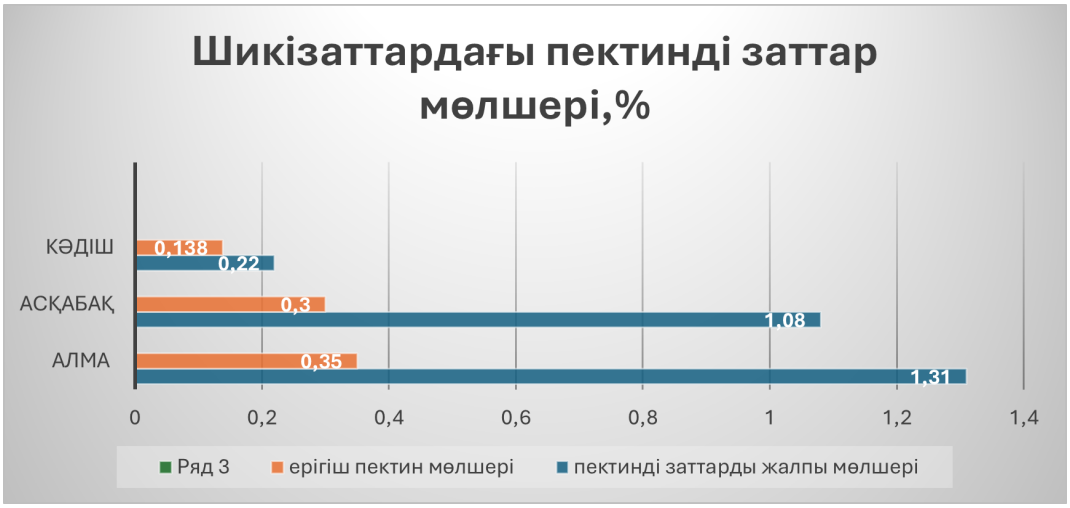
Жарма атауы	Mn	Fe	S	P	K	Na	Mg	Ca	Zn
Қарақұмық	1560,0	6,7	88,0	296,0	380,0	3,0	200,0	20,7	2,05
Булгур	3,048	2,46		300	410	17	164	35	1,93

Нәтижелер мен талқылау. Белсенді пектинге бай экстракттар алу үшін өсімдік шикізатынан зерттеу үшін алма, асқабақ және кәдіш алынып олардың сапалық көрсеткіштері зерттелді [9]. Яғни жеміс-көкөністердегі жалпы пектиндік заттар және еритін пектин мөлшері анықталды(кесте 4).

4 - кесте. Өсімдік шикізатындағы пектинді заттар мөлшері, %

Шикізат	Пектинді заттардың салмақтық үлесі, %	Ерігіш пектиннің салмақтық үлесі, %
Алма	1,31	0,35
Асқабақ	1,08	0,3
Кәдіш	0,22	0,138

Кестедегі мәліметтерге сүйене отырып, зерттелген өсімдік өнімдеріндегі пектинді заттардың мөлшері мен ерігіш пектиннің массалық үлесі айтарлықтай өзгеретінін байқауға болады(сурет - 1). Алма ең жоғары пектинді заттар мөлшерімен (1,31%) және ерігіш пектинмен (0,35%) сипатталады, бұл олардың жоғары пектиндік белсенділігін көрсетеді [10]. Асқабақ аралық деңгейде орналасқан - тиісінше 1,08% және 0,30%, ал кәдіш едәуір төмен көрсеткіштерге ие - 0,22% және 0,138% [11].



1 - сурет. Өсімдік шикізаттарындағы пектинді зат мөлшері

Алма, асқабақ және кәдіштен алынған пектин экстракттарының антиоксиданттық белсенділігі «Цвет Яуза-01-АА» хроматография құрылғысы арқылы зерттелді.

Пектин экстракттарының антиоксиданттық белсенділігі де үлгілер арасында айырмашылық

көрсетеді. Ең жоғары антиоксидант мөлшері алма экстрактында анықталды - 1,243 мг/100 г, бұл асқабақтың көрсеткішінен сәл жоғары - 1,102 мг/100 г. Ал кәдіш айтарлықтай төмен антиоксиданттық белсенділікке ие - 0,570 мг/100 г [12].

5 - кесте. Пектин экстракттарының антиоксиданттық белсенділігі

Көрсеткіштің атауы	Өлшем бірлігі	Нәтиже	Өлшеу аспабы
Алма экстрактындағы антиоксидант мөлшері	мг/100 г	1,243±0,019	Цвет Яуза-01-АА
Асқабақ экстрактындағы антиоксидант мөлшері	мг/100 г	1,102±0,017	
Кәдіш экстрактындағы антиоксидант мөлшері	мг/100 г	0,57±0,0068	

Қорытынды. Осылайша, алма мен асқабақ пектиндік және антиоксиданттық қасиеттері жағынан кәдішке қарағанда анағұрлым айқын ерекшеленеді. Бұл алма мен асқабақты жоғары сапалы, айқын функционалдық белсенділігі бар пектин экстракттарын алу үшін қолдануды ұсынуға мүмкіндік береді [13,14].

Ғылыми жұмыс барысында көкөніс дәмтағам консервілерін дайындауда фарштың құрамына қосылатын күріштің орнын булгур және қарақұмық жармаларымен алмастыру арқылы дәмтағам консервілерінің жаңа рецептуралары алынған. Сондай-ақ жаңа жарма қосылған көкөніс дәмтағам консервілерінің рецептураларын құрастыруда пектиндік және антиоксиданттық қасиеттері жағынан ерекшеленетін алма және асқабақ пектиндерінің экстрактылары қолданылды (кесте 6).

6 - кесте. Булгур және қарақұмық жармалары және пектин экстрактылары қосылған көкөніс дәмтағам консервілерінің рецептуралары, %

Шикізаттар мен қосымша материалдар атауы	Булгур		Қарақұмық	
	1	2	1	2
Тәтті бұрыш	20	20	20	20
Пассерленген пияз	7	7	7	7
Пассерленген сәбіз	13	13	13	13
Пассерленген ақ тамырлар	6	6	6	6
Пассерленген сарымсақ	1,5	1,5	1,5	1,5
Аскөк	0,5	0,5	0,5	0,5
Қызанақ езбесі, 12 %	12	12	12	12
Сұйық май	14	14	14	14
Ұн	2	2	2	2
Тұз	3	3	3	3
Қант	3	3	3	3
Қара бұрыш	0,5	0,5	0,5	0,5

Хош иісті бұрыш	0,5	0,5	0,5	0,5
Буланған қарақұмық	-	-	15	15
Буланған булгур	15	15	-	-
Алма пектинінің экстрактысы	2		2	
Асқабақ пектинінің экстрактысы		2		2

Осы рецептуралар бойынша алынған көкөніс дәмтағам консервілері органолептикалық көрсеткіштері, яғни сыртқы түрі, дәмі, иісі бойынша өте жоғары бағаға ие болды [15].

Қаржыландыру.*Мақала БМҚ №BR24993031 «Табиғи антиоксиданттар мен биологиялық белсенді заттармен байытылған күнделікті рационға арналған пайдалы тағам өнімдерін дайындау технологиясын әзірлеу» жобасының № 2-іс-шара тақырыбы «Белсенді пектинге бай экстракт қосылған көкөніс консервілерінің (дәмтағам және түскі асқа арналған) өндіру технологиясын әзірлеу» аясында жазылған.*

Әдебиеттер

1. Блинова О.А., Праздничкова Н.В., Макушин А.Н., Троц А.П. Безопасность и качество консервов на овощной основе для питания детей раннего возраста // Материалы IX Международной научно-практической конференции, посвященной 20-летию специальности: «Технология и продукты здорового питания»;Саратов. Саратов: ООО «Центр социальных агроинноваций СГАУ», 2015. С.45–50.

2. Павловская, Л. М. Перспективные направления научных исследований процессов консервирования овощей и фруктов: производство ферментированных продуктов / Л. М. Павловская, С. Н. Голубева // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2017. – №1(35). - С.63-68.

3. Киселева Т.Ф., Миллер Ю.Ю., Вечтомова Е.А. Технохимический контроль производства овощных консервов . - Кемерово.: КемГУ, 2014.- 126 с. ISBN 978-5-89289-818-8

4. Манжесов В.И., Попов И.А., Щедрин Д.С., Калашникова С.В., Тертычная Т.Н., Хабаров Н.Н., Курчаева Е.Е., Сысоева М.Г. Технология хранения, переработки и стандартизация растениеводческой продукции. Учебник.- СПб.: Троицкий мост, 2014.- 704 с. ISBN978-5-904406-07-3

5. Смотраева И.В., Баланов П.Е. Технология продуктов из растительного сырья.- СПб.:НИУИТ, 2014.- 78 стр.

6. Сенгирбекова Л.К., Сыздықова Л.С. Определение качества овощных закусочных консервов с различными крупами//Вестник Алматинского технологического университета.- 2020.- № 3. - С.35-39. DOI 10.48184/2304-568X-2020-3-35-39

7. Ә.Ізтаев, К.Б.Байболов,А. Б.Мынбаева Жарма және жарма концентраттары технологиясы, Алматы Технологиялық университеті, Алматы 2014.- 408 б. ISBN 978-601-7427-49-8

8. Елисеева Л. Г. Товароведение и экспертиза продуктов переработки плодов и овощей: Учебник для бакалавров / Л. Г. Елисеева, Т. Н. Иванова, О. В. Евдокимова.-3-е изд. - М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2016.374 с. ISBN 978-5-394-02366-8

9. Романюк Т.И., Чусова А.Е., Новикова И.В. Методы исследования сырья и продуктов растительного происхождения (теория и практика).-Воронежский государственный университет инженерных технологий?2 014.- 160 с. ISBN 978-5-00032-075-4

10. Азимова С.Т. Обеспечение безопасности и детоксикационных свойств продуктов питания на основе тыквенного пектина// диссертация на соискание степени доктора философии (PhD), Алматы,

2018, 147 стр.

11. Лисовицкая Е. П., Патиева С. В., Родионова Л. Я., Шакота Ю. Н. Пектин — основной источник борьбы с вредными веществами / Приоритетные направления развития пищевой индустрии. Матер. науч.-практ. конф. - Ставрополь, 2016. С.385 – 388.

12. Бухарова А. Р., Степанюк Н. В., Бухаров А. Ф. Химический анализ мякоти плодов тыквы крупноплодной на содержание низкомолекулярных антиоксидантов / Вестн. Рос. гос. аграр. заоч. унив.- 2014. -№ 17.- С. 13 - 17.

13. Голубкина Н. А., Химич Г. А., Антошкина М. С. и др. Особенности каротиноидного состава тыквы «Конфетка», перспективы использования / Овощи России. - 2021.- № 1. - С.111 - 116. DOI 10.18619/2072-9146-2021-1-111-116.

14. Shelenga T. V., Piskunova T. M., Malyshev L. L., et al. Seed oil biochemical composition of cultivated Cucurbita L. species from the VIR collections grown in the Astrakhan province of the Russian Federation / Agronomy.- 2020.- Vol.10(10). -P.1491. DOI 10.3390/agronomy10101491

15. Селиванова М.В., Романенко Е.С., Барабаш И.П., Есаулко Н.А., Сосюра Е.А., Айсанов Т.С. Технология хранения и переработки плодов и овощей. Учебный практикум. - Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, Параграф, 2017.- 80 стр.

References

1. Blinova O.A., Prazdnichkova N.V., Makushin A.N., Troc A.P. Bezopasnost' i kachestvo konservov na ovoshhnoj osnove dlja pitanija detej rannego vozrasta // Materialy IH Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvjashhennoj 20-letiju special' nosti: «Tehnologija i produkty zdorovogo pitanija»; Saratov. Saratov: OOO «Centr social' nyh agroinnovacij SGAU», 2015. S.45–50. [in Russian]

2. Pavlovskaja, L. M. Perspektivnye napravlenija nauchnyh issledovanij processov konservirovanija ovoshhej i fruktov: proizvodstvo fermentirovannyh produktov/L. M. Pavlovskaja, S. N. Golubeva // Pishhevaja promyshlennost': nauka i tehnologii. - 2017. - №1(35). - S.63-68. [in Russian]

3. Kiseleva T.F., Miller Ju.Ju., Vechtomova E.A. Tehnohimicheskij kontrol' proizvodstva ovoshhnyh konservov .- Kemerovo.: KemGU, 2014.- 126 s. ISBN 978-5-89289-818-8.[in Russian]

4. Manzhesov V.I., Popov I.A., Shhedrin D.S., Kalashnikova S.V., Tertychnaja T.N., Habarov N.N., Kurchaeva E.E., Sysoeva M.G. Tehnologija hranenija, pererabotki i standartizacija rastenievodcheskoj produkcii. Uchebnik.- SPb.: Troickij most, 2014.- 704 c. ISBN978-5-904406-07-3.[in Russian]

5. Smotraeva I.V., Balanov P.E. Tehnologija produktov iz rastitel' nogo syr' ja.- SPb.:NIUIT, 2014. - 78 str. [in Russian]

6. Sengirbekova L.K., Syzdyқova L.S. Opredelenie kachestva ovoshhnyh zakusochnyh konservov s razlichnymi krupami//Vestnik Almatinskogo tehnologicheskogo universiteta.- 2020.- № 3. - S.35-39. DOI 10.48184/2304-568X-2020-3-35-39.[in Russian]

7. Ә.Iztaev, K.B.Bajbolov,A. B.Mynbaeva Zharma zhәne zharma koncentrattary tehnologijasy, Almaty Tehnologijalyқ universiteti, Almaty 2014. - 408 b. ISBN 978-601-7427-49-8.[in Kazakh]

8. Eliseeva L. G. Tovarovedenie i jekspertiza produktov pererabotki plodov i ovoshhej: Uchebnik dlja bakalavrov / L. G. Eliseeva, T. N. Ivanova, O. V. Evdokimova.-3-e izd. - M.: Izdatel' sko-torgovaja korporacija «Dashkov i K°», 2016. 374 c. ISBN 978-5-394-02366-8.[in Russian]

9. Romanjuk T.I., Chusova A.E., Novikova I.V. Metody issledovanija syr' ja i produktov rastitel' nogo proishozhdenija (teorija i praktika).-Voronezhskij gosudarstvennyj universitet inzhenernyh tehnologij?2014.- 160 c. ISBN 978-5-00032-075-4.[in Russian]

10. Azimova C.T. Obecpechenie bezopacnocti i detokcikacionnyh cvojctv produktov pitanija na ocnove tykvennogo pektina// diccertacija na coickanie ctepeni doktora filocofii (PhD), Almaty, 2018.147 str.). [in Russian]

11. Lisovickaja E. P., Patieva S. V., Rodionova L. Ja., Shakota Ju. N. Pektin — osnovnoj istochnik bor' by s vrednymi veshhestvami / Prioritetnye napravlenija razvitija pishhevoj industrii. Mater. nauch.-prakt. konf. - Stavropol', 2016. S.385 – 388. [in Russian]

12. Buharova A. R., Stepanjuk N. V., Buharov A. F. Himicheskij analiz mjakoti plodov tykvy krupnoplodnoj na soderzhanie nizkomolekuljarnyh antioksidantov / Vestn. Ros. gos. agrar. zaoch. univ.- 2014. -№ 17.- S. 13 - 17. [in Russian]

13. Golubkina N. A., Himich G. A., Antoshkina M. S. i dr. Osobennosti karotinoidnogo sostava tykvy «Konfetka», perspektivy ispol' zovanija / Ovoshhi Rossii. - 2021.- № 1. - S.111 - 116. DOI 10.18619/2072-9146-2021-1-111-116.[in Russian]

14. Shelenga T. V., Piskunova T. M., Malyshev L. L., et al. Seed oil biochemical composition of cultivated Cucurbita L. species from the VIR collections grown in the Astrakhan province of the Russian Federation / Agronomy .-2020.- Vol.10(10). -P.1491. DOI 10.3390/agronomy10101491

15. Selivanova M.V., Romanenko E.S., Barabash I.P., Esaulko N.A., Sosjura E.A., Ajsanov T.S. Tehnologija hranenija i pererabotki plodov i ovoshhej. Uchebnyj praktikum. - Stavropol': Stavropol' skij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, Paragraf, 2017.- 80 ctr. [in Russian]

Авторлар туралы мәліметтер

Сыздыкова Л.С. – т.ғ.к., ассоцирленген профессор, Алматы технологиялық университеті АҚ, Алматы, Қазақстан, e-mail: laila.ss@mail.ru;

Абдиева К.М. – б.ғ.к., Қазақстан Республикасы Ұлттық Биотехнология орталығы, Астана, Қазақстан, e-mail: k.abdiyeva08@gmail.com;

Шамбулова Г.Д. – т.ғ.к., Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: dosanbekgulnara@mail.ru;

Азимова С. – PhD докторы, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: sanaazimova@mail.ru;

Жаксылыкова Г.Н. – т.ғ.к., Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: gulshatzh@mail.ru;

Таева А.М. – т.ғ.д., профессор, Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: aigul_taeva@mail.ru.

Information about authors

Syzdykova L. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: laila.ss@mail.ru;

Abdiyeva K. – Candidate of Biological Sciences, National Center for Biotechnology of the Republic of Kazakhstan, Astana, Kazakhstan, e-mail: k.abdiyeva08@gmail.com;

Shambulova G.D. – Candidate of Technical Sciences, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: dosanbekgulnara@mail.ru;

Azimova S. – PhD, Associate Professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: sanaazimova@mail.ru;

Zhaksylikova G.N. – Candidate of Technical Sciences, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: gulshatzh@mail.ru;

Tayeva A. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: aigul_taeva@mail.ru.

МРНТИ 65.63.03 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-1004**

OPTIMIZATION OF THE FORMULATION OF A CURD PRODUCT WITH THE ADDITION OF PUMPKIN CRYOPOWDER

N. Alzhaxina, A. Dalabayev, I. Aubakirova, M. Mantay

Astana branch «Kazakh research institute of processing and food industry» LTD, Astana, Kazakhstan

Corresponding author: alzhaxina@inbox.ru

Formulations of structured dairy products that demonstrate good organoleptic properties are considered the most promising in terms of meeting consumer demands, increasing market share, and enhancing the competitiveness of domestic dairy production. The selection of dairy bases (low-fat curd, pumpkin cryopowder, and cream), which possess diverse structural-mechanical characteristics and functional-technological properties, is scientifically justified and aimed at developing a range of structured dairy products containing functional food components. Viscosity was chosen as the target function for optimization, as it is a key indicator characterizing the consistency and structure of viscous products, such as the curd-based product being developed. An analysis of the response surface revealed that the optimal viscosity zone for the curd product is achieved when the mass fraction of curd is 89.6%, the mass fraction of cryopowder is 5.4%, and the fat content in the cream is 31.3%. The characteristic viscosity for curd products ranges from 1400 to 2500 mPa·s. The analysis of prediction error distribution for viscosity values yielded satisfactory results: a significant portion of the data points remained close to the trendline, confirming the adequacy of the model. This indicates the formation of a product structure in which the fermented protein coagulate plays a key role. Therefore, the viscosity, consistency, and consumer properties of the final product largely depend on its concentration.

Keywords: optimization, formulation, curd product, pumpkin cryopowder, low-fat curd, cream, viscosity, Box–Behnken three-level design.

АСҚАБАҚ КРИОҰНТАҒЫ ҚОСЫЛҒАН СҮЗБЕ ӨНІМІНІҢ РЕЦЕПТУРАСЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

Н.Е. Альжаксина, А.Б. Далабаев, И.Е. Аубакирова, М.С. Мантай

Астана филиалы ЖШС «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институты, Астана, Қазақстан,
e-mail: alzhaxina@inbox.ru

Жақсы органолептикалық сипаттамалары бар құрылымдық сүт өнімдерінің рецептураларын тұтыну талаптарын қанағаттандыру, нарықтық үлесті арттыру және отандық сүт өнімдерінің бәсекеге қабілеттілігін арттыру үшін ең перспективалы деп санауға болады. Әр түрлі құрылымдық-механикалық сипаттамалары мен функционалдық-технологиялық қасиеттері бар сүт негіздерін (майсыз сүзбе, асқабақ криоұнтағы, кілегей) таңдау ғылыми негізделген және функционалды тағамдық компоненттері бар құрылымдық сүт өнімдерінің желісін жасауға бағытталған. Оңтайландыруға тиісті мақсатты функция ретінде тұтқыр өнімдердің консистенциясы мен құрылымын сипаттайтын көрсеткіш ретінде, сүт өнімін дамытудағы тұтқырлық таңдалды. Алынған жауап бетінің мінез-құлқын талдау көрсеткендей, тұтқырлықтың оңтайлы аймағы, ол сүзбенің массалық үлесі 89,6%, криоұнтақтың массалық үлесі - 5,4% және кілегейдегі майдың массалық үлесі - 31,3% болғанда жетеді. Сүзбе өнімдеріне тән тұтқырлық 1400-2500 мПа·с аралығында болады. Тұтқырлық мәндерінің болжамдық қателіктерінің таралуын талдау қанағаттанарлық нәтижелер көрсетті: көптеген нүктелер айтарлықтай бұрылыссыз түзу сызыққа жақын қалды, бұл алынған модельдің дұрыстығын көрсетеді. Бұл сүт өнімдерінің құрылымын қалыптастыруды білдіреді, мұнда негізгі рөлді ферменттелген ақуыздың түйіршіктері атқарады. Сондықтан оның концентрациясы дайын өнімнің тұтқырлығына, консистенциясына және тұтынушы қасиеттеріне қатты әсер етеді.

Түйін сөздер: оңтайландыру, рецептур, сүзбе өнімі, асқабақ криоұнтағы, майсыз сүзбе, кілегей, тұтқырлық, үш деңгейлі бокс-Бенкен жоспары.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЦЕПТУРЫ ТВОРОЖНОГО ПРОДУКТА С ДОБАВЛЕНИЕМ КРИОПОРОШКА ТЫКВЫ

Н.Е. Альжаксина✉, А.Б. Далабаев, И.Е. Аубакирова, М.С. Мантай

Астанинский филиал ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Астана, Казахстан,
e-mail: alzhaxina@inbox.ru

Рецептуры структурированных молочных продуктов, обладающие хорошими органолептическими характеристиками, можно считать наиболее перспективными для удовлетворения потребительских требований, увеличения рыночной доли и повышения конкурентоспособности отечественной молочной продукции. Выбор молочных основ (творог обезжиренный, криопорошок тыквы, сливки), имеющих разнообразные структурно-механические характеристики и функционально-технологические свойства, научно обоснован и направлен на разработку линейки структурированных молочных продуктов с функциональными пищевыми компонентами. В качестве целевой функции, подлежащей оптимизации, была выбрана вязкость, как показатель, характеризующий консистенцию и структуру вязких продуктов, к которым относится разрабатываемый творожный продукт. Анализ поведения полученной поверхности откликов показал, что оптимальной зоной вязкости творожного продукта, которые достигаются, когда массовая доля творога составит 89,6%, массовая доля криопорошка - 5,4% и массовая доля жира в сливках - 31,3%. Характерная вязкость для творожных продуктов составит 1400-2500 мПа·с. Анализ распределения ошибок прогноза значений вязкости дал удовлетворительные результаты: значительные часть точек заметно не отклонились от прямой, что дает адекватность полученной модели. Это говорит о формировании структуры молочных продуктов, где главную роль играет ферментированный белковый сгусток. Поэтому от его концентрации сильно зависит вязкость готового продукта, его консистенция и потребительские свойства.

Ключевые слова: оптимизация, рецептура, творожный продукт, криопорошок тыквы, творог обезжиренный, сливки, вязкость, трехуровний план Бокса-Бенкена.

Abstract. In the current market environment, producers of functional foods face a number of interrelated tasks. They must produce competitive products under import substitution conditions that meet established specifications, while also complying with regulatory requirements related to safety, quality, and the content of functional food ingredients, all while minimizing technological risks. To address this complex set of challenges, a conceptual and systematic approach is required, based on the principle of formulation optimization and the analysis of all factors affecting the quality and safety of products at all stages of their life cycle. This scientific study focuses on implementing the key objectives of the Republic of Kazakhstan in ensuring the population's access to products that comply with the principles of healthy nutrition. One of the relevant directions in the enrichment of dairy products is the use of plant-based raw materials that possess high nutritional and biological value. In recent years, this direction has been actively developing and is based on the justified selection of functional ingredients, taking into account both the nutritional and biological value and the functional and technological properties of the raw materials used. Scientific interest in plant-based raw materials is driven by the presence of biologically active substances that contribute to strengthening the body's protective functions, slowing down aging, and acting as natural structure-forming agents [1].

Materials and methods. The object of the study was a curd-based product with the addition of cryopowder. The formulation components used in the preparation of the curd product included low-fat curd, pumpkin cryopowder, and cream. Experimental research was conducted at the

Agricultural Faculty of the LLP «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry» during 2024-2025.

The study focused on analyzing the combined effect of the main formulation components on the viscosity of the curd product using a three-level Box–Behnken design, implemented through the Statgraphics Centurion 19 software package [2, 3].

Viscosity was selected as the key indicator of the consistency and structure of viscous products and served as the target function for optimizing the formulation of the developed curd product.A key role in the formation of the structure of dairy products is played by the fermented protein coagulate; therefore, its concentration significantly affects the viscosity of the final product, as well as its consistency and consumer characteristics [4, 5].

Three most important parameters in the production of curd products were selected as controllable factors: mass fraction of curd (x_1), mass fraction of cryopowder (x_2), and fat content in cream (x_3). The experimental design involved varying each factor at three levels according to the Box-Behnken design [6], while all other experimental conditions remained constant.

The results of the experiments were characterized by changes in the viscosity of the curd product (y). The number of experimental factors was 3, the number of experiments was 15 (including 3 center points), and the degrees of freedom for error were 5.

The variation levels of the controlled factors were established as follows:

-mass fraction of curd - from 70.0% to 90.0% - determined based on the dominant role of the dairy base in forming the product's structure and the dosage of the cream and cryopowder mixture;

-mass fraction of cryopowder - from 2.0% to 6.0% - established based on the rationale for incorporating functional ingredients;

-mass fraction of fat in cream - from 7.0% to 33.0% - determined based on the existing industrial practices of obtaining and using cream with this concentration in whole dairy production.

The coding and decoding of the factor levels are presented in table 1.

Table 1 - Decoded Values of the Factors

Factor of the Experiment	Designation	X_{min}	X_{i0}	X_{max}	ΔX
Mass fraction of curd, %	x_1	70,0	80,0	90,0	10,0
Mass fraction of cryopowder, %	x_2	2,0	4,0	6,0	2,0
Mass fraction of fat in cream, %	x_3	7,0	20,0	33,0	13,0

The viscosity of the curd product was determined using a Brookfield DV2T rotational viscometer.

Results and discussion. Viscosity studies were conducted on the prepared samples of the curd product, and the results are presented in table 2.

Table 2 - Results of the three-factor experiment for curd product samples with cryopowder

Experiment No.	Levels of controlled factors						Viscosity, mPa·s
	Coded Values			Actual Values			
	x1	*x2*	*x3*	Т, %	К, %	С, %	*y*
1	0	0	0	80,0	4,0	20,0	2263,0
2	-1	-1	0	70,0	2,0	20,0	914,0

3	+1	-1	0	90,0	2,0	20,0	985,0
4	-1	+1	0	70,0	6,0	20,0	1062,0
5	+1	+1	0	90,0	6,0	20,0	2810,0
6	-1	0	-1	70,0	4,0	7,0	948,0
7	+1	0	-1	90,0	4,0	7,0	948,0
8	0	0	0	80,0	4,0	20,0	2269,0
9	-1	0	+1	70,0	4,0	33,0	2389,0
10	+1	0	+1	90,0	4,0	33,0	2364,0
11	0	-1	-1	80,0	2,0	7,0	952,0
12	0	+1	-1	80,0	6,0	7,0	961,0
13	0	-1	+1	80,0	2,0	33,0	1042,0
14	0	+1	+1	80,0	6,0	33,0	2501,0
15	0	0	0	80,0	4,0	20,0	2167,0

The analysis of variance for the viscosity of the curd product is presented in table 3.

Table 3 - Analysis of Variance (ANOVA) for the Viscosity of the Curd Product

Values	Sum of Squares	Difference	Mean Square	F-ratio	P-Value
x_1	402305	1	402305,	122,80	0,0080
x_2	1,48006	1	1,48006	451,79	0,0022
x_3	2,51665	1	2,51665	768,21	0,0013
${x_1}^2$	223444	1	223444,	68,21	0,0143
x_1x_2	703082	1	703082,	214,62	0,0046
${x_2}^2$	1,09369	1	1,09369	333,85	0,0030
x_2x_3	525625	1	525625,	160,45	0,0062
${x_3}^2$	389400	1	389400,	118,86	0,0083
Sum of squared deviations	645267	4	161317,	49,24	0,0200
The resulting error	6552,0	2	3276,0	-	-
Total	7,79676	14	-	-	-

The data in table 3 show that the analysis of variance separates the variability in the viscosity of the curd product into individual components for each of the effects. It then tests the statistical significance of each effect by comparing the mean square with the estimate of experimental error [7]. In this case, 8 effects have P-values less than 0.05, indicating that they differ significantly from zero at the 95.0% confidence level.

The lack-of-fit test is intended to determine whether the selected model is adequate for describing the observed data or if a more complex

model should be used. The test is performed by comparing the variability of the residuals of the current model with the variability between observations at repeated settings of the factors [8]. Since the P-value for lack of fit in the ANOVA table is less than 0.05, there is statistically significant lack of fit at the 95.0% confidence level.

The R-squared statistic shows that the fitted model explains 91.6399% of the variability in the viscosity of the curd product. The adjusted R-squared statistic, which is more suitable for comparing models with different numbers of independent variables, is 80.493%. The standard error of estimate indicates that the standard deviation of the residuals is 57.2364. The mean absolute error (MAE) of 172.633 is the average of the residuals. The Durbin-Watson (DW) statistic checks the residuals to determine whether there is any significant correlation based on the order in which they occur in the data file [9]. Since the P-value is greater than 5.0%, there is no indication of serial autocorrelation in the residuals at the 5.0% significance level.

The results of the model fitting for the viscosity of the curd product and the regression coefficients are presented in table 4.

Table 4 - Regression Coefficients

Coefficients	Values
Constant	-12150,4
x_1	332,175
x_2	-652,284
x_3	64,2389
x_1^2	-2,46
x_1x_2	20,9625
x_2^2	-136,062
x_2x_3	13,9423
x_3^2	-1,9216

Based on the regression coefficient, response surfaces and contour lines were constructed to show the influence of the mass fraction of added cryopowder of different types and the mass fraction of fat in the cream on the viscosity of the model mixture, which consists of a dairy base (low-fat cottage cheese, pumpkin cryopowder, cream, respectively).

Thus, the viscosity dependence on the parameters of the curd product with the addition of pumpkin cryopowder can be represented by the regression equation (formula 1):

$$y = -12150.4 + 332.175x_1 - 652.284x_2 + 64.2389x_3 - 2.46x_1^2 + 20.9625x_1x_2 - 136.062x_2^2 + 13.9423x_2x_3 - 1.9216x_3^2 \quad (1)$$

The obtained regression equations influence the main recipe parameters, response surfaces, and contour lines showing the impact of the mass fraction of different types of cryopowder and the mass fraction of fat in the cream. When developing the technology and formulations for the product range of structured dairy products with cryopowders, the main focus is on the viscosity of the dairy

base, as well as the target and identification quality indicators of the finished products.

Based on the obtained regression equation, a model was constructed in three-dimensional space, representing a plane that characterizes the viscosity dependence on the parameters of the curd product. A visual representation of the contribution of independent factors is provided by the Pareto chart of standardized effects, shown in figure 1.

The standardized effect size indicates the direction and degree of deviation of the effect from the null model [10].

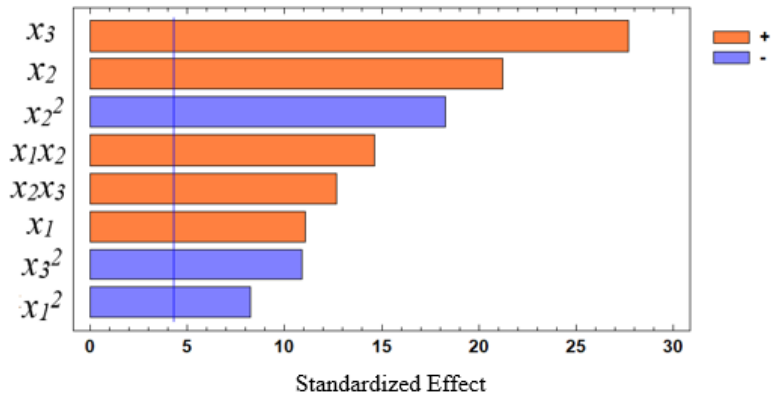


Fig.1 - Pareto Chart of Standardized Effects of Independent Factors on the Viscosity of the Curd Product

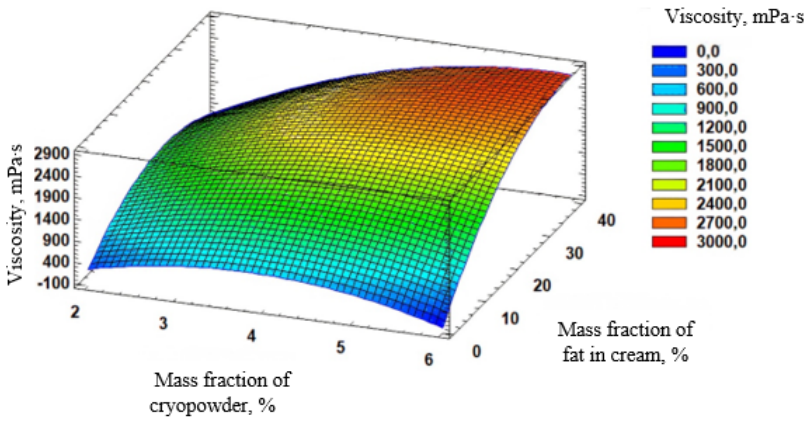


Fig.2 - Response surface of the dependence of curd product viscosity on the mass fraction of cryopowder and fat content in cream

The analysis of the Pareto chart shows the greatest contribution to the viscosity of the curd product from the mass fractions of cryopowder and fat in the cream [11].

Refining the effects of independent factors can be achieved by analyzing the response surfaces, which are 3D graphs of dependencies shown in figures 2-4. These graphs describe the influence of the mass fractions of dairy bases, cryopowders, and the fat content in the cream on the structural-mechanical properties of the model systems, and the response surfaces characterize the patterns of structure formation in products with cryopowders.

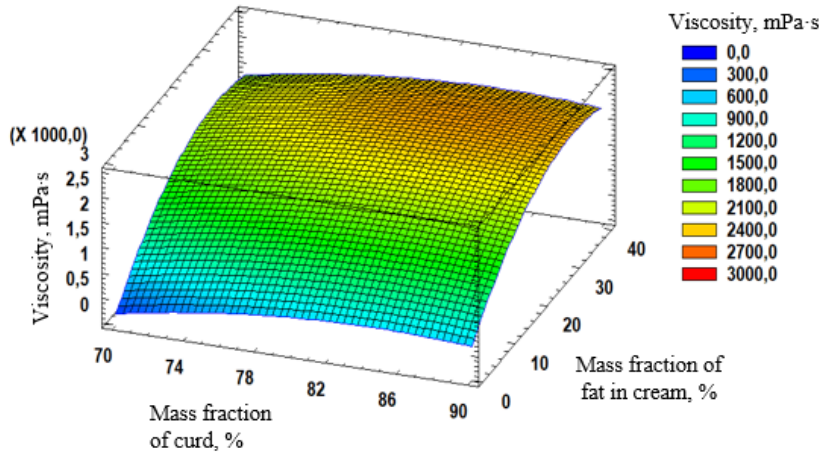


Fig.3 - Response surface of the dependence of curd product viscosity on the mass fraction of curd and fat content in cream

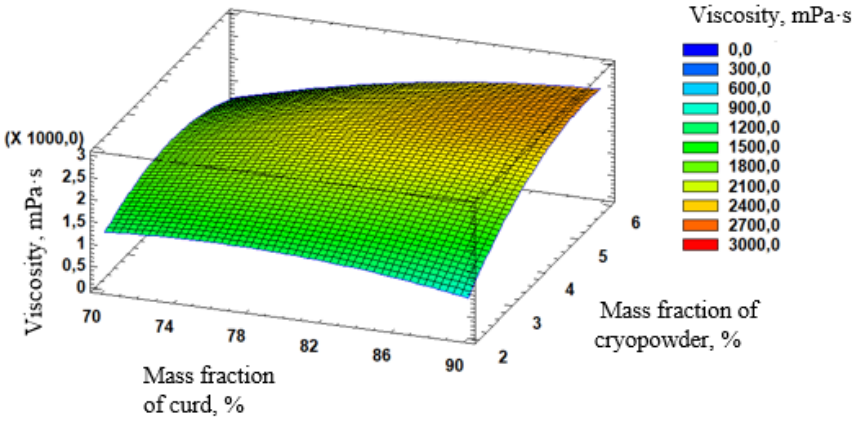


Fig.4 - Response surface of the dependence of curd product viscosity on the mass fraction of curd and cryopowder

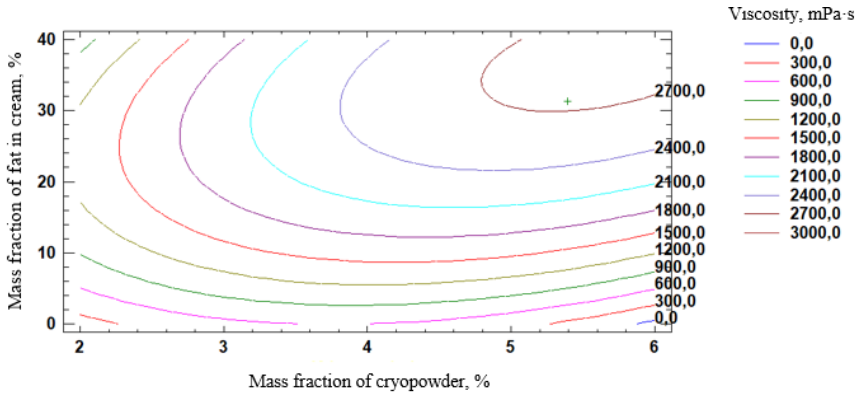


Fig.5 - Sectional projections of the response surface illustrating the dependence of curd product viscosity on the mass fraction of cryopowder and fat content in cream

As seen in figures 2-4, the construction of the response surface for the dependence of curd product viscosity on the mass fraction of curd and cryopowder must take into account that these two components influence the physicochemical properties of the mixture, including viscosity. The optimal ranges of curd product viscosity were established as follows: curd mass fraction - 89.6%, cryopowder mass fraction - 5.4%, and fat content in cream - 31.3%.

Figures 5-8 show sectional projections of the response surfaces illustrating the dependence of curd product viscosity on the mass fractions of cryopowder and fat in cream, which are key quality indicators of the final product.

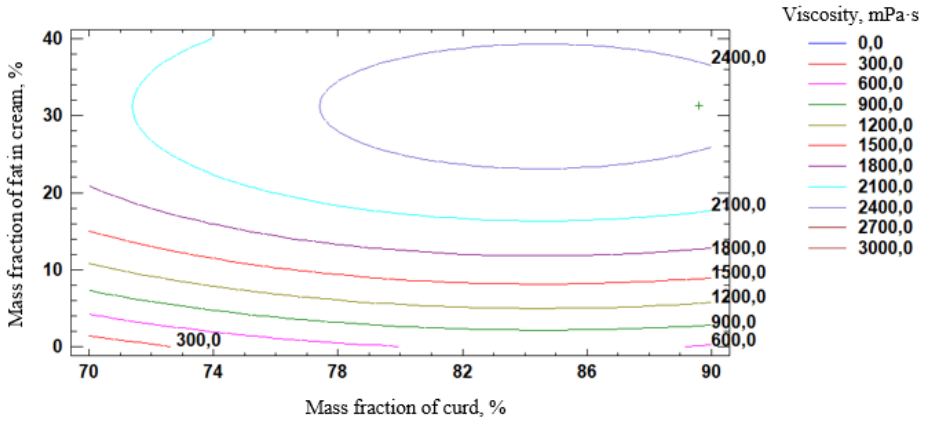


Fig.6 - Sectional projections of the response surface illustrating the dependence of curd product viscosity on the mass fraction of curd and fat content in cream

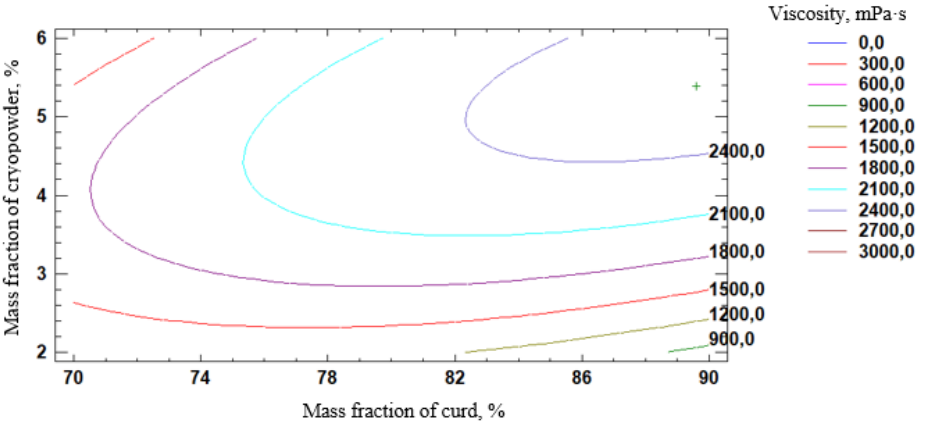


Fig.7 - Sectional projections of the response surface illustrating the dependence of curd product viscosity on the mass fraction of curd and cryopowder

The analysis of the response surface behavior demonstrated that the optimal viscosity range of the curd product is achieved at a curd content of 89.6%, cryopowder content of 5.4%, and cream fat content of 31.3%. The study of the error distribution in viscosity prediction showed that a significant number of points remained close to the line, indicating the accuracy of the developed model. Thus, the obtained results make it possible to determine the optimal formulation parameters of the curd product with the addition of cryopowder based on the developed mathematical model.

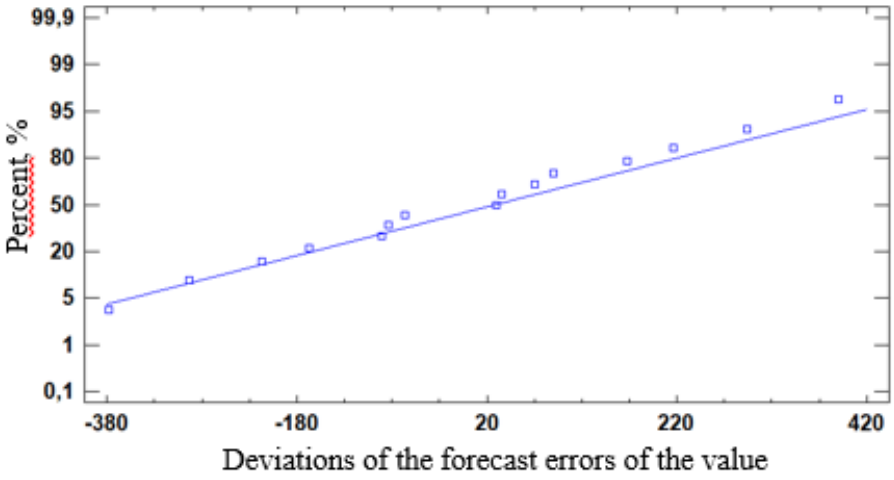


Fig.8 - Diagnostic plot of deviation of predicted viscosity error values from normal distribution

Conclusion. Summarizing the obtained data, the following conclusions can be drawn regarding the impact of the added cryopowders on the curd product:

-on taste, color, and aroma: The amount of cryopowder introduced into the dairy base affects the taste, color, and aroma of the curd product, implying the presence of dosage limitations for cryopowder addition;

-on the content of functional food ingredients: The amount of functional ingredients in the final product directly depends on the amount of added cryopowder;

-on viscosity: The addition of pumpkin cryopowders within the studied ranges provides the sample with a characteristic viscosity (for curd products - 1400-2500 mPa·s) and consistency. Within the studied concentration limits, cryopowders do not distort the product, making it possible and easy to vary their content to ensure the desired high flavor and color characteristics.

The above conclusions highlight the potential of using cryopowders in dairy production as a versatile solution for creating natural products with high nutritional and biological value. This approach also ensures compliance with established standards and target product characteristics, while enabling effective control over these parameters. By adjusting formulation variables such as the mass fractions of the dairy base, cryopowders, and cream (including their fat content), key quality indicators of the final product—such as nutritional value, content of functional ingredients, viscosity, and sensory properties—can be efficiently managed.

Funding. *This research has funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan (BR22886613).*

References

1. Amit S.K. A review on mechanisms and commercial aspects of food preservation and processing // Agric & Food Secur. - 2017. - 6(51)- P. 1-22. DOI 10.1186/s40066-017-0130-8.

2. Thapa N. Functionality and therapeutic values of fermented foods // Health benefits of fermented foods and beverages. - 2015. - P.111-168. DOI 10.1201/b18279-3.

3. Bagchi D. Nutraceutical and Functional Food Regulations in the United States and Around the World.2nd Edition. – Academic Press. - 2014. - 592 p. DOI10.1016/B978-0-12-373901-8.X0001-7.

4. Yankovskaya V. Food quality management based on qualimetric methods // Proceedings of the 9th International Scientific Conference Rural Development 2019, edited by prof. Asta Raupelienė, Kaunas, Lithuania: Vytautas Magnus University. - 2019. - P.93-97. DOI 10.15544/RD.2019.005.

5. Izzo L. Target analysis and retrospective screening of mycotoxins and pharmacologically active substances in milk using an ultra-high-performance liquid chromatography/ high-resolution mass spectrometry approach// J. Dairy Sci. - 2020. - Vol.103. - P.1250-1260. DOI 10.3168/jds.2019-17277.

6. Preedy V.R. Handbook of food fortification and health // From Concepts to Public Health Applications. - 2013. - 2013 p. DOI 10.1007/978-1-4614-7110-3.

7. Kamioka H. Quality of systematic reviews of the foods with function claims in Japan: comparative before- and after-evaluation of verification reports by the consumer affairs agency // Nutrients. - 2019. - Vol.11. - 19 p. DOI 10.3390/nu11071583.

8. Kirechev D. Risk Management Mechanisms in Agricultural Holdings in Bulgaria.Fourth International Scientific Business Conference LIMEN. - 2018. - 597-602. DOI 10.31410/limen.2018.597.

9. Puvanenthiran A. Synergistic effect of milk solids and carrot cell wall particles on the rheology and texture of yoghurt gels. - 2014. - № 62. - P.701-708. DOI 10.1016/j.foodres.2014.04.023.

10. Martirosyan D.M. A new definition of functional food by FFC: what makes a new definition unique? // Functional foods in health and disease. - 2015. - № 5(6). - P.209-223. DOI10.31989/ffhd.v5i6.183.

11. Prosekov A.Yu. The methodology of food design. Part 2. Digital nutritiology in personal food // Theory and Practice of Meat Processing. - 2021. - V.6. - № 4. - P.328-334. DOI 10.21323/2414-438X-2021-6-4-328-334.

Information about the authors

Alzhaxina N. - PhD, Director of the Astana branch of «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry», Astana, Kazakhstan; e-mail: alzhaxina@inbox.ru;

Dalabayev A. - Master of Engineering and Technology, Senior Researcher of the Astana branch of «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry», Astana, Kazakhstan; e-mail: dalabaev_askhat@mail.ru;

Aubakirova I. - Master' s student, Junior researcher, Astana branch of «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry», Astana, Kazakhstan; e-mail: aubakirova.inkar@bk.ru;

Mantay M. - bachelor, Junior researcher, Astana branch of «Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry», Astana, Kazakhstan; e-mail: mako.mantay@mail.ru.

Сведения об авторах

Альжаксина Н.Е. - PhD, и.о. директора Астанинского филиала ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Астана, Казахстан, e-mail: alzhaxina@inbox.ru;

Далабаев А.Б. - магистр техники и технологии, старший научный сотрудник Астанинского филиала ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Астана, Казахстан, e-mail: dalabaev_askhat@mail.ru;

Аубакирова И.Е. - магистрант, младший научный сотрудник Астанинского филиала ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Астана, Казахстан, e-mail: aubakirova.inkar@bk.ru;

Мантай М.С. - бакалавр, младший научный сотрудник Астанинского филиала ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Астана, Казахстан, e-mail: mako.mantay@mail.ru

МРНТИ 52.47.25 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-622**

ПОДБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ЭКСПЛУТАЦИОННЫХ СКВАЖИН НА МЕСТОРОЖДЕНИИ КАРАГАНДА

Ж.С. Саркулова, Г.А. Исенгалиева, Ж.Ж. Шильмагамбетова, Р.Ж. Оразбекова, К.Ш. Наурызова

Актюбинский региональный университет им.К.Жубанова, Актобе, Казахстан

Корреспондент-автор: zhadi_0691@mail.ru

Подбор оборудования для эксплуатационных скважин на месторождении Караганда включает в себя анализ геологических условий, выбор насосного и трубопроводного оборудования, а также систем контроля и автоматизации. Важно учитывать параметры нефти и газа, условия эксплуатации и ремонтопригодность. Правильный выбор оборудования влияет на эффективность добычи, снижение затрат и обеспечение надежности процессов. Это требует детального анализа и часто подразумевает сотрудничество с поставщиками для оптимизации решения.

Выбор оборудования и методов извлечения нефти осуществляется на основе геолого-технических особенностей активных слоев, химических и физических характеристик жидкости, а также условий эксплуатации, режимов работы скважин, определяемых предполагаемым способом разработки.

Подбор наиболее оптимального метода механизированной эксплуатации определяется различными факторами.Начало формы Важными из них являются глубина залегания продуктивного горизонта, продуктивность скважины, сложности, присущие эксплуатации конкретной скважины, а также экономическая целесообразность оснащения скважины определенным оборудованием.

Техническое и экономическое оправдание эксплуатации плунжерными штанговыми насосами остается актуальным для средне и низкопродуктивных скважин. В каждом конкретном случае подбор оборудования и оптимизация режимов работы штанговой насосной установки осуществляется лично, учитывая дебит, обводненность и газосодержание конкретной скважины на месторождении. Эксплуатация плунжерными штанговыми насосами является эффективным и рациональным способом разработки скважин, предоставляя широкие возможности как для поверхностной добычи, так и для подъема продукции с большой глубины.

Ключевые слова: эксплуатационные скважины, оборудование для бурения, автоматизированный метод, электроцентробежные насосы, винтовые насосы, эффективность.

SELECTION OF EQUIPMENT FOR PRODUCTION WELLS AT THE KARAGANDA FIELD

Zh.S. Sarkulova, G.A. Isengalieva, Zh.Zh. Shilmagambetova, R.ZH. Orazbekova, K.Sh. Nauryzova

Aktobe Regional University named after K.Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan,
e-mail: zhadi_0691@mail.ru

The selection of equipment for production wells at the Karaganda field includes the analysis of geological conditions, the selection of pumping and pipeline equipment, as well as control and automation systems. It is important to take into account the parameters of oil and gas, operating conditions and maintainability. The right choice of equipment affects the efficiency of production, reducing costs and ensuring the reliability of processes. This requires detailed analysis and often involves collaboration with suppliers to optimize the solution.

The choice of equipment and methods of oil extraction is based on the geological and technical characteristics of the active layers, chemical and physical characteristics of the liquid, as well as operating conditions, operating modes of wells determined by the proposed method of development.

The selection of the most optimal method of mechanized operation is determined by various factors. The most important of them are the depth of the productive horizon, the productivity of the well, the

difficulties inherent in the operation of a particular well, as well as the economic feasibility of equipping the well with certain equipment.

The technical and economic justification for the operation of plunger rod pumps remains relevant for medium and low-productivity wells. In each specific case, the selection of equipment and optimization of the operating modes of the rod pumping unit is carried out personally, taking into account the flow rate, water content and gas content of a particular well in the field. The operation of plunger rod pumps is an efficient and rational way to develop wells, providing ample opportunities for both surface production and lifting products from great depths.

Keywords: production wells, drilling equipment, automated method, electric centrifugal pumps, Screw pumps, efficiency.

ҚАРАҒАНДЫ КЕН ОРНЫНДА ПАЙДАЛАНУ ҰҢҒЫМАЛАРЫНА АРНАЛҒАН ЖАБДЫҚТАРДЫ ІРІКТЕУ

Ж.С. Саркулова✉, Г.А. Исенгалиева, Ж.Ж. Шильмагамбетова, Р.Ж. Оразбекова, К.Ш. Наурызова

Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе қ., Қазақстан,
e-mail: zhadi_0691@mail.ru

Қарағанды кен орнындағы пайдалану ұңғымалары үшін жабдықтарды іріктеу геологиялық жағдайларды талдауды, сорғы және құбыржол жабдықтарын, сондай-ақ басқару және автоматтандыру жүйелерін таңдауды қамтиды. Мұнай мен газдың параметрлерін, пайдалану жағдайлары мен қызмет ету мерзімін ескеру маңызды. Жабдықты дұрыс таңдау өндіріс тиімділігіне әсер етеді, шығындарды азайтады және процестердің сенімділігін қамтамасыз етеді. Бұл егжей-тегжейлі талдауды қажет етеді және көбінесе шешімді оңтайландыру үшін жеткізушілермен ынтымақтастықты қамтиды.

Мұнай өндірудің жабдықтары мен тәсілдерін таңдау белсенді қабаттардың геологиялық-техникалық сипаттамаларына, сұйықтықтың химиялық және физикалық сипаттамаларына, сондай-ақ пайдалану жағдайларына, ұңғымалардың жұмыс режимдеріне негізделген.

Механикаландырылған пайдаланудың ең оңтайлы әдісін таңдау әртүрлі факторлармен анықталады. Олардың маңыздылары - өнімді горизонттың тереңдігі, ұңғыманың өнімділігі, белгілі бір ұңғыманы пайдалануға тән қиындықтар, сондай-ақ ұңғыманы белгілі бір жабдықтармен жабдықтаудың экономикалық орындылығы.

Поршеньді штангалық сорғыларды пайдаланудың техникалық және экономикалық негіздемесі орташа және төмен өнімді ұңғымалар үшін өзекті болып қала береді. Әрбір нақты жағдайда штангалық сорғы қондырғысының жабдықтарын таңдау және жұмыс режимдерін оңтайландыру кен орнындағы нақты ұңғыманың дебитін, сулануын және газ құрамын ескере отырып, жеке жүзеге асырылады. Поршеньді штангалық сорғыларды пайдалану Ұңғымаларды өңдеудің тиімді және ұтымды әдісі болып табылады, бұл жер үсті өндіруге де, өнімді үлкен тереңдіктен көтеруге де кең мүмкіндіктер береді.

Түйін сөздер: пайдалану ұңғымалары, бұрғылау жабдықтары, автоматтандырылған әдіс, электр ортадан тепкіш сораптар, бұрандалы сораптар, тиімділік.

Введение. Карагандинское месторождение расположено в Каркаралинском районе Карагандинской области Казахстана. Рельеф региона характеризуется мелкосопочным и низкогорным рельефом с относительными превышениями до 50 метров. Физико-химические свойства нефти Карагандинского месторождения включают высокое содержание парафиновых углеводородов. Содержание парафиновых углеводородов нормального строения в два раза ниже по сравнению с изопарафинами, а ароматических углеводородов в два раза больше, чем в нефти Кенкиякского месторождения. Нефть этого месторождения является малосернистой, с содержанием серы око-

ло 0,24%. Удельный вес нефти составляет 0,8256 г/см^3. Выход фракций, выкипающих до 200 °С, составляет 22%, а до 300 °С — 48%. Содержание сернокислотных смол достигает 9%.

Изучение информации о работе скважин позволило выявить ключевые факторы, характерные для данного месторождения, которые оказывают влияние на выбор оптимального метода эксплуатации:

- продуктивные горизонты в среднем залегают на глубине до 750 метров;

- давление в пластах юрских горизонтов варьируется от 1,54 до 5,82 МПа, а в триасовых горизонтах от 2,45 до 4,67 МПа;

- давление, при котором нефть насыщается газом, находится в диапазоне от 0,2 до 1,54 МПа;

- газовое содержание в нефти юрских горизонтов низкое, составляющее от 1,5 до 5,22 м^3/т, в то время как для триасовых горизонтов оно немного выше, в диапазоне от 4,68 до 10,88 м^3/т;

- нефть, добываемая с юрских горизонтов, характеризуется как тяжелая и высоковязкая, с вязкостью от 80,7 до 505 мПа*с в зависимости от конкретного пласта (от Горизонта Ю-II А до Горизонта Ю-IА). Кроме того, она содержит парафин (до 4,45% по массе) и смолу (до 16,6% по массе);

- при эксплуатации скважин наблюдается высокая интенсивность пескопроявления, при этом содержание механических примесей в добываемой продукции составляет от 0,001 до 0,25 г/м^3;

- Продуктивность скважин характеризуется как средняя и низкая.

Пониженное содержание газа и высокая вязкость нефти, включая объекта Ю-IА, оказывают влияние на реологические свойства нефти, которые определяются большим количеством смол и асфальтенов. Это создает определенные ограничения при выборе метода добычи. Фонтанный метод добычи является наиболее экономически эффективным и менее сложным методом добычи нефти из скважин с применением природной энергии пласта. Однако, чтобы достичь проектного дебита при использовании фонтанного метода, необходимы определенные факторы, такие как высокое пластовое давление, наличие газа и коэффициент продуктивности скважин [1-2]. Когда эти факторы отсутствуют или не удовлетворяются, не будет достигнуто запланированное дебитирование нефти фонтанным методом. В таких случаях, когда условия пласта не позволяют поддерживать приемлемый уровень добычи или вообще препятствуют притоку пластовых флюидов в скважину, требуется перевод скважин на механизированную добычу.

Материалы и методы. В результате интерпретации результатов комплексного пластового исследования было выявлено, что продуктивность скважин на месторождении варьирует в диапазоне от 0,039 м^3/сут*атм. (скв.10) до 1,78 м^3/сут*атм. (скв.34). Забойное давление при испытании скважин на Ю-IА горизонтах колеблется от 0,58 до 2,6 МПа, на горизонтах Ю-II от 3 до 3,8 МПа, а на триасовых горизонтах составляет 3,6-4,9 МПа. Анализ данных показал, что скважины, пробуренные на горизонте Ю-I, имеют наибольшую депрессию на пласт, следовательно, проявляют более низкие показатели продуктивности. Важно отметить, что физико-химические свойства нефти на Ю-I горизонте существенно отличаются (низкое содержание газа, высокая вязкость), что условия эксплуатации данного объекта требуют режима с повышенной депрессией.

С целью установлений условий начального прорыва скважин, когда забойное давление ожидается давление ниже точки насыщения нефти газом, были проведены гидравлические расчеты с использованием аналитического подхода, разработанного академиком Крыловым. Для фонтанирования скважин при условии $P_{заб}$ $P_{нас}$, требуется, чтобы эффективный газовый фактор $Г_{эф}$ был не менее удельного расхода газа на оптимальном режиме $R_{опт}$, т. е.:

$$Г_{эф} \geq R_{опт} \quad (1)$$

Коэффициент газонасыщенности $Г_{эф}$ и требуемый индивидуальный расход газа $R_{опт}$ составляют 3,6 м^3/сут и 2704 м^3/сут вследствие этого, при низком давлении на устье скважины 0,1 МПа и

при давлении на забое, близком к давлению насыщения. Это свидетельствует о недостаточных условиях для естественного притока в скважину, так как связь между коэффициентом газонасыщенности и индивидуальным расходом газа для подъема жидкости состоит в том, что чем больше коэффициент газонасыщенности, тем больше газа потребуется для эффективной добычи жидкости из скважины [3].

Согласно рекомендованному четвертому варианту разработки данной технологической схемы, предусматривается проведение дополнительного разбуривания 39 скважины, предназначенные для добычи, а также активация 5 скважин. Также планируется провести восстановительные работы и вывести из утилизационного фонда 1 скважину с последующим переводом 23 скважин на нагнетание. В целом, существующий фонд эксплуатационных скважин, запланировано увеличить до 50 единиц в 2015 году, а затем снизить его до 30 скважин (2034) г.

Для определения необходимой мощности насоса при эксплуатации скважин на Карагандинском месторождении используем следующую формулу:

$$N = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{\eta \cdot 10^6} \qquad (2)$$

где:

Q - дебит жидкости, м^3/сут;

ρ - плотность нефти, кг/м^3;

g - ускорение свободного падения, м/с^2;

H - глубина установки насоса, м;

η - КПД системы (предположительно 50%).

Пример расчёта: При дебите Q = 50 м^3/сут, плотности нефти ρ = 825.6 кг/м^3 и глубине установки насоса H = 750 м:

$$N = \frac{50 \cdot 825,6 \cdot 9,81 \cdot 750}{0,5 \cdot 10^6} \approx 606,5 \text{ кВт}$$

Этот расчёт поможет в выборе насоса с соответствующей мощностью.

Для оценки продуктивности скважины используем модифицированную формулу Вогеля:

$$\frac{Q}{Q_{\max}} = 1 - 0,2 \cdot \left(\frac{P_{wf}}{P_r}\right) - 0,8 \left(\frac{P_{wf}}{P_r}\right)^2 \qquad (3)$$

где:

Q - дебит при забойном давлении Рз;

Q_{max} - максимальный дебит;

P_r - пластовое давление;

P_{wf} - забойное давление.

При Рп = 3.8 МПа, Q_{max} = 50 м^3/сут и P_{wf} = 1.8 Мпа:

$$\frac{Q}{50} = 1 - 0,2 \cdot \left(\frac{1,8}{3,8}\right) - 0,8 \left(\frac{1,8}{3,8}\right)^2$$

Решив уравнение, получаем $Q \approx 30.5$ м^3/сут.

Ниже представлена кривая притока (IPR) для горизонта Ю-II, построенная по модифицированной формуле Вогеля.

Автоматизированный метод насосной добычи нефти обычно реализуется через три основных способа:

- установками плунжерных штанговых насосов (УПШН);

- установками электроцентробежных насосов (УЭЦН);

- установками винтовых штанговых насосов (УВШН).

Использование плунжерных штанговых насосов (УПШН) является эффективным способом эксплуатации скважин, обеспечивая добычу в диапазоне от 2 до 80 м^3/сут и возможность подъема добычи из глубин свыше 2000 метров. Штанговые установка пользуются широким спросом благодаря своей простоте конструкции, хорошо изученности и удобству использования, что обеспечивает их рекомендацию для эксплуатации низко- и среднедебитных скважин [4-5].

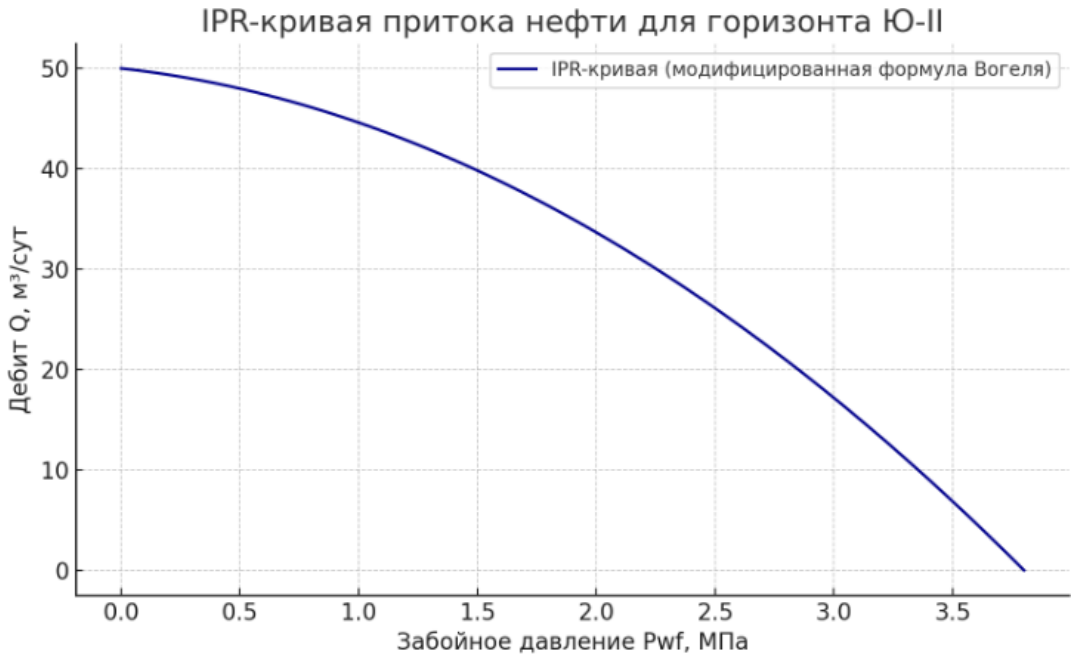


Таблица 1 - Сравнение возможной производительности

Насос	Производительность ($м^3$/сут)	Глубина (м)	Тип нефти и условий работы	Преимущества	Ограничения
УПШН (Плунжерные штанговые насосы)	2-80	До 2000	Низкая и средняя дебитность	Простота, хорошая известность, удобство эксплуатации	Меньше эффективны на больших глубинах
УЭЦН (Электроцентробежные насосы)	60-1500	1000-3000	Высокие дебиты, высокая температура, вода и газ	Высокая производительность на высокодебитных скважинах	Потери эффективности при высоких температурах и газе
УВШН (Винтовые штанговые насосы)	1-750	Более 2000	Трудоемкая, вязкая нефть	Эффективны при вязкой нефти, перекачка твердых частиц	Высокая стоимость установки и обслуживания

Результаты и обсуждение. В процессе разработки предполагается достижение максимального среднегодового дебита скважин по жидкости в размере 75,8 т/сут к 2025 году. Стремительная эффективность эксплуатации скважин при неполном насыщении пластовой нефти может предполагаться, поскольку она позволяет создать достаточно высокую депрессию в пласте.

При наличии повышенного уровня газа в нефти и при эксплуатации с уменьшенным $Р_{нас}$ забойными давлениями, постановка насосов должна быть оснащена газозащитными устройствами.

Перевод скважин на работу с помощью плунжерных насосов предпочтительно осуществлять с использованием вставных насосов следующих диаметров: 32, 38 и 44 мм. Также эффективными в этом процессе являются трубные насосы с диаметрами 32, 38, 44 и 57 мм. Для этих насосов подходят насосно-компрессорные трубы размером 73 мм. Стержень следует иметь двухступенчатую конструкцию с диаметрами 7/8" и 3/4". При откачке желательно выбирать длинноходовый и низкочастотный режим, что обусловлено инертностью вязкой нефти.

Способ использования установок электроцентробежных насосов (УЭЦН) для эксплуатации скважин обеспечивает значительные преимущества по сопоставлению с системами плунжерных штанговых насосов. Он наиболее широко применяется на месторождениях, где вероятно произвести извлечение от 60 до 1500 м^3/сут [6-7].

На сегодняшний день производители установок электроцентробежных насосов выпускают их с целью разнообразия условий эксплуатации. Рекомендуется учитывать, что производительность внедрения таких установок также понижена из-за возможного влияния высших температур (>90^{0}C) на работу оборудования или высокого содержания газа в добычи. Во многих ситуациях установки электроцентробежных насосов эффективны в погружных скважинах с высоким содержанием воды и дебитами жидкостей больше 50 м^3/сут. Однако, в процессе добыче плотной нефти, использование установок электроцентробежных насосов может сопровождаться значительным падением коэффициента эффективного воздействия насоса. При пробном этапе применение установок электроцентробежных насосов не является целесообразным для достижения прогнозных уровней добычи, поскольку ожидаемые дебиты можно получить с помощью установок плунжерных и винтовых насосов с уменьшенными капитальными и эксплуатационными издержками.

Винтовые насосы стали очень популярными благодаря их способности перекачивать флюиды, содержащие большое количество твёрдых частиц. Они также отличаются своими свойствами, которые в некоторых аспектах схожи с ароматическими соединениями газового конденсата. Винтовые насосы способны эффективно перекачивать тяжелые эмульсии и нефть. Эти насосные агрегаты имеют производительность от 1 до 750 м^3/сут и могут работать в значительном содержании воды, не боясь песка и абразивов.

В виду с потребностью разработки технических средств для добычи трудоемкой и вязкой нефти, рекомендуется использовать высокодепрессионный режим на месторождении Ю-1А, что позволяет снизить забойное давление ниже давления насыщения. Одним из наиболее эффективных методов, рассматриваемых для применения, называется способ холодильных добычи тяжелой нефти с одновременным переносом песка. Опыт применения данной технологии на аналогичных месторождениях показал, что использование винтовых плунжерных насосов является наиболее эффективным подходом. Этот тип установок наилучшим образом соответствует основным принципам НТДТНП:

- в процессе извлечении нефти, вода и газ, а также песок и другие твердые литологические материалы извлекаются совместно;

- в процессе добычи нефти в ствол скважины осуществляется поступление песчаных частиц. Это происходит в результате создания высокого давления на пласт, вызывающего значительное снижение забойного давления до уровня ниже давления насыщения;

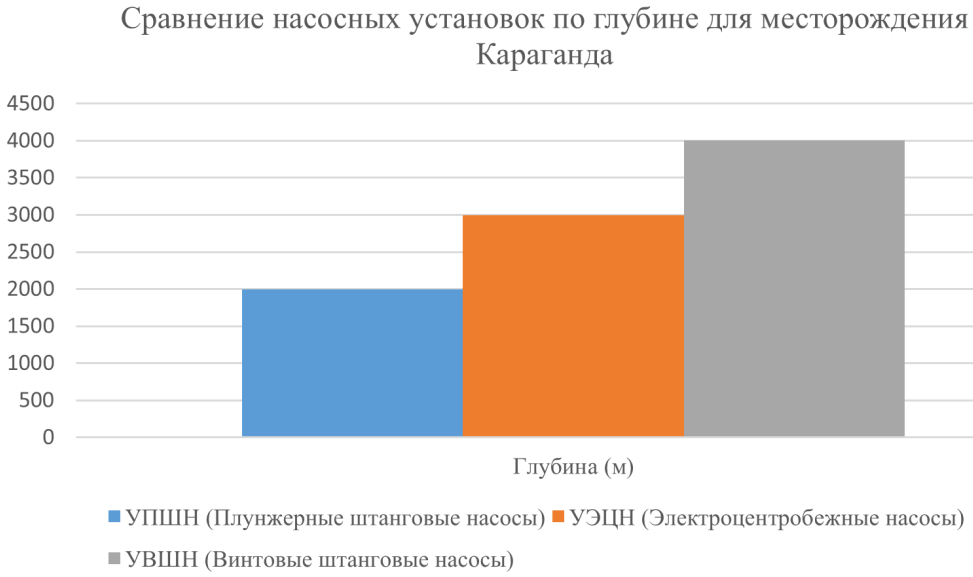
- в процессе эксплуатации установки винтовых штанговых насосов возникают депрессии, которые влияют на формирование эмульсий. Тем не менее, использование данной технологии позволяет снизить издержки на переработку продукции.

Преимущества УВШН в сравнении с дополнительными машинными системами называются следующими: низкие инвестиции, меньшие эксплуатационные расходы относительно технического обслуживания установок, возможность выбора эффективного материала из каучука, учитывая свойства извлекаемой жидкости, а также отсутствие заслонок и, как следствие, сложности их ударотермической неплотности. Благодаря своей

апатичности к вольному газу, винтовые насосы прекрасно соответствует для передачи высокоуглеродистой нефти. Оборудование винтовых насосов преимущественно стойкие к изнашиванию при приобритении масла с механическими примесями, потому что твердые гранулы, передаваемые сквозь насос, давятся к искривленной, но стойкой сетке эластомера (статора).

При выборе винтовых насосов по производительности необходимо учитывать проектные уровни добычи нефти. В связи с этим, насосы отбираются с большей производительностью, чем предполагаемый дебит, учитывая, что они не смогут функционировать на предельных скоростях поворота. Для добычи липкой нефти наилучшей скоростью вращения имеет 60-150 оборотов в минуту. Рекомендуется устанавливать насос в нижней части интервала перфорации. Чтобы обеспечить перемешивание поступающего потока, предпочтительно применять хвостовик с прорезями длиной 0,5-1 м или отверстиями диаметром 20 мм в основании насоса. Для обеспечения безопасности ротора (в случае обрыва штанги) целесообразно монтировать металлический брус снизу. Имеется зумпфа позволяет начать добычу при больших дебитах песка, поскольку оно наполняется песком впоследствии пуска скважины [8-9].

На приведенной ниже диаграмме мы можем увидеть сравнение по возможной глубине насосных установок для Карагандинского месторождения:



Используя данные таблицы 1 и диаграммы, мы можем выбрать наиболее эффективное оборудование для этого месторождения. Для Карагандинского месторождения с тяжелой нефтью, высокой вязкостью и возможным содержанием песка, винтовые штанговые насосы (УВШН) представляют собой наиболее подходящее решение. Эти насосы способны эффективно перекачивать вязкую нефть и жидкости с высоким содержанием твердых частиц, что критично для этого региона. УЭЦН могут быть использованы для скважин с высокими дебитами и более легкой нефтью, однако в условиях Караганды с тяжелой нефтью они будут менее эффективны. УПШН могут быть применены в ситуациях, когда дебит нефти не так велик, однако при высоких вязкостях нефти их эффективность будет ограничена.

В роли подъёмника используются НКТ диаметром 73 мм, которые опускаются в эксплуатационную колонну диаметром 168 мм. Глубина опускания насосно-компрессорных труб находится выше перфорированного интервала, обычно на 10-20 метров. Если скважина оснащена насосными установками для контроля активного и пассивного уровней, то кольцевое пространство остается без изоляции пакером.

При выборе винтовых насосов для проектов добычи нефти, основываясь на производительности, специалисты рекомендуют учитывать не только ожидаемый дебит, но и уровни добычи. В этом случае рекомендуется использовать насосы с большей производительностью, учитывая, что они не будут функционировать на предельных скоростях вращения ротора (250-300 оборотов в минуту). В случае вязкой нефти, идеальной скоростью обращения считается 60-150 оборотов в минуту, при этом она может меняться в зависимости от крутящего момента в приводной системе. Обходя возможность использования наземных приводов и штанг, можно опробовать винтовые насосы с электрическими и гидравлическими погружными управляемые системами, которые позволят регулировать крутящий момент и расход в соответствии с уровнем жидкости в кольцевом полости. Кроме того, можно использовать насосы с частотным контроллером скорости оборотов электромотора, без необходимости переключение шкивов.

Выводы. В процессе тестирования и эксплуатации на Карагандинском месторождении был накоплен ценный опыт по работе скважинных установок данного типа. В экспериментальных условиях были использованы механизированные винтовые штанговые насосы, позволяющие эффективно добывать нефть. На сегодняшний день компания ”Протекс” внедряет новые скважинные установки, которые обладают производительностью от 10 до 17 $м^3$/сут при 100 оборотах в минуту и напором до 1200 метров. Статоры насосов имеют эластомером типа PX40, специально разработанным для работы в средах с высокими температурами до 120 градусов, а также обладающим устойчивостью к шлифовочными частицами, газам, запаховом веществом, серой и углекислому газу [10-12].

Оптимальное размещение винтового насоса предполагает его установку под самыми нижними перфорациями отверстий на насосно-компрессорные трубы диаметром 73-89 мм. Предлагается развивать такой промежуток (~1м) между статором и перфорационными отверстиями в соотношении с результативности конкретного винтового насоса. Это обеспечивает оптимальную проходимую мощность и ограничивает крутящий момент, обеспечивая эффективную работу насоса:

- для эффективного смешивания притока жидкости в основание насоса советуются применять хвостовик с надрезами, длиной от 0,5 до 1м, или же отверстиями диаметром 20 мм;

- для защиты ротора (в случае обрыва штанги) рекомендуется установить стальной щит;

- наличие зумпфа с 1-4 трубами диаметром 168 мм в операционной колонне обеспечивает быстрому запуском производства песка при больших начальных дебитах;

- для более эффективной предотвращении раскручивания статора рекомендуется устанавливать приспособление в верхнем участке;

- опускание ротора производится с использованием штанг диаметром 22 мм, учитывая низкую глубину и крутящий момент;

- установка винтовых насосов с устройствами регулярного наблюдения за вращающим поворотом.

Литература

1. Котик Е.П., Котик П.Т. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений: учебник. -Алматы:CyberSmith, 2021. –Т.1. -220 с. ISBN 978-601-342-948-9

2. Котик Е.П., Котик П.Т. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений: учебник. -Алматы:CyberSmith, 2021. –Т.2. -212 с. ISBN 978-601-342-948-9

3. Котик Е.П., Котик П.Т. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений: учебник. -Алматы:CyberSmith, 2021. –Т.3. -240 с. ISBN 978-601-342-948-9

4. KASE: нефтегазовая отрасль Республики Казахстан [Электронный ресурс]. URL: https://kase.kz

5. Миловидов К.Н. Инновационные технологии в разведке и добыче нефти [Текст]: Уч. пособие / К.Н. Миловидов., В.И. Кокорев – М.: Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. – 2008. -272 с. ISBN 978-5-317-02644-8

6. Федоров В. А. Технология эксплуатации нефтяных и газовых скважин. — СПб, 2016. -26 с. ISBN 978-5-4469-0145-1

7. Хасанов Э.М., Кагарманов И.И., Пупченко И.Н. Особенности эксплуатации УЭЦН: Учебное пособие. – Самара: «РОСИНГ», 2006 – 216 с.

8. Zhadyrassyn Sarkulova, G. Lo Papa, Carmelo Dazzi, Farida Kozybaeva, Gulzhan Beiseyeva. Morphogenetic characteristics of chernozem leached in mining enterprises pollution conditions // EurAsian Journal of BioSciences. -2019. –Vol.13. Iss.2. - P.1931-1941.

9. A. Abdirashit, YE. Makhambetov, Zh. Sarkulova, A. Yerzhanov Large-scale laboratory tests for smelting medium-carbon ferromanganese using jezda manganese ore and simn17 silicomanganese fines// METABK. -2023. –Vol.62(1). –P.139-141. URL: https://hrcak.srce.hr

10. Вадецкий Ю.В. Бурение нефтяных и газовых скважин. -Академия, Москва, 2004. -351 с. ISBN: 5-7695-1119-2

11. Moradi, S. et al. Artificial Lift Selection Methods in Conventional and Unconventional Wells: A Summary and Review from Old Techniques to Machine Learning Applications. Volume 9, Issue 3, March – 2024. International Journal of Innovative Science and Research Technology. ISSN No:-2456-2165

12. Ma, G. et al. A Semianalytical Coupling Model between Reservoir and Horizontal Well with Different Well Completions.Volume 2020, Article ID 8890174, 12 P DOI 10.1155/2020/8890174

References

1. Kotik E.P., Kotik P.T. Razrabotka i jekspluatacija neftjanyh i gazovyh mestorozhdenij: uchebnik. - Almaty:CyberSmith, 2021. –T.1. -220 s. ISBN 978-601-342-948-9 [in Russian]

2. Kotik E.P., Kotik P.T. Razrabotka i jekspluatacija neftjanyh i gazovyh mestorozhdenij: uchebnik. - Almaty:CyberSmith, 2021. –T.2. -212 s. ISBN 978-601-342-948-9 [in Russian]

3. Kotik E.P., Kotik P.T. Razrabotka i jekspluatacija neftjanyh i gazovyh mestorozhdenij: uchebnik. - Almaty:CyberSmith, 2021. –T.3. -240 s. ISBN 978-601-342-948-9 [in Russian]

4. KASE: neftegazovaja otrasl' Respubliki Kazahstan [Jelektronnyj resurs]. URL: https://kase.kz [in Russian]

5. Milovidov K.N. Innovacionnye tehnologii v razvedke i dobyche nefti [Tekst]: Uch. posobie / K.N. Milovidov., V.I. Kokorev – M.: Izd-vo «Neft' i gaz» RGU nefti i gaza im. I.M. Gubkina. – 2008. -272 c. ISBN 978-5-317-02644-8 [in Russian]

6. Fedorov V. A. Tehnologija jekspluatacii neftjanyh i gazovyh skvazhin — SPb, 2016. -26 s. ISBN 978-5-4469-0145-1. [in Russian]

7. Hasanov Je.M., Kagarmanov I.I., Pupchenko I.N. Osobennosti jekspluatacii UJeCN: Uchebnoe posobie. – Samara: «ROSING», 2006 – 216 s. [in Russian]

8. Zhadurassyn Sarkulova, G. Lo Papa, Carmelo Dazzi, Farida Kozybaeva, Gulzhan Beiseyeva. Morphogenetic characteristics of chernozem leached in mining enterprises pollution conditions // EurAsian Journal of BioSciences. -2019. –Vol.13. Iss.2. - P.1931-1941.

9. A. Abdirashit, YE. Makhambetov, Zh. Sarkulova, A. Yerzhanov Large-scale laboratory tests for smelting medium-carbon ferromanganese using jezda manganese ore and simn17 silicomanganese fines// METABK. -2023. –Vol.62(1). –P.139-141. URL: https://hrcak.srce.hr/file/407990

10. Vadetsky Yu.V. Burenie neftyanykh i gazovykh skvazhin. - Publishing House: Textbook, 2014 Academy, Moscow, 2004. -351 s. ISBN: 5-7695-1119-2 [in Russian]

11. Moradi, S. et al. Artificial Lift Selection Methods in Conventional and Unconventional Wells: A Summary and Review from Old Techniques to Machine Learning Applications. Volume 9, Issue 3, March – 2024. International Journal of Innovative Science and Research Technology. ISSN No:-2456-2165

12. Ma, G. et al. A Semianalytical Coupling Model between Reservoir and Horizontal Well with Different Well Completions.Volume 2020, Article ID 8890174, 12 P DOI 10.1155/2020/8890174

Сведения об авторах:

Саркулова Ж.С. - PhD доктор, доцент, Актюбинский Региональный университет им. К.Жубанова, Актобе, Казахстан, email: zhadi_0691@mail.ru;

Исенгалиева Г.А. - кандидат технических наук, доцент, Актюбинский Региональный университет им. К.Жубанова, Актобе, Казахстан, email: isengul@mail.ru;

Шильмагамбетова Ж.Ж. - кандидат педагогических наук, доцент, Актюбинский Региональный университет им. К.Жубанова, Актобе, Казахстан, email: Zhadra_69@mail.ru;

Оразбекова Р.Ж. - кандидат технических наук, Актюбинский Региональный университет им. К.Жубанова, Актобе. Казахстан, email: riza_O@mail.ru;

Наурызова К.Ш. - кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Актюбинский Региональный университет им. К.Жубанова, г. Актобе, Республика Казахстан, e-mail: nauryzova61@mail.ru.

Information about the authors:

Sarkulova Zh.S.-PhD Doctor, Associate Professor, Aktobe Regional University named after K.Zhubanov, Aktobe, Republic of Kazakhstan, email: zhadi_0691@mail.ru;

Isengalieva G.A. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Aktobe Regional University named after. K. Zhubanov, Aktobe, Republic of Kazakhstan, email: isengul@mail.ru;

Shilmagambetova R.ZH. - Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Aktobe Regional University named after. K. Zhubanov, Aktobe, Republic of Kazakhstan, email: Zhadra_69@mail.ru;

Orazbekova R.Zh. - Candidate of Technical Sciences, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Republic of Kazakhstan, Aktobe, email: riza_O@mail.ru;

Nauryzova K.Sh. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Aktobe Regional University named after. K. Zhubanova, Aktobe, Republic of Kazakhstan, email: nauryzova61@mail.ru.

МРНТИ 52.47.17 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-817**

ФИЛЬТРАЦИЯ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ

Ж.К. Зайдемова, М.Д. Бисенгалиев, Ш.М. Медетов, Г.Ш. Досказиева, Г.Г. Абдешева, Г.Е. Суюнгариев, А.Н. Мукамбеткалиева

НАО Атырауский университет нефти и газа имени Сафи Утебаева, Атырау, Казахстан

Корреспондент-автор: maks_bisengali@mail.ru

Результаты исследования позволили изучить процессы в призабойная зона скважины (ПЗС) и стволе скважины в режимах, характерных осложненным условиям эксплуатации без учета фильтрации. Однако, эксплуатация таких скважин для добычи нефти неразрывно связана с фильтрацией вытесняемой из пласта водонефтяной смеси. Поэтому при таких осложнениях необходимо также исследовать режим работы ПЗС в условиях фильтрации, т.е. фильтрационные процессы как в естественном проявлении, так и с применением специальных фильтров. В связи с этим, для конкретизации эксплуатационных параметров процесса добычи нефти ШСНУ исследуем гидродинамику процесса вытеснения нефти из пласта с учетом применения устройств для фильтрации [1].

В нефтепромысловой практике применяются скважинные фильтрационные устройства, среди которых гравийный скважинный фильтр представляет собой наиболее простую и дешевую конструкцию, доступную в условиях промыслового ремонта [2]. Для его создания в открытую в продуктивном пласте часть ствола скважины засыпают крупнозернистым материалом (например, гравий) и для предотвращения выноса засыпки потоком нефти в верхней части ствола у кровли пласта устанавливают пакер сетчатого типа.

Целью данной статьи является вывод уравнений для расчета гидротехнических характеристик нефтедобывающей скважины с гравийным фильтром и их решение. На этой основе обоснованы рабочие параметры процесса фильтрации без учета и с учетом влияния на ПЗС погружения плунжера штанговых скважинных насосных установок (ШСНУ).

Выбор такого метода борьбы с пескопроявлением связано с тем, что, в отличие от фильтратов перфорационной конструкции [3,4].

Ключевые слова*:* гидротехнические характеристика, фильтрация жидкости, пескопроявление, нефтеотдача пласта, гравийный фильтр, плунжерный насос.

ТІК ҰҢҒЫМАДА СЫҒЫЛМАЙТЫН СҰЙЫҚТЫҚТЫ СҮЗУ

Ж.К. Зайдемова, М.Д. Бисенгалиев, Ш.М. Медетов, Г.Ш. Досказиева, Г.Г. Абдешева, Г.Е. Суюнгариев, А.Н. Мукамбеткалиева

«С.Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті» КеАҚ, Атырау, Қазахстан,
e-mail: maks_bisengali@mail.ru

Зерттеулер қортындысы ұңғыманың түп маңы аймағында және ұңғыма оқпанындағы сүзілуді ескермеген кездегі пайдаланудың күрделендірілген жұмыс жағдайымен сипатталатын режимдердегі үрдістерді зерттеуге мүмкіндік берді. Алайда, мұнай өндіруге арналған мұндай ұңғымаларды пайдалану қабаттан ығыстырылып шығарылатын су-мұнай қоспасының сүзілуімен үздіксіз байланысты. Сондықтан мұндай күрделі жағдайларда сүзілу жағдайындағы ұңғыманың түп маңы аймағының жұмыс режимін зерттеу қажет, яғни табиғи сүзілу кезіндегі және арнайы сүзгілерді қолдану кезіндегі сүзілу үрдісін зерттеу керек. Осыған байланысты, штангалы ұңғымалық сорап қондырғысының (ШҰСҚ) мұнай өндіру үрдісінің пайдалану көрсеткіштерін нақтылау үшін сүзгілеу құрылғыларын қолдануды ескере отырып, қабаттан мұнайдың ығыстырылу үрдісінің гидродинамикасын зерттейміз [1].

Мұнай кәсіпшілігінің тәжірибесінде ұңғымалық сүзгі құрылғылары қолданылады, олардың ішінде қиыршық тасты ұңғыма сүзгісі кәсіпшілік жөндеу жағдайларына мүмкіндік беретін қарапайым және арзан конструкция түрінде болады [2]. Оны құрау үшін өнімді қабатта ұңғыманың оқпанының бір бөлігін ірі бөлшекті материалмен (мысалы қиыршық тас) көмеді және көмілген материалды мұнай ағызып кетпеу үшін оқпанның жоғары бөлігіне қабат шетіне тор тәріздес пакер орнатады.

Бұл мақаланың мақсаты қиыршық тасты мұнай өндіруші ұңғымалардың гидротехникалық сипаттамаларын есептеуге арналған теңдеуді шығару және оларды есептеу. Осы негізде штангалы ұңғымалық сорап қондырғысының ШҰСҚ плунжерінің батуының ұңғыманың түп маңы аймағына әсер етуін ескерген және ескермеген кездегі сүзілу үрдісінің жұмыстық көрсеткіштерін негізделген [3,4].

Құм көрінісімен күрестің осындай әдісін таңдау перфорациялық конструкциялы сүзгіштерге қарағанда бірқатар артықшылықтарға ие болуымен байланысты түсіндіріледі.

Түйін сөздер: гидротехникалық сипаттама, сұйықтың сүзілуі, құм көрінісі, қабаттың мұнай бергіштігі, қиыршық тасты сүзгі, плунжерлі сорап.

FILTRATION OF INCOMPRESSIBLE FLUID IN A VERTICAL WELL

Zh.K. Zaidemova, M.D. Bisengaliev, Sh.M. Medetov, G.Sh. Doskazieva, G.G. Abdeshova, G.E. Suyungariyev, A.N. Mukambetkalieva

NAO Atyrau University of Oil and Gas named after Safi Utebaev, Atyrau, Kazakhstan
e-mail: maks_bisengali@mail.ru

The results of the research allowed to study the processes in bottom-hole zone (BHZ) and wellbore in the regimes characteristic of complicated operating conditions without taking into account filtration. However, the operation of such wells for oil production is inextricably linked with filtration of water-oil mixture displaced from the reservoir. Therefore, under such complications it is also necessary to investigate the operation mode of the CCD under filtration conditions, i.e. filtration processes both in natural manifestation and with the use of special filters. In this connection, for specification of operational parameters of the process of oil production by SHSNU we study the hydrodynamics of the process of oil displacement from the reservoir taking into account the application of filtration devices [1].

In oilfield practice, downhole filtration devices are used, among which gravel downhole filter is the simplest and cheapest design available in the conditions of field repair [2]. To create it, a coarse-grained material (e.g., gravel) is poured into the open part of the wellbore in the productive formation and a net-type packer is installed in the upper part of the wellbore near the formation roof to prevent the oil flow from carrying the filling away.

The purpose of this article is to derive equations for calculating the hydraulic characteristics of an oil production well with a gravel filter and their solution. On this basis, justification of the operating parameters of the filtration process without taking into account and taking into account the effect on the CCD of plunger immersion of rod well pumping units (RWPU). The choice of such a method of struggle against sand penetration is connected with the fact that unlike perforation design filtrates [3,4].

Keywords: hydraulic engineering characteristics, fluid filtration, sanding, oil recovery, gravel filter, plunger pump.

Введение. Из общего объема ежегодно добываемой в республике нефти более чем 80% приходится месторождениям, находящимся на последней стадий эксплуатации. В связи с этим, не смотря на интенсивное освоение новых нефтяных месторождений Казахстана, проблема повышения эффективности эксплуатации, в частности интенсификации нефтеотдачи пластов существующих месторождений и увеличения их межремонтного периода все еще остается важной научно – произ-

водственной проблемой.

Решение таких задач, прежде всего, связано с применением комплекса научно обоснованных мероприятий, направленных на совершенствование рабочих процессов, методов и технических средств воздействия на пласт, способствующих интенсификации и снижению себестоимости добычи нефти. При многочисленности существующих способов и методов воздействия на пласт, вопрос о научном обосновании их оптимального выбора в каждом конкретном случае эксплуатации скважин, с учетом влияния на дебит рабочих параметров применяемых технических средств добычи представляет собой огромный научно-практический интерес.

Если учесть, что 70% действующего фонда скважин старых нефтяных месторождений, эксплуатируемых как в республике, так и в ближнем зарубежье осваиваются при помощи ШСНУ, то станет очевидным, какое влияние может оказать на нефтеотдачу оптимальный выбор режима их работы, совершенствование уравновешивания привода при рациональном сочетании с тем или иным способом воздействия на пласт. Такой подход решения вышеуказанной задачи путем комплексного рассмотрения вопросов уравновешивания привода и колебания подземной части ШСНУ с учетом влияния различных динамических факторов предопределяет повышение дебита скважин и получение более достоверных результатов исследований.

В связи с этим, исследования направленные на изучение влияния на дебит скважин упругого уравновешивания привода плунжерных насосов и оптимизация способов воздействия на пласт в условиях пескопроявления являются актуальными.

Материалы и методы. Фильтрацию несжимаемой жидкости (нефти) в вертикальной центральной скважине, эксплуатирующей горизонтальный пласт толщиной *в* (рисунок 1). Поток жидкости внутри ствола скважины примем за одномерный, направленный вдоль оси z, т.е. радиальной составляющей течения внутри ствола скважины. Неравномерностью потока по ее сечению пренебрегаем. Поэтому вертикальную составляющую $u(z)$ скорости течения будем считать зависящей только от одной координаты z. Приведенное давление [5].

$$P^{(t)} = \rho g z + p + \rho \left(\frac{V_1^2}{2} - \frac{V_2^2}{2} \right), \qquad (1)$$

где ρ – гидродинамическое давление; ρ – плотность флюида; g – ускорение свободного падения; z – координата, направленная вертикально вверх по оси скважины, начало отсчета на которой совмещено с подошвой пласта (рисунок 1), внутри скважины в первом приближении тоже считаем функцией только лишь координаты z.

Связь между скоростью $u(z)$ и давлением P определяется из закона фильтрации для фильтра скважины

$$\frac{dP}{dz} = -f(u), \qquad (2)$$

где – заданная функция удовлетворяющая условию $f(0) = 0$. В частности, если в фильтре скважины фильтрация линейная, то

$$f(u) = \frac{\mu u}{k_2} \qquad (3)$$

Если в фильтре режим фильтрации подчиняется двучленному закону, то

$$f(u) = Au + Bu^2, \qquad (4)$$

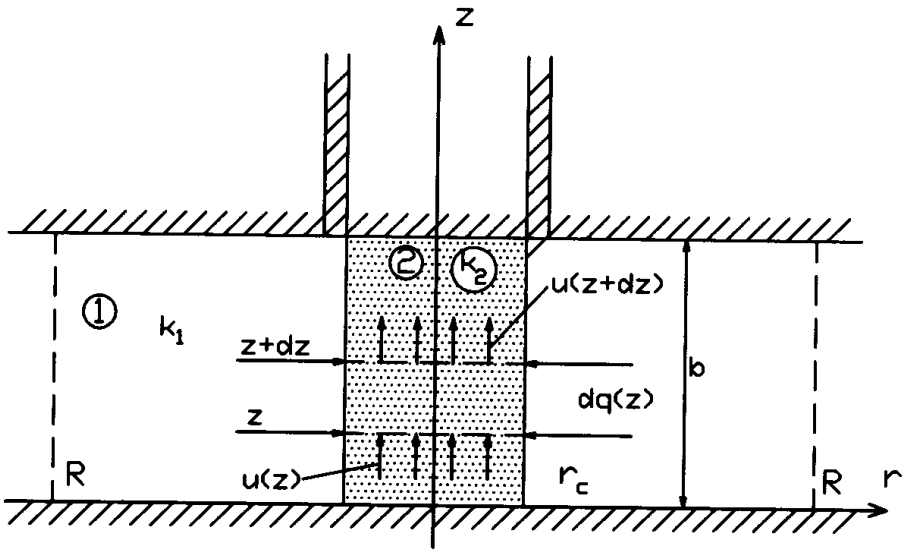
где A и B – некоторые экспериментально устанавливаемые положительные постоянные. Кроме перечисленных (3), (4) под $f\ (u)$ могут пониматься и другие законы фильтрации, например степенные.

Результаты и обсуждение. Если функция $P(z)$ будет найдена, то с помощью (2) можно определить скорость $u(z)$, а следовательно и дебит скважины $Q = \pi \cdot r_c^2 \cdot u(b)$. Для вывода уравнения, которому должна удовлетворять функция $P\ (z)$, рассмотрим течение в скважине между двумя бесконечно близкими плоскостями z и $z + dz$ (рисунок 1) [6]. Течение жидкости между плоскостями z и $z+dz$ в первом приближении будем рассматривать как плоскорадиальное. Поэтому вели-

чину притока $dq(z)$ жидкости в части боковой поверхности ствола скважины, заключенной между z и $z+dz$, найдем по известной [6] формуле Дюпюи:

$$dq(z) = \frac{2\pi k_1 \cdot (P_{\text{П}} - P(z)) \cdot dz}{\mu \cdot \ln\left(\frac{R}{r_c}\right)}, \qquad (5)$$

где $P_{\text{П}}$ – давление на контуре питания $r = R$; $P(z)$ – давление в скважине. К величине $dq(z)$ добавляется поток со стороны поступающей снизу жидкости, равный $\pi \cdot r_c^2 \cdot u(z)$ (рисунок 1). Поэтому за единицу времени в участок скважины $[z, z+dz]$ поступает суммарный поток жидкости, равный $dq(z) + \pi \cdot r_c^2 \cdot u(z)$.



1 – призабойная зона скважины (ПЗС) с проницаемостью k_1 – режим фильтрации линейный; 2 – гравийный фильтр (часть ствола скважины с засыпкой) – режим фильтрации может быть (в зависимости от его свойств) как линейным, так и нелинейным; r_c – радиус скважины, k_2 – коэффициент проницаемости фильтра, r и z – цилиндрические координаты, ось z направлена вверх; R – радиус контура питания; u(z) – скорость течения жидкости в фильтре скважины

Рис.1 – Схема устройства гравийного скважинного фильтра и принятая модель течения жидкости в нем

Следовательно, в сечении скважины $(z+dz)$ вертикальная составляющая скорости потока будет равна

$$u(z+dz) = \frac{dq(z) + \pi r_c^2 \cdot u(z)}{\pi r_c^2} = u(z) + \frac{2k_1 \cdot (P_{\text{П}} - P(z)) \cdot dz}{\mu \cdot r_c^2 \cdot \ln\left(\frac{R}{r_c}\right)} \qquad (6)$$

С другой стороны, величина скорости $u \cdot (z+dz)$ связана с распределением давления в стволе скважины по закону (2). Поэтому должно быть выполнено равенство:

$$\frac{dP(z+dz)}{dz} = -f[u(z+dz)] \qquad (7)$$

Вычитая из (7) соответствующие части равенства (2), получим

$$\frac{dP(z+dz)}{dz} - \frac{dP(z)}{dz} = -\{f[u(z+dz)] - f[u(z)]\} \tag{8}$$

Если теперь к обеим частям последнего выражения применить известную в математическом анализе теорему Лагранжа и перейти к пределу при dz, то из (8) с учетом равенства (6) получим:

$$\frac{d^2P(z)}{dz^2} = -\frac{2k_1 \cdot [P_{\text{П}} - P(z)]}{\mu \cdot r_c^2 \cdot \ln\left(\frac{R}{r_c}\right)} \cdot f'[u(z)] \tag{9}$$

Уравнение (9) содержит две неизвестные функции: приведенное давление внутри ствола скважины $P(z)$ и скорость потока жидкости в стволе скважины $u(z)$. Поэтому для решения задачи еще нужно определить уравнение для $u(z)$. Чтобы найти $u(z)$ воспользуемся формулой (5) за весь приток жидкости к скважине на участке $[0, Z]$:

$$q(z) = \int_0^z dq(z) = \frac{2\pi k_1}{\mu \cdot \ln\left(\frac{R}{r_c}\right)} \cdot \int_0^z (P_{\text{П}} - P(z))dz \tag{10}$$

С учетом, что через сечение z скважины должен проходить за единицу времени поток жидкости $q(z)$, средняя скорость течения жидкости $u(z)$ будет равна $\frac{q(z)}{\pi r_c^2}$, т.е.

$$u(z) = \frac{2k_1}{\mu \cdot r_c^2 \cdot \ln\left(\frac{R}{r_c}\right)} \cdot \int_0^z (P_{\text{П}} - P(z))dz \tag{11}$$

Подставив (11) в (9), относительно неизвестной функции распределения давления в стволе скважины получим одно интегро-дифференциальное уравнение. Для решения этого уравнения нужно еще дополнительно задать краевые условия на границах $z = 0$ и $z = b$ активного участка скважины. В сечении на кровле пласта $z = b$ (рисунок 1) должно быть задано давление в скважине, поэтому

$$P|_{z=b} = P_C \tag{12}$$

В сечении $z = 0$ (на подошве пласта) нормальная составляющая скорости потока $u(0) = 0$, а следовательно,

$$\frac{dP}{dz}|_{z=0} = -f[u(0)] = -f(0) = 0.$$

Поэтому

$$\frac{dP}{dz}|_{z=0} = 0 \tag{13}$$

Выводы. Таким образом, интегро-дифференциальное уравнение, получающееся при подстановке (11) в (9), должно интегрироваться совместно с краевыми условиями (12) и (13).

После того, как функция $P(z)$ будет найдена, дебит Q скважины можно вычислить по формуле (10) при $z = b$:

$$Q = \frac{2\pi k_1}{\mu \cdot \ln\left(\frac{R}{r_c}\right)} \cdot \int_0^b (P_{\text{П}} - P(z))dz \tag{14}$$

Если вдоль ствола скважины давление $P(z)$ можно принять постоянным, равным P_c, то из формулы (14) получается классическая формула Дюпюи для дебита Q_0 центральной совершенной скважины

$$Q_0 = \frac{2\pi k_1 \cdot (P_{\text{П}} - P_C) \cdot b}{\mu \cdot \ln\left(\frac{R}{r_c}\right)} \tag{15}$$

Более простой по сравнению с (9), (11) и удачно его дополняющий способ расчета гидротехнических характеристик скважины можно получить, если за основу взять распределение скорости течения $u(z)$ в ее фильтре. Поэтому в допол-

нение к (9), (11) выведем еще дифференциальное уравнение для скорости фильтрации $u(z)$ [7 - 9].

Прежде всего заметим, что для производной $\frac{du}{dz}$ из формулы (6) с учетом (15) получается значение

$$\frac{du}{dz} = \frac{Q_0}{\pi \cdot r_c^2 \cdot b} \cdot \frac{P_П - P(z)}{P_П - P_C} \qquad (16)$$

Дифференцируя обе части (16) по z и учитывая формулы (2) и (15), для скорости фильтрации $u(z)$ получим уравнение

$$\frac{d^2u}{dz^2} = \frac{Q_0}{\pi \cdot r_c^2 \cdot b \cdot (P_П - P_C)} \cdot f(u) \qquad (17)$$

Дифференциальное уравнение (17) должно интегрироваться совместно с краевыми условиями

$$u|_{z=0} = 0 \text{ и } \frac{du}{dz}|_{z=b} = \frac{Q_0}{\pi \cdot r_c^2 \cdot b} \qquad (18)$$

Первое из условий (18) означает, что нормальная составляющая скорости потока на подошве пласта отсутствует, а второе условие сразу следует из (16) при $z = b$.

Интегрирование уравнения (17) совместно с условиями (18) приводит к следующему распределению скорости $u(z)$:

$$z = \frac{1}{A} \cdot \int_0^u \frac{du}{\sqrt{1 - \frac{2}{A \cdot (P_П - P_C)} \cdot \int_u^{u_*} f(u)du}}, \qquad (19)$$

где введены обозначения

$$A = \frac{Q_0}{\pi \cdot r_c^2 \cdot b}; \quad u_* = \frac{Q}{\pi \cdot r_c^2} = u(b) \qquad (20)$$

Уравнение для неизвестной постоянной u_* получим с помощью (19) при $z = b$. Учитывая (20), приходим к следующему уравнению для u_*:

$$A \cdot b = \frac{1}{A} \cdot \int_0^{u_*} \frac{du}{\sqrt{1 - \frac{2}{A \cdot (P_П - P_C)} \cdot \int_u^{u_*} f(u)du}} \qquad (21)$$

Из уравнения (21) вычислим u_*, а стало быть и дебит Q по формуле (20). Затем по формуле (19) можно будет найти распределение скорости $u(z)$ в фильтре скважины [10]. Наконец, с помощью формул (16) и (19) найдем распределение давления в стволе скважины по ее высоте:

$$\frac{P_П - P(z)}{P_П - P_C} \sqrt{1 - \frac{2}{A \cdot (P_П - P_C)} \cdot \int_u^{u_*} f(u)du} \qquad (22)$$

Таким образом, задачу расчета гидротехнических характеристик скважины с гравийным фильтром оказалось можно считать решенной. Это дает основание анализировать работу фильтра для любого режима эксплуатации, в нашем случае, для линейного режима.

Литература

1. Зайдемова Ж.К., Ахметов С.М. Исследование процесса движения жидкости в призабойной зоне и в стволе нефтегазодобывающей скважины в условиях повышенного обводнения и пескопроявления // Сборник трудов Третьего международного семинара – совещания «Инновационные подходы в развитии нефтегазовой и нефтехимической промышленности в Атырауской области». -Атырау: АИНГ, 2005. – С.345–358.

2. Пашкин В.Д., Лежнев К.Э., Кудря Е.Р., Никулин К.А. Гравийные фильтры как средство контроля притока при разработке слабоконсолидированных пластов. PROНЕФТЬ. Профессионально о нефти.2022;7(1):52-59.

3. Попов М.А., Петраков Д.Г. Исследование режимов эксплуатации газовых скважин в осложненных условиях. Санкт-Петербургский горный университет. Недропользование.2021. Т.21, № 1. С.36-41.

4. Шиян С. И., Шаблий И. И, Задачин А. А., Сафиуллина Е. У, Кусова Л. Г Перспективы применения методов повышения нефтеотдачи пластов на Полярном нефтяном месторождении на основе анализа эффективности применяемых методов на месторождениях-аналогах. // Нефтепромысловое дело. – 2022. – № 3 (639). – С.9–18.

5. Бисенгалиев М.Д., Абдешова Г.К., Досказиева Г.Ш. Конструкция усовершенствованного цепного привода штанговой скважинной насосной установки, «Нефть и газ» 2, 2025 год, 274-281 стр.

6. Зайдемова Ж.К., Ахметов С.М., Суюнгариев Г.Е. Перспективы уравновешивания наземных приводов скважинных насосных установок пружинными выравнивателями нагрузок //Доклады Первых международных научных Надировских чтений «Научно-технологическое развитие нефтегазового комплекса». - Атырау.-2003. - С.268 -271.

7. Шишкин Г. А. , Линейные интегро-дифференциальные уравнения Фредгольма. Учебное пособие по спецкурсу и спецсеминару. Издательство Бурятского госуниверситета 2007.-195 с.

8. Власов В. В., Перез Ортиз Р. Спектральный анализ интегро-дифференциальных уравнений, возникающих в теории вязкоупругости и теплофизике // Матем. Заметки.- 2015.-Т.98(4).- С.630-634 DOI https://doi.org/10.4213/mzm10829

9. Пулькина Л. С. Нелокальная задача для гиперболического уравнения с интегральными условиями I рода с ядрами, зависящими от времени//Изв. вузов. Матем.-, 2012.- №10.- С.32-34 DOI 10.3103/S1066369X12100039

10. Сабитова Ю. К. Краевая задача с нелокальным интегральным условием для уравнений смешанного типа с вырождением на переходной линии// Матем. Заметки.- 2015.-Т.98(3). С.393-406. DOI 10.4213/mzm9135

References

1. Zajdemova Zh.K., Ahmetov S.M. Issledovanie processa dvizhenija zhidkosti v prizabojnoj zone i v stvole neftegazodobyvajushhej skvazhiny v uslovijah povyshennogo obvodnenija i peskoprojavlenija // Sbornik trudov Tret' ego mezhdunarodnogo seminara – soveshhanija «Innovacionnye podhody v razvitii neftegazovoj i neftehimicheskoj promyshlennosti v Atyrauskoj oblasti». -Atyrau: AING, 2005. – S. 345–358.[in Russian]

2. Pashkin V.D., Lezhnev K.Je., Kudrja E.R., Nikulin K.A. Gravijnye fil' try kak sredstvo kontrolja pritoka pri razrabotke slabokonsolidirovannyh plastov. PRONEFT". Professional' no o nefti.2022;7(1):52-59. [in Russian]

3. Popov M.A., Petrakov D.G. Issledovanie rezhimov jekspluatacii gazovyh skvazhin v oslozhnennyh uslovijah. Sankt-Peterburgskij gornyj universitet. Nedropol' zovanie.2021. T.21, № 1. S.36-41. [in Russian]

4. Shijan S. I., Shablij I. I, Zadachin A. A., Safiullina E. U, Kusova L. G Perspektivy primenenija metodov povyshenija nefteotdachi plastov na Poljarnom neftjanom mestorozhdenii na osnove analiza jeffektivnosti primenjaemyh metodov na mestorozhdenijah-analogah. // Neftepromyslovoe delo. – 2022. – № 3 (639). – S.9–18[in Russian].

5. Bisengaliev M.D., Abdeshova G.K., Doskazieva G.Sh. Konstrukcija usovershenstvovannogo cepnogo privoda shtangovoj skvazhinnoj nasosnoj ustanovki, «Neft' i gaz» 2, 2025 god, 274-281 str. [in Russian]

6. Zajdemova Zh.K., Ahmetov S.M., Sujungariev G.E. Perspektivy uravnoveshivanija nazemnyh privodov skvazhinnyh nasosnyh ustanovok pruzhinnymi vyravnivateljami nagruzok //Doklady Pervyh mezhdunarodnyh nauchnyh Nadirovskih chtenij «Nauchno-tehnologicheskoe razvitie neftegazovogo kompleksa». - Atyrau.-2003. - S.268 -271. [in Russian]

7. Shishkin G. A. , Linejnye integro-differencial’ nye uravnenija Fredgol’ ma. Uchebnoe posobie po speckursu i specseminaru. Izdatel’ stvo Burjatskogo gosuniversiteta 2007. -195 c. [in Russian]

8. Vlasov V. V., Perez Ortiz R. Spektral’ nyj analiz integro-differencial’ nyh uravnenij, voznikajushhih v teorii vjazkouprugosti i teplofizike // Matem. Zametki.- 2015.-T.98(4).- S.630-634 DOI 10.4213/mzm10829. [in Russian]

9. Pul’ kina L. S. Nelokal’ naja zadacha dlja giperbolicheskogo uravnenija s integral’ nymi uslovijami I roda s jadrami, zavisjashhimi ot vremeni//Izv. vuzov. Matem.-, 2012.- №10.- S.32-34 DOI 10.3103/S1066369X12100039. [in Russian]

10. Sabitova Ju. K. Kraevaja zadacha s nelokal’ nym integral’ nym usloviem dlja uravnenij smeshannogo tipa s vyrozhdeniem na perehodnoj linii// Matem. Zametki.- 2015.-T.98(3). S. 393-406. DOI 10.4213/mzm9135. [in Russian]

Сведения об авторах

Ж.К. - , НАО Атырауский университет нефти и газа имени С. Утебаева, Атырау, Казахстан, e-mail: b.n.m.99@list.ru;

Бисенгалиев М.Д. - ассоциированный , НАО Атырауский университет нефти и газа имени С. Утебаева, Атырау, Казахстан, e-mail: maks_bisengali@mail.ru;

Медетов Ш.М. - ассоциированный , НАО Атырауский университет нефти и газа имени С. Утебаева, Атырау, Казахстан, e-mail: medetov.76@mail.ru;

Досказиева Г.Ш.- , НАО Атырауский университет нефти и газа имени С. Утебаева, Атырау, Казахстан, e-mail: doskaziyeva.gulsin@gmail.com;

Абдешова Г.Г.- ст преподаватель, НАО Атырауский университет нефти и газа имени Сафи Утебаева, Атырау, Казахстан, e-mail: gulya6320@mail.ru;

Суюнгариев Г.Е. - ассистент профессора, НАО Атырауский университет нефти и газа имени С.Утебаева, Атырау, Казахстан, e-mail: S.gabit72@mail.ru;

Мукамбеткалиева А.Н. - докторант, НАО Атырауский университет нефти и газа имени С. Утебаева, Атырау, Казахстан, e-mail: ainash_m_89@mail.ru.

Information about the authors

Zaidemova Zh. - Ph. Sci, Professor, Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebaev, Atyrau, Kazakhstan, e-mail: b.n.m.99@list.ru;

Bissengaliyev M. – Ph. sci, associate professor, Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebaev, Atyrau, Kazakhstan, e-mail: maks_bisengali@mail.ru;

Medetov Sh. - Ph. Sci, Associate Professor, Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebaev, Atyrau, Kazakhstan, e-mail: medetov.76@mail.ru;

Doskazieva G- Ph. Sci, Professor, Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebaev, Atyrau, Kazakhstan, e-mail: aing-zhomart@mail.ru;

Abdehova G - Senior lecturer, Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebaev, Atyrau, Kazakhstan, e-mail: gulya6320@mail.ru;

Suyungariev G. - Ph. Sci, Assistant Professor, Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebaev, Atyrau, Kazakhstan, e-mail: s.gabit72@mail.ru;

Mukambetkalieva A. - Doctoral, Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebaev, Atyrau, Kazakhstan, e-mail: ainash_m_89@mail.ru.

ҒТАМР 52.47.15 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-729**

БҰРҒЫЛАУ ЕРІТІНДІСІНІҢ СІҢІРІЛУІН ТӨМЕНДЕТУГЕ АРНАЛҒАН ЖЕҢІЛДЕТІЛГЕН ПОЛИМЕРЛІ ҚҰРАМ

Н.А. Бесбаева, Г.Ж. Бимбетова, К.С. Надиров, М.Қ. Жантасов, Н.Ш. Отарбаев

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

Корреспондент-автор: gulmnaz@mail.ru

Ұңғымаларды бұрғылау кезінде бұрғылау ерітіндісінің сіңірілуі кеуекті немесе жарықшақты қабаттардың ашық болуымен байланысты. Сіңірілу технологиялық себептерге немесе тау жыныстарының жатыс пішіндерінің геологиялық жағдайларына байланысты болуы мүмкін. Геологиялық себептер-сіңірілу қабатының түрі, қуаты мен оның жатыс пішінінің тереңдігі, гидравликалық жарылысқа тау жыныстарының төзімділігінің жеткіліксіздігі, қабат қысымы және қабат сұйықтығының сипаттамасы, сонымен бірге, басқа да ілеспе қиындықтардың болуы (опырылуы, мұнайгаздың пайда болуы, қабат суларының ағындары және т.б.). Болатын технологиялық себептерге ұңғымаға айдалатын бұрғылау ерітіндісінің саны мен сапасы, бұрғылау әдісі, көтеріп-түсіру операцияларын жүргізу жылдамдығы және техникалық жабдықтау, бұрғылау процесін ұйымдастыру сияқты факторлар кіреді.

Берілген мақалада ұңғымадағы бұрғылау ерітіндісінің тау жыныстарының жарықшақтарына сіңірілуін төмендету мүмкіндігі мен пайда болу мәселелері қарастырылды. Ерітіндінің сіңірілуін төмендетудің қолданыстағы әдістері талданды және қиын жағдайларда сәтті бұрғылауды жүзеге асыру бойынша ұсыныстар жасалды.

Сонымен қатар, мақалада әр түрлі мөлшердегі қатынаста модификацияланған полиакриламид пен ұсақталған мақта талшығының бұрғылау ерітіндісінің қасиеттеріне әсері туралы зерттеу нәтижелері келтірілген. Бұл зерттеулер ұңғыма қабырғасының қабықшалы қабат арқылы бұрғылау ерітіндісінің сіңірілу жылдамдығын төмендету мақсатында жүргізілді. Модификацияланған полиакриламид пен ұсақталған мақта талшығының концентрациясының бұрғылау ерітіндісінің реологиялық қасиеттерінің көрсеткіштеріне (ығысудың статикалық кернеуі және шартты тұтқырлық) әсері бойынша зерттеулер жүргізілді. Құрамында бентонит сазы бар жеңілдетілген бұрғылау ерітіндісіне ұсақталған мақта талшығын енгізу тұтқырлықты жоғарылатады және судың бергіштігін төмендетеді, сонымен қатар ұңғыма қабырғасына сапалы қабықшаның пайда болуына ықпал етеді. Осылай, ерітіндінің негізгі көрсеткіштер бойынша оң нәтиже көрсеткен оңтайлы құрам анықталды, бұл авторлардың пікірінше, мұнайгаз ұңғымаларын бұрғылау кезінде сіңірілетін ерітіндінің көлемін төмендетуге ықпал етеді.

Түйін сөздер: мұнай, бұрғылау ерітіндісі, мақта талшығы, полиакриламид, май қышқылы, госсипол шайыры, полимерлі бұрғылау ерітіндісі, каустикалық сода, ерітіндінің сіңірілуі, сіңірілуді төмендету.

ПОЛИМЕРНЫЙ СОСТАВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПОГЛОЩЕНИЯ БУРОВОГО РАСТВОРА

Н.А. Бесбаева, Г.Ж. Бимбетова, К.С. Надиров, М.Қ. Жантасов, Н.Ш. Отарбаев

Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,
e-mail: gulmnaz@mail.ru

Поглощения бурового раствора при бурении скважин связано с вскрытием пористых или трещиноватых пластов. Поглощения могут быть вызваны технологическими причинами или геологическими условиями залегания горных пород. Геологические причины - тип поглощающего пласта, его мощность и глубина залегания, недостаточность сопротивления пород гидравлическому разрыву, пластовое давление и характеристика пластовой жидкости, а также наличие других сопутствующих

осложнений (обвалы, нефтегазоводопроявления, перетоки пластовых вод и др.). Технологические причины - количество и качество подаваемого в скважину бурового раствора, способ бурения, скорость проведения спускоподъемных операций и другие. К этой группе относятся такие факторы, как техническая оснащенность и организация процесса бурения.

Рассмотрены вопросы возникновения и возможности снижения поглощений бурового раствора в скважине. Проанализированы существующие методы снижения поглощения раствора и сформулированы рекомендации для реализации успешного бурения в осложненных условиях.

В данной статье приведены результаты исследований по влиянию модифицированного полиакриламида, а также измельченного хлопкового волокна в различных соотношениях на свойства бурового раствора. Данные исследования проведены с целью снижения скорости поглощения бурового раствора через корковый слой стенки скважины. Проведены исследования по влиянию концентрациимодифицированного полиакриламида и измельченного хлопкового волокна на реологические показатели бурового раствора (статическое напряжение сдвига и условная вязкость). Показано, что введение измельченного хлопкового волокна в состав облегченного бурового раствора, содержащего бентонитовой глину, приводит к повышению вязкости и одновременно снижает водоотдачу, а также способствует образованию качественной корки стенки скважины.

Таким образом, выявлен оптимальный состав раствора, который показал положительные результаты по основным показателям, что, по мнению авторов, будет способствовать снижению объема поглощаемого раствора при бурении нефтегазовых скважин.

Ключевые слова: нефть, буровой раствор, хлопковые волокна, полиакриламид, жирные кислоты, госсиполовая смола, полимерные буровые растворы, каустическая сода, поглащения раствора, снижение поглащении.

POLYMER COMPOSITION TO REDUCE THE ABSORPTION OF DRILLING MUD

N.A. Besbaeva, G.ZH. Bimbetova✉, K.S. Nadirov, M.K. Zhantasov, N.Sh. Otarbaev

M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan,
e-mail: gulmnaz@mail.ru

The absorption of drilling mud during well drilling is associated with the opening of porous or fractured formations. Uptake may be caused by technological reasons or geological conditions of rock occurrence. Geological reasons are the type of absorbing formation, its thickness and depth of occurrence, insufficient rock resistance to hydraulic fracturing, reservoir pressure and characteristics of reservoir fluid, as well as the presence of other concomitant complications (landslides, oil and gas occurrences, overflows of reservoir waters, etc.). The technological reasons are the quantity and quality of drilling mud supplied to the well, the drilling method, the speed of descent operations, and others. This group includes factors such as technical equipment and organization of the drilling process.

The issues of the occurrence and the possibility of reducing the absorption of drilling mud in the well are considered. The existing methods of reducing the absorption of the solution are analyzed and recommendations are formulated for the implementation of successful drilling in complicated conditions.

This article presents the results of studies on the effect of modified polyacrylamide, as well as crushed cotton fiber in various ratios on the properties of drilling mud. These studies were conducted in order to reduce the rate of absorption of drilling mud through the cortical layer of the well wall. Studies have been conducted on the effect of the concentration of modified polyacrylamide and crushed cotton fiber on the rheological parameters of the drilling mud (static shear stress and conditional viscosity). It is shown that the introduction of crushed cotton fiber into the composition of a lightweight drilling mud containing bentonite clay leads to an increase in viscosity and at the same time reduces water loss, as well as contributes to the formation of a high-quality crust of the well wall.

Thus, the optimal composition of the solution was identified, which showed positive results in terms of the main indicators, which, according to the authors, will contribute to reducing the volume of absorbed solution when drilling oil and gas wells.

Keywords: oil; drilling mud; cotton fibers; polyacrylamide; fatty acids; gossypol resin; polymer drilling fluids; caustic soda; absorption of the solution; reduction of absorption.

Кіріспе. Оңтүстік Торғай ойпатының кен орындарында мұнайгаз ұңғымаларын бұрғылаудың дәстүрлі әдістерімен ұңғымадағы қысымның өзі, кейбір жағдайларда қабат қысымынан асып түседі, бұл ұңғымаға қабат сұйықтықтарының түсуін болжайды. Болжамды механизмдердің біріне сәйкес, ұңғымадан бұрғылау ерітіндісінің кетуі оны өткізгіш тау жыныстарға сүзілу нәтижесінде пайда болады, онда бұрғылау ерітіндісінің сұйық компоненті тау жыныстарына сіңеді, ал қатты бөлшектер мен эмульсия тамшылары оқпан қабырғасына жиналып, сүзгі қабықшасын құрайды. Мұндай массаның төмен өткізгіштігі ағып кетудің өте аз мөлшерін қамтамасыз етеді және оның пайда болуы циркуляцияның жоғалуы ретінде қарастырылмайды. Циркуляцияның жоғалуы тау жыныстары жарықшақты, кавернозды немесе өте кеуекті болған жағдайда пайда болады. Содан кейін басқа механизм болған кезде, егер оқпандағы қысым тау жыныстарын жарудағы беріктігінен жоғары болса, жарықшақтар пайда болады. Осы механизмдердің әрқайсысы үшін ерітіндінің үлкен көлемінің сіңірілу аймақтарына кетуі байқалады [1].

Бұрғылау ерітіндісінің қабатқа кетуі бұрғылау шығындары мен тәуекелдерін едәуір арттырады және болашақта одан да үлкен мәселелерге айналу қаупі бар. Өнеркәсіпте осындай қиындықтарды алдын алу және жою үшін ұңғыманың оқпанын нығайту үшін әртүрлі материалдар қолданылады, олар әртүрлі жұмыс принциптеріне ие, бірақ кейбір міндеті жарықшақтардың таралуын тоқтатуға және ұңғымадағы бұрғылау ерітіндісін мүмкіндігінше сақтауға бағытталған [2].

Әр түрлі қарқындылықта немесе бұрғылау ерітіндісінің циркуляциясы толығымен тоқтаған кезде сіңірілудің алдын алу және жоюдың негізгі әдістерін келесі авторлар [3] бірінші ұңғыманың қабырғаларына гидростатикалық және гидродинамикалық қысымды төмендету арқылы қиындықтардың алдын алу, содан соң арнайы цемент ерітінділерімен және пасталармен сіңірілу арналарын бекіту арқылы сіңірілу қабатын ұңғымадан оқшаулау, сонымен бірге, шегендеу тізбегін түсіру арқылы бұрғылау ерітіндісін шығармай бұрғылауды қарастырды. Айта кету керек, ерітіндіні сіңірілумен күресудің ең жақсы құралы - оның алдын алу болып табылады. Отандық және шет елдік бұрғылау компанияларының тәжірибесіне сүйене отырып, бұрғылау ерітіндісінің шығынын азайту үшін бұрғылау ерітіндісінің қасиетін, ең алдымен тығыздығын реттеу; ұңғымада жүргізілетін көтеру-түсіру және басқа технологиялық операциялардың жылдамдығын реттеу (өңдеу жылдамдығы, аралық шаю және т. б.); құбырлар мен ұңғыманың қабырғалары арасындағы оңтайлы саңылауды анықтау, құбыраралық кеңістіктегі құлау қысымын төмендету және ұңғыма оқпанының тарылу мүмкіндігінің төмендеуі; гидравликалық жаруға бейім тау жыныстарының шөгіндісіз бөлігіне ауырлатылған бұрғылау ерітіндісінің әсерін болдырмау мақсатында ұңғыма оқпанының құрылымын өзгерту бойынша ұсыныстар жасалды [3].

Циркуляцияның жоғалуын болдырмау үшін жарықшақтардың өсуіне төзімділікті арттыру әдісі жарықшақтың жоғарғы бөлігін жабу, тығыздау және кесу үшін жаңадан пайда болған немесе бар жарықшаққа сіңірілуге қарсы материалды айдауды қамтиды, бұл қабаттың жарықшақтың таралуына төзімділігін арттырады. Жарықшақтардың өсуін тоқтату циркуляцияның жоғалуын да тоқтатады. Жарықшақтардың өсуіне төзімділікті арттырудың осы әдісін қолдану мұнай негізіндегі бұрғылау ерітіндісінің (МНБЕ) су негізіндегі бұрғылау ерітіндісіне (СНБЕ) қарағанда гидравликалық жару қысымының төмен градиентін тудыратынын түсіндірді. Зақымданбаған ұңғымаларда әртүрлі типтегі және рецептуралық бұрғылау ерітінділерін қолданған кезде

жарықшақтың пайда болу қысымы бірдей болғаны белгілі, бірақ жарықшақтардың таралу сипаты айтарлықтай өзгерді.

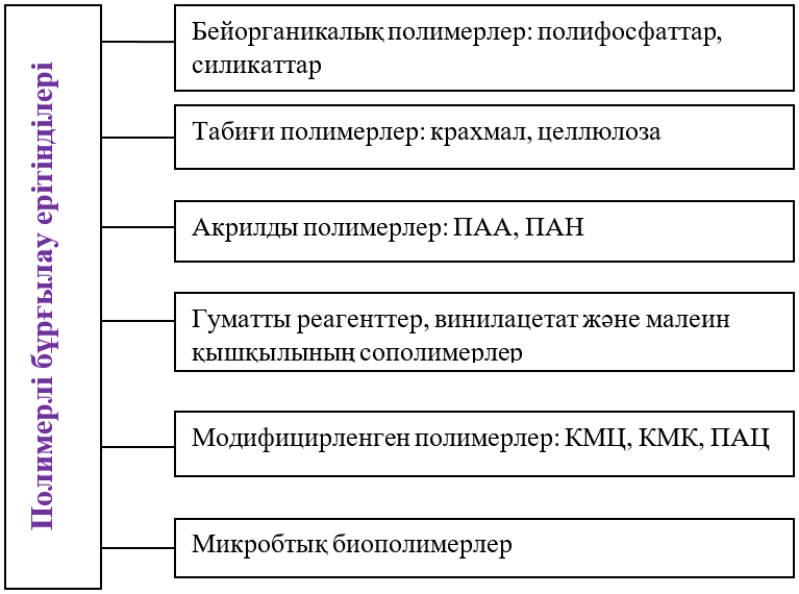
Бұл айырмашылық жарықшақтың соңғы экрандау сияқты құбылыспен түсіндірілді. Жарықшақ өсе бастаған кезде оқпаннан жаңа пайда болған қуысқа бұрғылау ерітіндісінің белгілі бір көлемі бірден кетеді. Егер мұндай бұрғылау ерітіндісінде сіңірілуге қарсы материал болса, онда бұрғылау ерітіндісінің жарықшаққа түсуі онда осы материалдың жиналуына әкеледі, ол жарықшақтың жоғарғы бөлігін кіретін ерітіндінің толық қысымынан оқшаулайды (қорғайды). Сіңірілумен күресу үшін материалдың мұндай жинақталу тәсілі бұрғылау ерітіндісінің түріне байланысты. СНБЕ қолданған жағдайда, жарықшақтың өсуі сіңірілуге қарсы материалдан тығынның пайда болуына әкеледі, ол жарықшақтың жоғарғы бөлігін оқшаулайды және оның одан әрі өсуіне жол бермейді. Сіңірілуге қарсы материалдың СНБЕ қосылуы жалпы жағдайда жарықшақтың таралу қысымының жоғарылауына ықпал етеді: бұрғылау ерітіндісінің қысымы ерітіндінің экрандаушы толтырғыштың тосқауылына еніп, қайтадан жарықшақтың жоғарғы жағына жетуі үшін жеткілікті жоғары болған жағдайда ғана жарықшақ өсе береді. Алайда, бұл орын алған кезде, жарықшақтың өсуі қайтадан басталады және сіңірілуге қарсы материалдың қосымша көлемі қайтадан бітелгенге дейін шыңында жинала бастайды.

Эмульсиялық бұрғылау ерітінділері өткізгіш жыныска ену және жарықшақ қабырғасының ішінде өте тығыз және ультра жұқа сүзгі қабығын жасау үшін су негізіндегі эмульсияланған сұйықтықты пайдаланады. Ерітіндінің қатысуымен жарықшақтың өсуімен кері эмульсия жарықшақтың бетін тез саздайды, бұл сұйықтықтың қабатқа кетуін шектейді. Қатты бөлшектердің өте аз мөлшері ұңғыманың қабырғаларына тұнбаға түседі және экрандаушы толтырғыштан немесе саз қабығынан цементтелген тосқауыл пайда болмайды. Мұндай ерітіндіні қолданған кезде жарықшақтың жоғарғы жағындағы қысым ұңғыманың оқпанындағы қысымға жақын болады, ал СНБЕ қолданған кезде жарықшақтың жоғарғы жағындағы қысым айтарлықтай төмендейді. Осылайша, МНБЕ қолданған кезде жарықтардың таралуы СНБЕ қарағанда оңайырақ. Жарықшақты сенімді тығыздау және оның шыңы арқылы ағып кетуді азайту үшін синтетикалық графит, жержаңғақ қабығы және мұнайға дисперсті целлюлоза бөлшектері сияқты оқпанды қатайтатын материалдар ең тиімді болып саналады. Бұл материалдар бұрғылау ерітіндісінде 43-тен 57 кг/м^3-ге дейінгі концентрацияда болуы керек, олар ұңғыманың жаңа учаскелерін бұрғылау кезінде үздіксіз қорғауды қамтамасыз ету үшін ұңғыма оқпанына үнемі қалпына келтіріліп, қайта енгізіледі [1].

Жұмыс авторлары [4] мұнай және газ ұңғымаларын бұрғылауға арналған аз сазды және полимерлі ерітінділердің термотұзға төзімді құрамдарын әзірлеу және реттеу бойынша ауқымды зерттеулер жүргізілді.

Оңтүстік Торғай ойпатының Қазақстандық кен орындарының ұңғымаларын бұрғылау жағдайында бейорганикалық, органикалық, микробтық, сондай-ақ модификацияланған құрамдар негізінде гель түзетін полимерлі ерітінділер кеңінен қолданылды (1-сурет).

Бұрғылау ерітіндісіне крахмал сияқты табиғи полимерлерді қосу сұйықтықтың жоғалуын болдырмаудың негізгі механизмдерінің бірі болып табылатын реологиялық қасиеттерді өзгертудің бір жолы болып табылады [5]. Әртүрлі кернеулердегі бұрғылау ерітіндісінің әрекетін зерттеу және жақсарту үшін әртүрлі реологиялық модельдер қажет. Осылайша, бір модельді қолдану ұңғымадағы әртүрлі кернеулер мен жағдайларда бұрғылау ерітіндісінің реологиялық қасиеттерін зерттеуге жарамайды. Циркуляцияның жоғалуын болдырмау үшін ең танымал әдіс ретінде крахмалды қолдану ұсынылады, ұңғыманың су бергіштігі крахмалдың көмегімен төмендейді, бұл тұздар мен басқа заттардың айдалатын өнімге енуіне жол бермейді. Сонымен қатар, крахмал тәрізді карбоксиметилцеллюлоза (КМЦ) қолданылады, ол экологиялық таза арзан шикізат болып табылады. КМЦ су бергіштікті төмендету және бұрғылау ерітіндісінің тұтқырлығын арттыру үшін бұрғылау ерітіндісіне қоспа ретінде пайдалану кеңінен қолданылады.



1 - сурет. Полимерлі бұрғылау ерітінділері

Ұңғыманы салу мерзімін қысқарту, қиындықтарды және басқа мәселелерді азайту мәселесін шешу полимердің құрылымына, оның концентрациясына, сонымен бірге, дисперсиялық ортамен және дисперсті фазамен өзара әрекеттесу сипатына байланысты бірқатар физикалық, химиялық құбылыстарға негізделген акрил полимері қоспалары бар полимерлі бұрғылау ерітінділерін қолдануды ұсынды. Мысалы, бұрғыланған тау жыныстарын суды сіңіруді және саз ерітіндісінің тұтқырлығын төмендету үшін полимерлі реагенттер (КМЦ) және натрий органосиликаты ГКЖ-10,11 қоспалары бар рецептураны қолдану ұңғымалардың қабырғаларының жағдайын жақсартуға, ерітіндідегі мұнай құрамын шектеуге және сәйкесінше ұңғымаларды цементтеу сапасын арттыруға мүмкіндік берді [6].

Сіңірілу аймақтарын оқшаулаудың перспективалы бағыттарының бірі полиуретан негізіндегі полимерлі материалдарды пайдалану болып саналады. Құрамына байланысты олар сұйық немесе қатты болуы мүмкін. Сіңірілу аймақтарын жоюға қажетті сипаттамалар гидроактивті көбікті полиуретан полимерінің құрамында болады. Гидроактивті көбікті полиуретан сумен араласқан уақытта қатты күйге өзгеру мүмкіндігімен және көлемінің ұлғаюымен ерекшеленеді. Көбікті полиуретанды өндіруге арналған композицияларда полиэфир компоненті, олигоэфиракрилат және полиизоцианат компоненттері де болады [7]. Полиуретанды көбіктің басқа композициялық материалдарға қарағанда негізгі артықшылықтары оның төмен тұтқырлығы болып табылады, ол әртүрлі мөлшердегі жарықшақтар мен тесіктерге жақсы ену қабілетін, полимер судың құрамы мен мөлшеріне байланысты 12 есеге дейін ұлғаю қабілетін, сондай-ақ оның мұнай өнімдеріне инерттілігін қамтамасыз етеді. Қаптама металы және тау жыныстары сияқты әртүрлі материалдармен жақсы адгезиясы байқалады. Ылғал құммен байланыста полиуретанды көбік жасанды тасты құрайды, қатайған кезде кішіреймейді, жабық кеуекті жүйеге ие болады, бұл оның құрылымына еркін судың енуіне жол бермейді.

Ұңғымаларды салу технологиясының маңызды кезеңі - өнімді қабаттың алғашқы ашылуының тиімділігін, сондай-ақ бұрғылаудың коммерциялық жылдамдығын анықтайтын шаю сұйықтығын дайындау болып есептеледі. Табиғи полисахаридтер (крахмал, ксантан және т.б.) жоғары пайдалану қасиеттеріне байланысты бұрғылау ерітінділері үшін жақсы полимерлі негіз болып саналады. Осы қасиеттерден басқа, табиғи полисахаридтер іс жүзінде қоршаған ортаны ластамайды. Мұнайгаз ұңғымаларын бұрғылау кезінде қолданылатын бұрғылау ерітіндісі көп компонент-

ті және көпфункционалды жүйе болып табылады, оның маңызды сипаттамалары реологиялық және сүзу қасиеттері болып табылады. Бұрғылау ерітінділерінде полимерлерді қолдану сүзудің айтарлықтай төмендеуіне қол жеткізуге мүмкіндік береді (5-6 мл дейін). Сонымен қатар, қолданылатын полимерлер ерітінділерге төмен пластикалық тұтқырлықты, жоғары ығысудың динамикалық кернеуін, сондай-ақ макромолекулалардың құрылымдық ерекшеліктеріне байланысты бұрғылаудың жоғары жылдамдығын және ұңғыма түбі мен оқпанның бұрғыланған тау жыныстардан тиімді тазартуды қамтамасыз ететін құрылымдық сипаттамаларды береді. Полисахаридтердің тез биологиялық деструкцияға қабілетті екендігі маңызды, соның арқасында бұрғылау процесінде пайда болған кольматация қабатын жою мүмкіндігі қамтамасыз етіледі және іс жүзінде өнімді қабаттың коллекторлық қасиеттері толығымен қалпына келтіріледі [8].

Қазіргі таңда, полимерлі қоспалардың арқасында қиындықтардың қарқындылығын төмендетуге мүмкіндік беретін суды ұстап тұру қабілеті жоғары шаю сұйықтықтар қолданылады. Біздің еліміздің оңтүстігінде орналасқан мұнай және газ кен орындарының геологиялық бөлімдерінде ең көп таралған қиындықтар - бұл бұрғылау ерітіндісінің сіңірілуі мөлшерінің жоғары болуы, сазды тау жыныстардың опырылуы, құлауы, ұңғыма оқпанының тұрақтылығының жоғалуы және т. б.

Түптің тереңдігінің өсуімен қабат суларының минералдану дәрежесінің табиғи өсуі байқалады. Кейбір жағдайларда минералдану дәрежесі біршама төмендейді, бұл қалыптан тыс төмен қабаттық қысым (ҚТТҚҚ) аймақтарында жиі кездеседі. Мұндай жағдайларда полимерлі шаю сұйықтықтарын қолдану өте күрделі. Сондықтан, тау жыныстарын бұрғылау үшін (гельге ұқсас консистенциясы бар өте қаныққан тұз ерітіндісі), сонымен бірге қалыптан тыс төмен қабат қысымы бар өнімді қабаттарды ашу үшін арнайы ыстыққа төзімді тиімді шаю сұйықтықтарын жасау қажет. Біздің елімізде және шетелде бұл үшін суда еритін полимерлі қоспа ретінде акрил полимерлері кеңінен қолданылады.

Жоғарыда келтірілген деректер жергілікті шикізат негізінде шаю сұйықтықтардың жаңа тиімді құрамдарын алу технологиясын әзірлеу мәселесіне жаңа шешімдер қажет екенін көрсетеді. Бұрғылау шаю сұйықтықтары ерітіндіге тұтастай тұрақтылық, судың төмен шығуы, жеткілікті тұтқырлық беретін қасиеттерге ие болуы керек. Бұл функциялар бұрғылау ерітіндісіне полимерлермен мақсатты модификациялау арқылы май қышқылдарының вакуумдық дистилляциясының сабындалған жартылай ұнтақтарын береді [9].

Бұл жұмыстың мақсаты мұнайгаз ұңғымаларын бұрғылау үшін берілген функционалдық қасиеттері бар ерітіндінің құрамын алу болып табылады. Бұрғылау кезінде ұңғыманы шаю үшін қолданылатын ерітінді белгілі бір тығыздығы мен тұтқырлығы бар жеңілдетілген болуы керек. Алынған ерітінді ұңғыма қабырғасы қабықшасының қажетті қалыңдығын және ерітіндінің тиімді циркуляциясын, сонымен қатар мұнайгаз ұңғымаларын бұрғылау кезінде бұрғылау ерітіндісінің сіңірілу жылдамдығын төмендетуді қамтамасыз ететіндігімен ерекшеленеді. Сазды ерітінді рецептурасына полиакриламидпен модификацияланған дистилденген май қышқылының сабындалған гудроны (госсипол шайыры) және ұсақталған мақта талшығы қосылады.

Материалдар мен әдістер. Сазды бұрғылау ерітіндісінің негізгі ингредиенті-бентонит. Табиғи саз минералы (саз ұнтағы) сумен қанықкан кезде шамамен 15 есеге ісінеді. Осылайша гель тәрізді тығыз масса пайда болады. Түркістан облысы, Дарбаза кен орнының жергілікті шикізаты - бентонит бұрғылау шаю сұйықтығына едәуір қолайлы құрылым түзуші қоспа болып табылады, өйткені оның қасиеттері модификацияланған полимерлі қоспалармен жақсартылады.

М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің ғалымдары 15 жыл бойы жергілікті шикізат көздері негізінде көпфункционалды бұрғылау шаю сұйықтықтарын алу үшін материалдарды іріктеу бойынша жүйелі зерттеулер жүргізуде [10,11]. Алайда, алынған композициялар басқа мақсатта алынды, жалпы жұмыстар негізінен ауырлатылған шаю сұйықтықтарын алуға бағытталған еді.

Модификацияланған ерітіндінің құрамы: полиакриламидке негізделген модификацияланған полимерлі қоспа (МПАА); бентонит сазы (БС); ұсақталған мақта талшығы (ҰМТ); кальцинирленген сода Na_2CO_3; қалғаны - су.

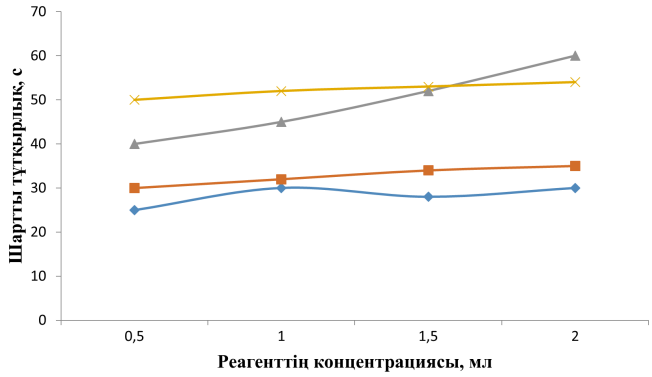
Бұл жұмыста госсипол шайырының май қышқылдарының тұздары мен полиакриламид қосылған аз сазды ерітінділер алынды, алынған ерітінді тау жыныстарына енген кезде ісінеді, осылайша бұрғылау ерітіндісінің сіңірілу жылдамдығын төмендетеді. Бентонит - ерітіндідегі құрылым түзуші ингредиент. Ұсақталған мақта талшығы ұңғыма қабырғасында сапалы қабықшаны қамтамасыз ететін функцияны орындайды, осылайша бұрғылау кезінде цтркуляциядағы сұйықтықтың сіңірілу жылдамдығының төмендеуін қамтамасыз етеді. Кальций иондарының құрамын реттеу үшін кальцинирленген сода енгізіледі.

Полиакриламид, май қышқылдарының тұздары және госсиполаттар бірге кешенді реагент түзеді.Түзілген кешенді реагент ерітінді циркуляциясы мен тау жыныстарына ену кезінде ерітіндінің тау жынысы арқылы өту жылдамдығын төмендетуге және сол арқылы ерітіндінің сіңірілу көлемін төмендетуге ықпал етеді.

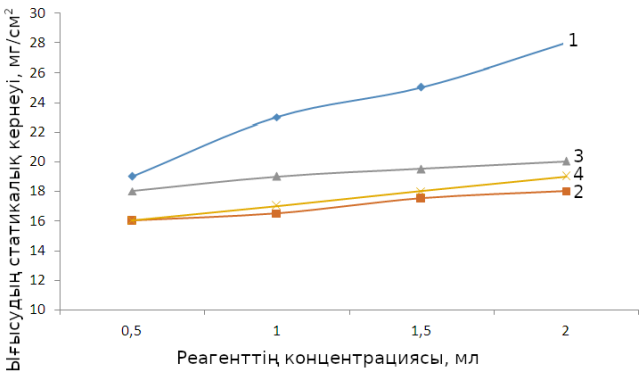
Бұрғылау ерітіндісі циркуляцияға түскен сайын ұсақталған мақта талшығы ұңғыманың қабырқшалы қабатында жартылай шөгеді. Сондықтан, бұрғылау ерітіндісін талшық қосу барысында бастапқы концентрацияға жеткізу арқылы енгізу керек. Яғни, модификацияланған полиакриламид пен бентонит сазы бар ерітіндіге түзету жүргізіледі. Сабындалған фракция (май қышқылдарының тұздары және госсиполаттар) полиакриламидпен бірге тұрақтылықты қамтамасыз етеді және ерітіндіге қосымша коррозияға қарсы майлағыштық қасиеттерін береді.

Нәтижелер және талқылау. Ұсынылған ерітінді құрамының тиімділігі технологиялық көрсеткіштер бойынша бағаланды: тығыздық (p, г/см^3); шартты тұтқырлық ВУ,T_{500}, с; су бергіштік, (сүзу см^3/30 мин); саз қабығының қалыңдығы ($T_к$, мм); ығысудың статикалық кернеуі (ЫСК, Па).

Төмендегі 1-ші кестеде берілген бұрғылау ерітіндісінің рецептурасы бойынша, яғни дистилденген май қышқылының (госсипол шайырының) сабындалған гудронымен модификацияланған полиакриламид полимері және ұсақталған мақта талшығы негізіндегі сазды бұрғылау ерітінділерінің концентрациясына ығысудың статикалық кернеуі мен шартты тұтқырлық мәндерінің тәуелділіктері 2 және 3-суреттерде көрсетілген.



2 - сурет. Бұрғылау ерітіндісінің шартты тұтқырлығының құрам компоненттерінің концентрациясына тәуелділігі



3 - сурет. Бұрғылау ерітіндісінің ығысуының статикалық кернеуінің құрам компоненттерінің концентрациясына тәуелділігі

Жоғарыда келтірілген тәуелділіктердің деректері зерттелетін жаңа реагенттің концентрациясынан саз ерітінділерінің ығысу статикалық кернеуі мен шартты тұтқырлығының өзгеруі ісжүзінде сызықтық тәуелділікке ие екенін көрсетеді.

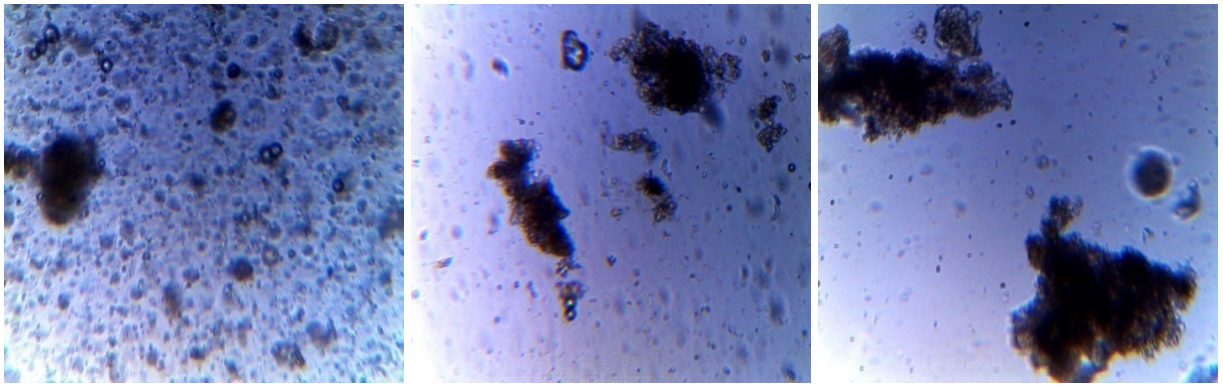
Айта кету керек, ұңғымаларды 800-1600 м ара-

лықта бұрғылау кезінде жоғарғы бөлігінде негізінен құмтастар басым болады, ал 1200 метрден бастап сұр саздар, слюда, әртүрлі дәрежеде алеврит, кей жерлерде опокоидты, сонымен қатар сидерит басым болады.

Бентонит сазының құрамын 10% - ға дейін арттыру тұтқырлықтың жоғарылауына себеп болады және судың бергіштігін төмендетеді, сонымен қатар ұңғыма қабырғасының сапалы қабықшасының пайда болуына ықпал етеді. Ығысудың статикалық кернеуі бұрғыланған тау жынысын бұрғылау ерітіндіде ұстау үшін қажет талаптарға сәйкес келеді (3-сурет, 2-қисық). Жоғарыда келтірілген композициялардың ішінен біз № 2 оңтайлы ерітінді ретінде таңдадық (1-кесте), ол негізгі көрсеткіштер бойынша оң нәтиже көрсетті.

1 - кесте. Бұрғылау ерітіндісінің технологиялық көрсеткіштері

Бұрғылау ерітіндісінің құрамы, мл	тығыздық, ϱ, кг/м^3	Шартты тұтқырлық, с	Сүзу, см^3/30мин	ЫСК мг /см^2
№1. БС– 6, ҰМТ – 4, МПАА-0,5, су	1100	25-30	6,0-6,5	3-4/19-28
№2. БС–4, ҰМТ –2, МПАА-0,8, су	1050	30-35	3,7-4,8	2-3/16-18
№3. БС-10, ҰМТ –5,МПАА-1,0, су	1150	40-62	4,2-5,4	3-4/18-20
№4. БС– 8, ҰМТ –2, МПАА-1,0, су	1200	50-54	4,0-5,0	5-6/16-19



а) МПАА -0,5 мл б) МПАА-1 мл в) МПАА-1,5 мл

4 - сурет. Модификацияланған полимерлі реагенттің микросуреттері

Ұсынылған бұрғылау ерітіндісінің №2 оңтайлы ерітіндісі ұңғыма қабырғасының қабықшасының сапасын қамтамасыз етеді, яғни бұрғылау ерітіндісінің сіңірілуін төмендетеді, сонымен қатар су бергіштігін, тұрақты тұтқырлық мәндерін және ығысудың статикалық кернеуін төмендетеді. Айта кету керек, 1-кестеде келтірілген бұрғылау ерітінділерінің құрамын шартты деп айтуға болады, өйткені ұңғыманың келесі аймағына өту кезінде, яғни кондуктор, құрылым түзушіден басқа қосымша химиялық реагенттер енгізіледі. Міндетті түрде беттік-активті заттарды, майлағыш қоспаларын, КМЦ сүзілу төмендеткішін және т. б. енгізу болып табылады.

Көрсету қабілеті 1х500 болатын жарық микроскопын қолдана отырып, полимерлі реагенттің

құрылымдық зерттеулерінің нәтижелері келтірілді. Дистилденген май қышқылының (госсипол шайырының) сабындалған гудронымен модификацияланған полиакриламид қоспасынан тұратын полимерлі реагенттің сазды ерітіндісіне оптикалық зерттеулер жүргізілді (4-сурет).

Жарық микроскопының көмегімен жүргізілген микроскопиялық зерттеулер, үлгілер құрылымының келесі ерекшеліктерін анықтады. Жоғарыда берілген микросуретте (4а-сурет) модификацияланған полимерлі реагенттің ұсақ бөлшектері мен пішінсіз қосындылары бар полимерлі құрылым көрінеді. Қызығушылық тудыратыны, 4б-суретте еритін бөлшектерден, орташа пішінсіз аймақтардан тұратын әртүрлі полимерлі құрылым айқын байқалуы болды.4в суретте еритін бөлшектерден, көптеген үлкен пішінсіз аймақтардан тұратын әртүрлі полимерлі құрылым айқын байқалды.

Бұрғылау ерітіндісіндегі модификацияланған полимердің көмірсутектермен және тау жыныстарымен өзара әрекеттесуі нәтижесінде молекулааралық күштер, қатты бөлшектер – су жүйесіндегі өзара әрекеттесу пайда болады деп болжанады.

Алынған нәтижелер құрам түрінің, құрылымының, химиялық табиғаттының, ингредиенттердің арақатынасының және олардың өзара әрекеттесу механизмінің әсер ету заңдылықтарын анықтаудан тұратын практикалық маңыздылыққа ие. Минералды және органикалық ингредиенттерді біріктіретін композициялық химиялық реагенттерді құрудың негізгі физика-химиялық және технологиялық ғылыми негіздері белгіленді.

Қорытынды. Осылайша, жергілікті шикізат негізінде модификацияланған полимерлі реагенттің композициялық химиялық реагенттерін қолдану ұңғымаларды бұрғылау процесінде бұрғылау ерітіндісінің тұрақтылығын арттырады. Суда жақсы еру қабілетіне байланысты полимерлі компоненттер сабындалған шайырдың май қышқылдары мен ұсақталған мақта талшығының құрамына байланысты бұрғылау ерітіндісінің құрылымын нығайтуды қамтамасыз етеді. Алынған құрам бұрғылау ерітіндісінің ығысуының статикалық кернеуіне, шартты тұтқырлығына және майлауыш қасиеттеріне әсерін береді, бұл сөзсіз тау жыныстарын бұзатын құралдың (қашаудың) қызмет ету мерзімін ұзартады. Сонымен бірге су бергіштік коэффициентін төмендетуге және ұңғыма қабырғасында пайда болған қабықшаның сапасын арттыруға, бұрғылау ерітіндісін тұрақтандыруға ықпал етеді.

Қаржыландыру: бұл зерттеулер Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетінің (BR24992809) қолдауымен жүргізілді.

Әдебиеттер

1. Каукенова А.С. Перспективы нефтегазоносности в Южно-Торгайском бассейне //Геология и разведка месторождений углеводородов.-2020.-Vol.(3).-С.38-45. DOI 10.32454/0016-7762-2020-63-3-38-45

2. Конесев Г.В., Аксенова Н.А., Овчинников В.П. Технология бурения нефтяных и газовых скважин. В 5 томах. Т.2 : учебник для студентов вузов. -Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2017. -560 с. ISBN 978-5-9961-1330-9

3. Рябов Н.И. Методы предупреждения и ликвидации поглощений бурового раствора при бурении нефтяных и газовых скважин. Самара, 2003. – 64 с.

4. Ишмухамедова Н.К. Разработка и регулирование термосолеустойчивых составов малоглинистых и полимерных растворов для бурения нефтяных и газовых скважин: 25.00.15 «Технология бурения и освоения скважин»: автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Ишмухамедова Насима Кенжебаевна; Атырауский институт нефти и газа. – Атырау, 2010. с.37-44.

5. RyenCaenn, George R., in Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids (Seventh Edition).2015,7(2), 63–29. ISBN 9780123838599

6. Alaskar MN, Ames MF, Connor ST, Liu C, Cui Y, Li K, et al. Nanoparticle and microparticle flow in porous and fractured media-an experimental study // SPEJ. -2012. –Vol.17(4). –P.1160-1171. DOI 10.2118/146752-pa.

7. Мартынов Н.Н., Заливин В.Г. Технология ликвидации поглощений бурового раствора при бурении в интервалах трапповых интрузий // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. -2018. –Vol.41(4). -С.107–117. DOI 10.21285/2541-9455-2018-41-4-107-117

8. Минибаев В.В., Ильин И.А., Пестерев С.В. Эффективность полисахаридных реагентов в буровых растворах различной степени минерализации среды // Бурение и нефть. – 2009. – № 10. – С.44-46.

9. Умедов Ш. Х. Разработка эффективных составов промывочных жидкостей для борьбы с осложнениями при бурении нефтяных и газовых скважин: дисс. ... доктора технических наук, 05.15.10 – Технология бурения и освоения скважин. Ташкент – 2017. -213 с.

10. Надиров К.С., Бимбетова Г.Ж., Сакибаева С.А., Тасанбаева Н.Е., Тортбаева Д.Р. Стабилизатор буровых растворов // Нефть и газ. -2007. -№3. -С.26-29.

11. Патент 27482 РК, МПК С09К 8/34 (2006.01) Модифицированный буровой раствор /Бондаренко В.П, Надиров К.С., Бимбетова Г.Ж. [и др.]. -№ 2012/1022.1; заявл.05.10.2012; опубл.15.10.2013; Бюл. №10.

References

1. Kaukenova A.S. Perspektivy neftegazonosnosti v Juzhno-Torgajskom bassejne // Proceedings of Higher Educational Establishments: Geology and Exploration. – 2020. –Vol. (3). -C.38-45. DOI 10.32454/0016-7762-2020-63-3-38-45 [in Russian]

2. Konesev G.V., Aksenova N.A., Ovchinnikov V.P. Tehnologija burenija neftjanyh i gazovyh skvazhin. V 5 tomah. T.2 : uchebnik dlja studentov vuzov. -Tjumen': Tjumenskij industrial' nyj universitet, 2017. -560 c. ISBN 978-5-9961-1330-9 [in Russian]

3. Rjabov N.I. Metody preduprezhdenija i likvidacii pogloshhenij burovogo rastvora pri burenii neftjanyh i gazovyh skvazhin. Samara, 2003. – 64 s. [in Russian]

4. Ishmuhamedova N.K. Razrabotka i regulirovanie termosoleustojchivyh sostavov maloglinistyh i polimernyh rastvorov dlja burenija neftjanyh i gazovyh skvazhin: 25.00.15 «Tehnologija burenija i osvoenija skvazhin»: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni doktora tehnicheskih nauk / Ishmuhamedova Nasima Kenzhebaevna; Atyrauskij institut nefti i gaza. – Atyrau, 2010. s.37-44. [in Russian]

5. RyenCaenn, George R., in Composition and Properties of Drilling and Completion Fluids (Seventh Edition).2015,7(2), 63–29. ISBN 9780123838599

6. Alaskar MN, Ames MF, Connor ST, Liu C, Cui Y, Li K, et al. Nanoparticle and microparticle flow in porous and fractured media-an experimental study // SPEJ. -2012. –Vol.17(4). –P.1160-1171. DOI 10.2118/146752-pa.

7. Martynov N.N., Zalivin V.G. Tehnologija likvidacii pogloshhenij burovogo rastvora pri burenii v intervalah trappovyh intruzij // Izvestija Sibirskogo otdelenija Sekcii nauk o Zemle Rossijskoj akademii estestvennyh nauk. Geologija, razvedka i razrabotka mestorozhdenij poleznyh iskopaemyh. -2018. –Vol.41(4). -C.107–117. DOI 10.21285/2541-9455-2018-41-4-107-117 [in Russian]

8. Minibaev V.V., Il' in I.A., Pesterev S.V. Jeffektivnost' polisaharidnyh reagentov v burovyh rastvorah razlichnoj stepeni mineralizacii sredy // Burenie i neft'. – 2009. – № 10. – C.44-46. [in Russian]

9. Umedov Sh. H. Razrabotka jeffektivnyh sostavov promyvochnyh zhidkostej dlja bor' by s oslozhnenijami pri burenii neftjanyh i gazovyh skvazhin: diss. ... doktora tehnicheskih nauk, 05.15.10 – Tehnologija burenija i osvoenija skvazhin. Tashkent – 2017. -213 s. [in Russian]

10. Nadirov K.S., Bimbetova G.Zh., Sakibaeva S.A., Tasanbaeva N.E., Tortbaeva D.R. Stabilizator burovyh rastvorov // Neft' i gaz. -2007. -№3. -C.26-29. [in Russian]

11. Patent 27482 RK, MPK S09K 8/34 (2006.01) Modificirovannyj burovoj rastvor /Bondarenko V.P, Nadirov K.S., Bimbetova G.Zh. [i dr.]. -№ 2012/1022.1; zajavl.05.10.2012; opubl.15.10.2013; Bjul. №10. [in Russian]

Авторлар туралы мәліметтер

Бесбаева Н.А. - PhD докторанты,М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан, e-mail: besbaeva.nursulu@mail.ru;

Бимбетова Г.Ж. - техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан, e-mail: gulmnaz@mail.ru;

Надиров К.С. - химия ғылымдарының докторы, профессор,М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан, e-mail: nadirovkazim@mail.ru;

Жантасов М.Қ. - техника ғылымдарының кандидаты, профессор, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан, e-mail: manapjan_80@mail.ru;

Отарбаев Н.Ш. - PhD, аға оқытушы, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан, e-mail: otarbaevn@mail.ru

Information about the authors

Besbaeva N.A. - PhD doctoral student, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: besbaeva.nursulu@mail.ru;

Bimbetova G.Zh. - Candidate of technical Sciences, Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail gulmnaz@mail.ru;:

Nadirov K.S. - Doctor of chemical Sciences, Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: nadirovkazim@mail.ru;

Zhatasov M.K. - Candidate of technical Sciences, Professor, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: manapjan_80@mail.ru;

Otarbaev N.Sh. - PhD, senior lecturer, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: otarbaevn@mail.ru

IRSTI 52.35.29 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-895**

THE IMPORTANCE OF THE GAS FACTOR IN THE OCCURRENCE OF SUDDEN OUTBURST OF COAL AND GAS

[1]A.D. Shontayev, [2]T.V. Demina, [1]D.S. Shontaev, [3]V.F. Demin, [3]D.D. Meiram

[1]Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan,
[2]Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russian Federation,
[3]Saginov Technical University, Karagandy, Kazakhstan

Corresponding-author: diana_meiram@mail.ru

The article examines the role of methane contained in coal in the mechanism of sudden outburst, because practice shows that the amount of methane released per ton of coal released into mining is several times and even tens of times higher than the natural gas content of the coal seam. Establishing the causes of sudden outbursts is necessary to reduce the risk of outbursts by influencing the stress state of a gas-saturated coal seam.

Keywords: sudden outburst of coal and gas, outburst hazard, gas content, gas release, gas saturation.

КӨМІР МЕН ГАЗДЫҢ КЕНЕТТЕН ШЫҒАРЫЛУЫНЫҢ ПАЙДА БОЛУЫНДАҒЫ ГАЗ ФАКТОРЫНЫҢ МАҢЫЗЫ

[1]А.Д. Шонтаев, [2]Т.В. Демина, [1]Д.С. Шонтаев, [3]В.Ф. Демин, [3]Д.Д. Мейрам

[1]Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан,
[2]Орал мемлекеттік тау-кен университеті, Екатеринбург, Ресей Федерациясы,
[3]Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті, Қарағанды, Қазақстан,
e-mail: diana_meiram@mail.ru

Мақалада көмірдегі метанның кенеттен шығарылу механизміндегі рөлі қарастырылады, өйткені тәжірибе көрсеткендей, тау-кен қазбаға шығарылған көмірдің тоннасына бөлінетін метанның мөлшері көмір қабатының табиғи газдылығынан бірнеше есе, тіпті ондаған есе көп. Кенеттен шығарындылардың пайда болу себептерін анықтау газға қаныққан көмір қабатының кернеулі күйіне әсер ету арқылы шығарындылар қаупін азайту үшін қажет.

Туйін сөздер: көмір мен газдың кенеттен шығарылуы, шығарылу қаупі, газдылығы, газдың бөлінуі, газдың қанығуы.

ЗНАЧЕНИЕ ГАЗОВОГО ФАКТОРА В ВОЗНИКНОВЕНИИ ВНЕЗАПНОГО ВЫБРОСА УГЛЯ И ГАЗА

[1]А.Д. Шонтаев, [2]Т.В. Демина, [1]Д.С. Шонтаев, [3]В.Ф. Демин, [3]Д.Д. Мейрам

[1]Казахский университет технологии и бизнеса имени К.Кулажанова, Астана, Казахстан,
[2]Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Российская Федерация,
[3]Карагандинский технический университет имени А.Сагинова, Караганды, Казахстан,
e-mail: diana_meiram@mail.ru

В статье рассматривается роль содержащегося в угле метана в механизме возникновения внезапного выброса, потому как практика показывает, что количество выделившегося метана на тонну выброшенного в горную выработку угля в разы и даже десятки раз превышает природную газоносность угольного пласта. Установление причин проявления внезапных выбросов необходимо для снижения выбросоопасности путём воздействия на напряжённое состояние газонасыщенного угольного пласта.

Ключевые слова: внезапный выброс угля и газа, выбросоопасность, газоносность, газовыделение, газонасыщение.

Introduction. Although various technical measures have been developed to prevent sudden coal and gas outbursts, many remain insufficiently effective. Causes include poor understanding of seam structure, gas behavior, and cost-related limitations. Accurate prediction of hazardous areas, particularly in geologically disturbed zones, remains essential.

Methane emissions in coal mines have extremely negative social, technological, economic, and environmental impacts, as they increase the risk of methane-air mixture accumulation and explosions in both ventilated and unventilated workings. Such incidents often result in mass injuries and fatalities, as well as the destruction of mine support structures.

A global chronology of methane explosions with large numbers of fatalities is presented in Table 1.

Table 1 - Methane Explosions with Fatalities in Coal Mines (1962–2023)

Year	Country	Mine	Fatalities
1962	Germany	Luisenthal	299
1969	Mexico	Barroteran	300
1972	Rhodesia	Wankie	400
1975	India	Dhanbad	431
1979	Kazakhstan	Sokurskaya	72
1987	Ukraine	Chaykino	36
1990	Yugoslavia	Dobrinja	180
1992	Ukraine	Sukhodolska-Vostochnaya	63
1997	Russia	Zyryanovskaya	67
1997	Turkey	Armutcuk	217
2006	Kazakhstan	Lenin Mine (Shakhtinsk)	41
2007	Ukraine	AF Zasyadko Mine	106
2010	New Zealand	Pike River	29
2010	Russia	Raspadskaya	91
2013	China	Binxian	28
2014	Turkey	Soma	301
2015	Pakistan	Orakzai	45
2016	China	Chifeng	32
2020	China	Chongqing	23
2021	Kazakhstan	Abayskaya (Abay)	6
2022	Russia	Listvyazhnaya	51
2023	Kazakhstan	Kostyanko (Karaganda)	46

Currently, although various technical and technological measures have been developed to prevent the occurrence of sudden coal and gas outbursts, most of them have a number of shortcomings and are generally characterized by insufficient efficiency. The reasons for these

shortcomings are related both to the lack of information about the conditions of coal seams and the lack of knowledge about the nature of sudden outbursts themselves, as well as to the high complexity of implementation and high costs of the measures taken.

To ensure the safety of mining operations in coal seams that are dangerous and threatened by sudden coal and gas outbursts, it is necessary to predict the places of their possible occurrence (hazardous areas). Sudden coal and gas outbursts tend to occur in areas of geological disturbance. Of the 60 cases of sudden releases in the Karaganda coal basin, 23 were associated with fractured faults of the upwash type, 19 - with zones of small tectonic disturbances, 10 outbursts occurred in the zone of seam thickness changes (thinning or inflating), and 1 - in the zone of a sharp change in the seam hypsometry. The gas content of hazardous seams at the depth of coal and gas outbursts varies from 10.7 to 22.1 m^3/ t [1].

Therefore, in order to improve blowout prevention measures, it became necessary to conduct additional studies on the dynamics of gas release processes from rock massifs, to establish the regularities of the influence of gas factor on the nature of unloading ahead of the front of the advance of preparatory faces, in addition to a number of scientific publications available to the authors on this issue [2-4].

The sudden coal and gas outbursts that occurred at the mines of the Karaganda coal basin indicate that during their implementation, the amount of methane released per ton of coal released into production is several times and tens of times higher than the natural gas content of the coal seam. For example, the minimum value of gas release during outbursts (33.3 m^3/t) was recorded at the 3-bis mine, and the maximum value (859.4 m^3/t) was recorded at the Lenin mine. Of course, there is a question about the origin of the additional amount of methane released during outbursts. To get an answer to this question, it is necessary to know about the possible states of methane in coal and methods for determining the gas capacity of coal, on the basis of which the natural gas content of the seam can be determined.

Methane exists in coal in free, adsorbed, and absorbed states [5]. Absorbed methane plays a key role in outburst events. Zhekamukhov et al. [6] demonstrated that up to 90% of methane is retained in absorbed form. International research confirms that gas desorption and sudden decompression are major outburst triggers [10–13]. Studies in the Karaganda basin show that geological faults and seam anomalies significantly increase risk [1–3].

Research into the role of methane in sudden coal and gas outbursts has evolved significantly over the past decades, integrating geological, geomechanical, and thermodynamic perspectives. Early studies in the Soviet Union [5] and later international efforts [7] established that methane exists in coal in three states: free, adsorbed, and absorbed, each playing distinct roles in the accumulation and rapid release of gas during mining operations.

Methane States and Sorption Properties. Methane content in coal seams, or gas capacity, is a critical parameter affecting outburst hazard. As documented by Zhekamukhov et al. [6], the dominant portion of methane is retained in sorbed form, with up to 90% being absorbed into the coal matrix. This absorbed gas can transition into free gas under sudden decompression, making coal seams inherently unstable when disturbed.

Experimental studies (e.g., Yu et al., 2014) have shown that coal porosity and microfractures significantly enhance gas diffusion and desorption. Moreover, sorption capacity increases under pressure, and standard lab-based gas capacity measurements often underestimate real in-situ conditions due to the inability to reproduce underground stress states [6].

Geological Preconditions for Outbursts. Outburst events are strongly associated with tectonic disturbances, seam thickness variations, and fault zones, as shown in cataloged incidents from the Karaganda coal basin [1]. Approximately 70% of such events occurred in areas of structural instability, confirming findings by Tsai and Shontayev [2], who emphasized the need for continuous geomechanical monitoring and predictive modeling of hazardous zones.

International Research and Predictive Modelling.

Modern approaches employ numerical simulation of coal-gas systems (e.g., COMSOL, FLAC3D) to model stress redistribution and gas pressure evolution. Studies by Zhang et al. (2020) and Liu et al. (2018) demonstrated that gas desorption-induced softening and pore pressure changes are key triggers of instability in coal seams under mining stress.

According to Wang et al. (2016), the Rebinder effect—the weakening of coal under sorption-induced molecular interactions—further reduces tensile strength, making it susceptible to fragmentation under low pressure gradients. This aligns with the activation-energy-based fracture models used in the present study [7, 8].

Karaganda Basin in Global Context. The Karaganda coal basin has been recognized as one of the most methane-rich basins worldwide, with reserves exceeding 4.0 trillion m^3 and seam gas content reaching 25–40 m^3/t, according to Drizhd et al. [14, 15]. The relevance of degasification strategies used in the U.S. (e.g., Powder River Basin), Australia (e.g., Bowen Basin), and China (e.g., Qinshui Basin) are highly transferable to Kazakhstan' s context, as they rely on pre-mining drainage, multi-seam hydraulic fracturing, and in-situ monitoring networks.

Materials and methods. The study is based on analytical modeling of gas release mechanisms, fracture strength of coal, and sorption characteristics. Methane capacity is measured under laboratory and simulated field conditions. Strength models incorporate activation energy and pore-related weakening (Rebinder effect).

Methane in coal can be in a free state in cracks and pores, and sorbed. The latter is understood as an adsorbed gas (condensed on the surface of a solid substance of coal) and absorbed (as a solid solution in coal). In the case of absorption, the concept of "solid solution of embedding" is applicable to the methane-coal system, and the gas molecules embedded in the volume do not occupy voids in the crystal lattice, but vacancies in the solid. It is important to note that gas absorption increases the volume of coal, which undoubtedly leads to a decrease in its mechanical strength. When the equilibrium between different forms of methane state is disturbed, free gas is released in coal first, then adsorbed and finally absorbed. It is considered [5] that the share of gas in the free and adsorbed states is not more than 10% of the total methane content in the outburst-hazardous formations, and the main role in unleashing the release is assigned to gas in dissolved form.

The gas capacity of coals is determined in the laboratory by their sorption capacity. The natural gas content of coals of the Karaganda basin at the depth of outburst occurrence is in the range of 10.7-22.1 m^3/t. One gets the impression that coal seams contain more methane than can be "driven" into it in the laboratory, where gas absorption occurs only due to physical adsorption. Therefore, the determination of the natural gas content of coals according to existing methods does not reflect the real methane content in them, since it is impossible to change the volume of ultrapores and the sorption capacity of coals under laboratory conditions under the influence of mechanical pressure [6].

Based on the above, it follows that in order to understand the nature of sudden coal and gas outbursts, first of all, it is necessary to determine the conditions under which sorbed methane rapidly transitions from a supersaturated metastable state to a gas state in coal seams. Most researchers believe that the main factors of sudden methane outbursts are the stress state in the gas-saturated seam and the rapid discharge of these stresses, and coal crushing is the primary factor causing gas release. The stressed state of a gas-saturated coal seam is caused by the action of gravitational forces and the presence of sorbed methane in the coal. Under certain conditions, the potential of the gas-coal system reaches its maximum and becomes extremely unstable due-to the supersaturation of coal with dissolved gases, which can lead to a sudden outburst of coal and gas.

Outlier zones of the formation differ from non-outlier ones by the possibility of rapid transition of dissolved gases from supersaturated solution to free gas, and they are usually confined to areas of the formation with tectonically disturbed coal. However, the reasons for the relationship of such coal with intensive methane release and the mechanism of

release of gas absorbed in coal are not explained.

It was noted in [6] that intensive methane release is possible only if coal unloading is accompanied by its dispersion, the only mechanism of which is the explosion of gas bubbles embedded in the coal structure. When the formation is unloaded, gas bubbles located near pores or microcracks break the coal partition of the order of 10^{-3} cm in size, and gas release from the volume of crushed coal will occur in the order of 0.01-0.1 s. The condition for breaking the coal shell is reduced to the inequality:

$$p_s^* - p^2 \geq \alpha\sigma_k, \tag{1}$$

where p_s^* – initial gas pressure inside the bubbles, approximately equal to the rock pressure;

p^2 – pressure of the mixture of gas and coal particles;

σ_k – ultimate tensile strength of coal;

$$\alpha = \frac{1}{2}\left[\left(\sqrt[3]{\frac{4\pi}{3f_0}} - 1\right)^3\right] - 1, \tag{2}$$

where f_0 - porosity of coal.

Analysis of formulas (1) and (2) shows that an increase in porosity leads to a significant decrease in the critical values of rock pressure, at which a sudden outburst of coal and gas is possible. However, it is not clear, what the ultimate tensile strength is. If it is determined by standard laboratory tests, then its numerical value already takes porosity into account. The scale factor is also important in determining σ_k. On rock samples, their strength is significantly affected by structural defects (usually microcracks, pores commensurate with the size of the grains composing the rock). With a decrease in the size of coal to 10^{-3} cm, their strength will undoubtedly increase, since smaller defects will participate in the overvoltage of elementary bonds.

It is known [7] that the strength of a solid body can be represented as

$$\sigma = \frac{U_0'' - kT\ln\frac{\tau}{\tau_0}}{\gamma} \tag{3}$$

Where U_0'' – initial activation energy of destruction;

k – the Boltzmann constant;

T – absolute temperature of the test material;

τ – time to destruction of a solid (durability);

τ_0 – oscillation period of an atom in the crystal lattice;

$\gamma = q_{\text{str}}V_a$ – coefficient of the solid body structure;

q_{str} – coefficient that takes into account the overvoltage of elementary bonds due to the presence of structural defects in a solid (microcracks, pores, dislocations, etc.);

V_a – activation volume.

Let us consider the strength of coal in relation to particles of size 10^{-3} cm, which corresponds more to the mesoscopic level with a linear size of dislocation substructures $l \approx 0.01$–10 microns and is characterized by collective movement of dislocation structures. For gas-saturated coal, it is necessary to take into account the phenomenon of adsorption decrease in strength (Rebinder effect). It is caused by proppant pressure caused by sorption forces, i.e., forces of interaction between methane molecules and the coal surface. This circumstance can be taken into account by introducing an additional coefficient γ into the formula for finding the structure coefficient q_g, which takes into account the overvoltage of elementary bonds due to the proppant action of gas molecules. At the same time, the natural disturbance of fossil coals is the main factor in the softening effect of gas on coal.

Results and discussion. It was found [6] that during degassing of disturbed coals, their strength increases by $30 - 45\%$, therefore, the numerical value of q_g can be assumed to be $1.30 - 1.45$, so given $\sigma = \sigma_k$, equality (3) can be represented as

$$p_s^* - p_2 \geq \frac{U_0 - kT\ln\frac{\tau}{\tau_0}}{q_{str}\,q_g\,V_a} = A, \tag{4}$$

Determine the value of A by taking $U_0 = 0.64 \times 10^5$ J/mol, $\gamma = 0.0727(J/mol)/(kg/mm^2)$, $q_g = 1.35$, $\ln\tau = -5$ (according to experiments on the durability of hard coal); $\ln\tau_0 = 29.9$. The

calculation results show that at $T = 293^{\circ}$, the value of A is 30.5 MPa.

The value of rock pressure is defined as $\gamma_r H$ (γ_r is the average volume weight of overlying rocks, H is the depth from the surface). However, a reference pressure zone appears near the mine workings, in which the value of the rock pressure is 2–3 times greater than $\gamma_r H$. Taking the value of p_2 approximately equal to atmospheric, we obtain that the possibility of coal dispersion as a result of the explosion of methane bubbles during seam unloading can occur from a depth of $H = 500$ m (in calculations $\gamma_r = 2.0$ t/m^3). With an increase in the disturbance of coals, the structure coefficient increases, so inequality (4) can be performed at lower depths. Figure 1 highlights the correlation between gas content and depth in the Karaganda Basin, as well as its impact on methane saturation.

Figure 2 reveals the differences in methane outburst volumes across various mines, indicating the influence of geological conditions and previous degasification activities.

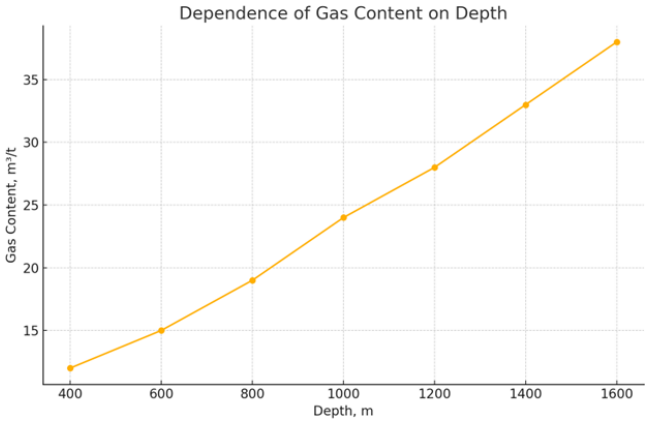


Fig.1 - Dependence of Gas Content on Depth in Karaganda Basin

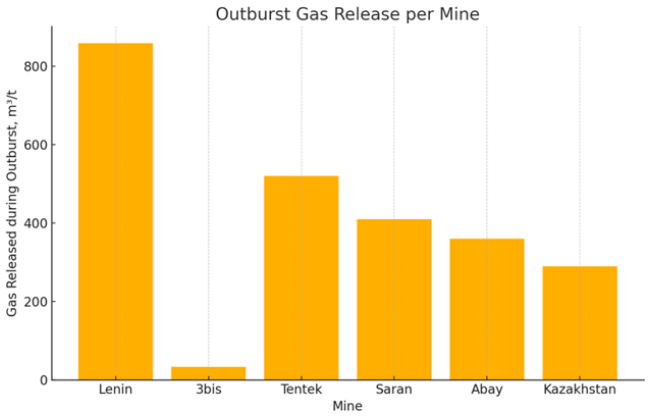


Fig.2 - Outburst Gas Release per Mine in Karaganda Basin

We investigate possible options for reducing the outburst hazard by influencing the parameters included in (3). A decrease in the temperature of coal in the outburst-hazardous zone leads to an increase in the threshold at which coal dispersion and gas release due to the diffusion mechanism are possible (Table 2).

Table 2 - Influence of coal temperature on the threshold stress (σ_k) for dispersion and gas release in the outburst - hazardous zone

Coal temperature, t°C	20	15	10	5	0
σ_k, MPa	30,5	41,0	51,50	62,1	72,6

Reducing the temperature of coal by 5°C leads to an increase in strength by about 10 MPa. When degassing a coal seam, the numerical values σ_k shown in Table 1 increase by a factor of 1.30-1.45.

Conclusion. The mechanism of sudden outbursts and the causes of their occurrence differ in the aggregate assessment of the participation of gas in them, the stress-strain state of the massif, as well as the physical, mechanical and physico-chemical properties of the intersected massif along the front of the mining operation.

Results show that coal porosity and methane saturation are directly correlated with the likelihood of sudden outbursts. Gas pressure at depths above 500 m can exceed critical strength thresholds.

Graphs in Figure 1 and Figure 2 illustrate this dependence.

At the same time, coal-sorbed methane plays a significant role in the implementation of a sudden outburst. With rapid stress relief in a gas-saturated coal seam, especially near or in the zone of tectonic disturbances characterized by the presence of disturbed coal bundles, this gas disperses coal with simultaneous avalanche-like methane release and removal of the destroyed rock mass in the bottom-hole part into the mine.

References

1. Katalog vnezapnykh vybrosov uglya i gaza, proisshedshikh na shakhtakh Karagandinskogo basseina. - Karaganda: GU UD AO ”ArselorMittal Temirtau”, 2018. - 171 s.[in Russian]

2. Tsai B.N., Shontayev A.D. Analiz vybrosov uglya i gaza, proisshedshikh na shakhtakh Karagandinskogo basseina // Trudy Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Nauka i obrazovanie – vedushchii faktor strategii «Kazakhstan-2030». – Karaganda, 2008. - S.87-90. [in Russian]

3. Tsai B.N., Bondarenko T.T., Shontayev A.D., Amurgalinov S.T. Degazatsionnye skvazhiny i gidrorazryv plasta kak sposoby predotvrashcheniya vnezapnykh vybrosov uglya i gaza // Materialy II Mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Innovatsionnoe razvitie i vostrebovannost’ nauki v sovremennom KazakhstanE». – Almaty, 2008. – S.91-93. [in Russian]

4. Shontayev A.D., Dudich O.N. O mekhanizme vnezapnykh vybrosov uglya i gaza // Materialy Mezhvuzovskoi studencheskoi nauchnoi konferentsii «Student i nauchno-tekhnicheskii progress». – Karaganda, 2009. – S. 155-157. [in Russian]

5. Dokukin A.V., Airuni A.T., Ehttinger I.I., Bol’ shinskii M.I., Zverev I.V., Dolgova M.O. Bor’ ba s vnezapnymi vybrosami uglya i gaza v shakhtakh / Vestnik AN SSSR. - M.: 1984. –№ 12. - S.44-45. [in Russian]

6. Zhekamukhov M.K., Zhekamukhova I.M. K probleme vnezapnykh vybrosov uglya i gaza / Ehlektronnyi zhurnal «Issledovano v Rossii», 2003.-S. 526-538. URL: https://cyberleninka.ru .- Data obrashhenija: 02.02.2025. [in Russian]

7. Regel’ V.R., Slutsker A.I., Tomashevskii Eh.K. Kineticheskaya priroda prochnosti tverdykh tel. – M.: Nauka, 1974. – 376 s. DOI 10.3367/UFNr.0106.197202a.0193. [in Russian]

8. Tsai B.N. Vliyanie teplovogo dvizheniya molekul na protsess razrusheniya gornykh porod / Izv. vuzov. Gornyi zhurnal, 1982. – № 10. – S.3-7. [in Russian]

9. Kucheryavyi F.I., Mikhalyuk A.V., Demchenko L.A. Ehnergiya aktivatsii i ehnergoemkost’ razrusheniya gornykh porod // Izv. vuzov. Gornyi zhurnal, 1980. – № 5. – S.57-63. [in Russian]

10. Peng Li, Yaolin Cao et al. Desorption Characterization of Methane in Coal with Different Moisture Contents and Its Influence on Outburst Prediction// Advances in Civil Engineering.-2021.-Vol.2.- P.1-10. DOI:10.1155/2021/6797786

11. Fatemeh Soleimani, Guangyao Si, Hamid Roshan, Zhenyu Zhang. Numerical modelling of coal and gas outburst initiation using energy balance principles//Fuel.-2023.-Vol.334:126687 DOI 10.1016/j.fuel.2022.126687.

12. Liu, Q., Wang, Z., et al. (2018). Influence of coal strength and gas pressure on outburst risk// Fuel, 223, 420–430.

13. Ran Wang, Xianbo Su et al. Experimental Investigation of the Thermal Expansion Characteristics of Coal Induced by Gas Adsorption//SSRN Electronic Journal.-2022.- DOI 10.1155/2023/5201794

14. Drizhd N.A. Doklad na 6-om Mezhdunarodnom gorno-metallurgicheskom Kongresse «Astana Mining & Metallurgy» (AMM), 17 ijunja 2015 g., Astana. - 19 s.[in Russian]

15. Drizhd N.A., Sharipov N.H. O vozmozhnosti promyshlennoj dobychi metana v Karagandinskom bassejne // Sekcija: Jenergetika. Materialy konferencii «Social' noe izmerenie evrazijskoj integracii». - Karaganda: KarGTU, 2016. [in Russian]

Information about the authors

Shontayev A.D. - PhD, Associate Professor of Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: shon_oskar@mail.ru;

Demina T.V. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russian Federation, e-mail: fgz.bgp@m.ursmu.ru;

Shontaev D.S. - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: dshontaev@mail.ru;

Demin V.F. - Doctor of Technical Sciences, Professor of Saginov Technical University, Karagandy, Kazakhstan, e-mail: vladfdemin@mail.ru;

Meiram D. D. - Master, Doctoral student of Saginov Technical University, Karagandy, Kazakhstan, e-mail: diana_meiram@mail.ru.

Сведения об авторах

Шонтаев А.Д. - PhD, асс.профессор Казахского университета технологии и бизнеса, Астана, Казахстан, e-mail: shon_oskar@mail.ru;

Демина Т.В. - к.т.н., доцент Уральского государственного горного университета, Екатеринбург, Российская Федерация, e-mail: fgz.bgp@m.ursmu.ru;

Шонтаев Д.С. - к.т.н., асс.профессор Казахского университета технологии и бизнеса, Астана, Казахстан, e-mail: dshontaev@mail.ru;

Демин В.Ф. - д.т.н., профессор Карагандинского технического университета имени А.Сагинова, Караганды, Казахстан, e-mail: vladfdemin@mail.ru;

Мейрам Д.Д. - магистр, докторант Карагандинского технического университета имени А.Сагинова, Караганды, Казахстан, e-mail: diana_meiram@mail.ru.

МРНТИ 52.01.75 https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-885

METHODOLOGICAL SUPPORT FOR ASSESSING THE IMPACT OF DRILLING AND BLASTING ON THE EFFECTIVENESS OF OPERATION OF THE MINING TRANSPORT COMPLEX OF THE BAKYRCHI MINING ENTERPRISE

[1]D.A. Galiyev, [2]A.V. Maldynova
[1]Qazaqstan smart technology LLP, Astana, Kazakhstan,
[2]K. Sagadiev University of International Business, Almaty, Kazakhstan
Corresponding-author: info@qstechnology.kz

This article presents the results of a comprehensive scientific and technical research and technical and technological audit. The main goal of the study was to develop software and methodological support and analytical approaches to determine the nature of the dependence of the efficiency of operation of geotechnological complexes of quarries on the quality of preparation of rocks for excavation using drilling and blasting operations.

The research was based on the use of digital analogues, based on the method of simulation logical-statistical and object-oriented modeling. This approach made it possible to consider the events of the mining transport process operationally, taking into account the mining technical, mining-geological, mining-geometric, organizational and economic operating conditions.

As part of the study, an analysis of the existing software and methodological base was carried out and a technical, technological and energy audit of the efficiency of the geotechnological complex was carried out. Particular attention was paid to identifying promising areas and potential for increasing the efficiency of the complex, as well as analyzing energy consumption for individual machines and sections of intra-quarry roads. The study also included an assessment of the degree of congestion of intra-quarry roads and the development of proposals for improving their quality of coverage.

The article presents innovative approaches and methods that allow a deeper understanding and optimization of processes in geotechnological complexes, which is of great practical importance for the development of the mining industry.

Keywords: Geotechnological complexes, drilling and blasting operations, simulation modeling, technical and technological audit, mining transport processes, energy efficiency, optimization of mining activities, analysis of technical and economic indicators, logical and statistical modeling, increasing the efficiency of mining operations.

БАҚЫРШЫ ТӨК-КӨЛІК КЕШЕНІНІҢ ТАУ-КӨЛІК КЕШЕНІНІҢ ПАЙДАЛАНУ ТИІМДІЛІГІНЕ БҰРҒЫРУ ЖӘНЕ ЖАРЫЛУ ЖАСАУЛАРЫНЫҢ ӘСЕРІН БАҒАЛАУ БОЙЫНША ӘДІСТЕМЕЛІК ҚАМТАМАСЫЗ

[1]Д.А. Ғалиев [2]А.В.Малдынова
[1]«Qazaqstan smart technology» ЖШС, Астана, Казахстан,
[2]Қ.Сағадиев атындағы Халықаралық бизнес университеті, Алматы, Қазақстан,
e-mail: info@qstechnology.kz

Бұл мақалада кешенді ғылыми-техникалық зерттеулер мен техникалық және технологиялық аудиттің нәтижелері берілген. Зерттеудің негізгі мақсаты бұрғылау-жару жұмыстарын қолдана отырып, тау жыныстарын қазуға дайындау сапасына карьерлердің геотехнологиялық кешендерін пайдалану тиімділігінің тәуелділігінің сипатын анықтау үшін бағдарламалық-әдістемелік қамтамасыз ету және аналитикалық тәсілдерді әзірлеу болды.

Зерттеу логикалық-статистикалық және объектілі-бағытталған модельдеудің имитациялық әдісіне негізделген цифрлық аналогтарды қолдануға негізделген. Бұл тәсіл тау-кен техникалық, тау-кен-

геологиялық, тау-кен-геометриялық, ұйымдық-экономикалық пайдалану жағдайларын ескере отырып, тау-кен тасымалдау процесінің оқиғаларын оперативті түрде қарастыруға мүмкіндік берді.

Зерттеу шеңберінде қолданыстағы бағдарламалық-әдістемелік базаға талдау жүргізілді және геотехнологиялық кешеннің тиімділігіне техникалық, технологиялық және энергетикалық аудит жүргізілді. Кешеннің тиімділігін арттырудың перспективалық бағыттары мен әлеуетін анықтауға, сондай-ақ жеке машиналар мен карьерішілік жол учаскелерінің энергия тұтынуын талдауға ерекше назар аударылды. Сондай-ақ зерттеу барысында карьерішілік жолдардың кептелу дәрежесін бағалау және олардың қамту сапасын арттыру бойынша ұсыныстар әзірлеу қамтылды.

Мақалада тау-кен өнеркәсібін дамыту үшін үлкен практикалық маңызы бар геотехнологиялық кешендердегі процестерді тереңірек түсінуге және оңтайландыруға мүмкіндік беретін инновациялық тәсілдер мен әдістер ұсынылған.

Түйін сөздер: Геотехнологиялық кешендер, бұрғылау-жару жұмыстары, имитациялық модельдеу, техникалық және технологиялық аудит, тау-кен көлік процестері, энергия тиімділігі, тау-кен жұмыстарын оңтайландыру, техникалық-экономикалық көрсеткіштерді талдау, логикалық және статистикалық модельдеу, тау-кен жұмыстарының тиімділігін арттыру.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА БАКЫРЧИНСКОГО ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

[1]Д.А. Галиев✉, [2]А.В.Малдынова

[1]ТОО «Qazaqstan smart technology», Астана, Казахстан,
[2]Университет Международного Бизнеса им.К. Сагадиева, Алматы, Казахстан,
e-mail: info@qstechnology.kz

В данной статье представлены результаты комплексного научно-технического исследования и технико-технологического аудита. Основная цель исследования заключалась в разработке программно-методического обеспечения и подходов к аналитике для определения характера зависимости эффективности работы геотехнологических комплексов карьеров от качества подготовки горных пород к выемке с использованием буровзрывных работ.

Исследования базировались на применении цифровых аналогов, опирающихся на метод имитационного логико-статистического и объектно-ориентированного моделирования. Данный подход позволил пооперационно рассматривать события горнотранспортного процесса, учитывая горнотехнические, горно-геологические, горно-геометрические, организационные и экономические условия функционирования.

В рамках исследования был осуществлен анализ существующей программно-методической базы и проведен технико-технологический и энерго-аудит эффективности функционирования геотехнологического комплекса. Особое внимание уделялось выявлению перспективных направлений и потенциала для повышения эффективности работы комплекса, а также анализу энергорасхода по отдельным машинам и участкам внутрикарьерных автодорог. Исследование также включало оценку степени загрузки внутрикарьерных дорог и разработку предложений по улучшению их качества покрытия.

В статье представлены новаторские подходы и методы, позволяющие глубже понять и оптимизировать процессы в геотехнологических комплексах, что имеет важное практическое значение для развития горнодобывающей отрасли.

Ключевые слова: Геотехнологические комплексы, буровзрывные работы, имитационное моделирование, технико-технологический аудит, горнотранспортные процессы, энергоэффективность,

оптимизация горнодобывающей деятельности, анализ технико-экономических показателей, логико-статистическое моделирование, повышение эффективности горных работ.

Introduction. In the modern mining industry, the importance of effective management and optimization of mining and transport processes is a key aspect for increasing productivity and reducing costs. In this context, drilling and blasting operations play a significant role in the preparation of rocks for extraction, directly affecting the overall efficiency of quarry geotechnological complexes. As part of this study, carried out by Qazaqstan Smart Technology LLP, in-depth analytics was carried out to develop advanced software and methodological solutions aimed at improving and optimizing these processes. The main objective of the study was to develop and test innovative approaches to analytics that allow for a detailed assessment of the relationship between the quality of rock preparation for extraction and the overall efficiency of geotechnological complexes. A special feature of this study was the use of modern methods of simulating logical-statistical and object-oriented modeling, which made it possible to conduct a comprehensive analysis of the mining and transport process taking into account many factors - mining engineering, mining and geological, mining and geometric, as well as organizational and economic. Additionally, the study included technical, technological and energy audits aimed at analyzing the current state and identifying potential areas for improving the efficiency of geotechnological complexes. These measures were implemented to not only improve operational characteristics, but also to reduce the cost of mining and transport operations.

The article covers complex aspects of the study, from an overview of the current state of geotechnological complexes to proposals for improving and optimizing processes. It represents a valuable contribution to the mining industry, offering new approaches and solutions to improve overall efficiency and reduce environmental impact.

Intervention in mining processes requires a deep understanding of both technological and economic aspects. Given the rapid changes in the global economy and increased demands on the sustainability of industrial enterprises, effective management of production processes is becoming a key success factor. In this context, optimization of loss and dilution management systems is a priority for mines.

One of the important aspects of optimization is the implementation of advanced technologies aimed at precise measurement and control of the content of useful components in ore. The use of modern analytical methods and automated data processing systems allows enterprises to significantly reduce losses and improve the accuracy of extraction.

The next important area of optimization is the development and implementation of a monitoring and control system based on the principles of artificial intelligence (AI) and machine learning (ML). These technologies are capable of analyzing data in real time, predicting possible losses and automatically adjusting production processes to maximize the extraction of useful components [1].

Attention should also be paid to the development of more effective resource management strategies aimed at reducing costs and optimizing the dilution of useful components, which may include the implementation of circular resource use models, waste recycling and improved planning of production cycles.

Solving the problem of optimizing loss and dilution management systems at a mine requires an integrated approach, including technological innovations, the implementation of modern data analysis methods, and the development of effective resource management strategies. This approach not only helps to increase mine productivity, but also ensures the sustainability of enterprises in a dynamically changing market and economic environment.

The economic approach to optimizing the loss and dilution management system at a mine is based on strategies aimed at maximizing the efficiency of resource use and increasing the profitability of p

roduction. The approach includes a number of key aspects (Table 1):

Table 1 - Key aspects of optimizing the loss and dilution management system at a mine

№	Key aspects of optimization	Description
1	Cost analysis at each stage of production to identify bottlenecks and opportunities for cost reduction. Implementation of effective cost management methods.	Cost analysis at each stage of production to identify bottlenecks and opportunities for cost reduction. Implementation of effective cost management methods.
2	Implementation of modern technologies and equipment for precise control and measurement of the content of useful components in ore. Automation of production processes using artificial intelligence and machine learning systems.	Implementation of modern technologies and equipment for precise control and measurement of the content of useful components in ore. Automation of production processes using artificial intelligence and machine learning systems.
3	Creation of a monitoring system that analyzes data on ore quality, losses and dilution of useful components in real time. Use of analytical tools to identify trends and make decisions.	Creation of a monitoring system that analyzes data on ore quality, losses and dilution of useful components in real time. Use of analytical tools to identify trends and make decisions.
4	Development and implementation of resource management strategies aimed at optimizing the use of material and energy resources. Minimization of waste and reuse of resources.	Development and implementation of resource management strategies aimed at optimizing the use of material and energy resources. Minimization of waste and reuse of resources.
5	Conducting economic assessments of each project taking into account investments, costs, potential profit and efficiency. Implementation of projects with the highest economic efficiency.	Conducting economic assessments of each project taking into account investments, costs, potential profit and efficiency. Implementation of projects with the highest economic efficiency.
6	Training personnel in modern management methods and technologies to improve professional competence and labor efficiency.	Training personnel in modern management methods and technologies to improve professional competence and labor efficiency.
Note: compiled by the authors based on the source [2]		

The economic approach to optimizing the management system in the mining industry is aimed at creating sustainable and competitive enterprises that are able to adapt to changes in market conditions and ensure maximum profitability while minimizing risks.

Literature review. The idea of integrating processes from mining to beneficiation in the mining industry is widely discussed. The ”Mine to Mill” concept emphasizes the relationship between the mining and beneficiation stages, which allows for the optimization of production processes. Authors such as **McCoy J.T. & Auret L.** [3] actively research and implement integrated strategies to maximize production efficiency. Theoretical aspects of cost optimization in the mining industry are actively discussed. Researchers pay attention to various methods such as linear programming and stochastic programming methods for optimizing cost parameters at various stages of the production process. Analysis of the effectiveness of these methods helps to solve problems with

minimizing costs while maintaining high quality of production [4].

Theoretical models and research in the field of accurate measurement and control of ore quality highlight the importance of using modern technologies such as sensorics and data processing to ensure high accuracy in measuring the composition and quality of useful components. These studies help develop effective strategies for raw material quality management. Theoretical models based on artificial intelligence (AI) methods such as machine learning and neural networks are actively considered for predicting and optimizing production processes. Researchers aim to create systems that can adapt to changes in mining conditions and provide accurate forecasts.

Theoretical foundations of management strategies ”Mine to Mill” is a strategic approach that aims to optimize the relationship and interaction between the stages of ore extraction and beneficiation. This concept goes beyond the traditional separation of mining operations and aims to create a unified and harmonious management system to maximize the yield of useful components.

Integration begins with the optimization of the physical characteristics of the ore, starting from its extraction, which includes the analysis of various parameters such as granulometry, hardness and flowability to better understand the characteristics of the raw material entering the beneficiation.

One of the key aspects is to improve the interaction between geologists, miners and beneficiation specialists. An integrated approach allows the exchange of data and experience between different disciplines, which contributes to a better understanding of the ore potential and its optimal processing. The ”Mine to Mill” concept is also aimed at optimizing the technological parameters of enrichment taking into account the characteristics of the raw material. This concept includes the selection of optimal methods of crushing, sorting and enrichment that are most effective for a specific ore composition. The main aspects of the ”Mine to Mill” concept are presented in Table 2.

Table 2 - Main aspects of the ”Mine to Mill” concept

№	Aspect	Description
1	Integration of mining and enrichment processes	The Mine to Mill concept emphasizes the interrelationship between the mining and beneficiation stages to optimize production processes.
2	Enrichment process parameters	Includes the selection of optimal methods for crushing, sorting and beneficiation of ore, taking into account its characteristics.
3	Integrated process monitoring	Provides continuous monitoring of product quality at each stage and a quick response to changes in ore composition.
4	Application of mathematical models	Allows for scenario analysis and selection of optimal parameters for each stage, taking into account technical and economic aspects.
5	Staff training	Extends integration to the level of personnel training to improve their understanding of the production cycle and the impact of their activities on the quality of the final product.
Note: compiled by the authors based on the source [5-7]		

Integrated process monitoring at each stage ensures continuous quality control of the product and allows for rapid response to changes in ore composition. Feedback between stages allows for real-time adjustments to beneficiation strategies.

The use of mathematical models and optimization methods allows for scenario analysis and selection of optimal parameters for each stage. This includes

not only technical aspects, but also economic ones, taking into account costs at each stage of the production cycle.

Extending integration to the level of personnel training to improve their understanding of the entire production cycle and the impact of their activities on the quality of the final product [8].

The Mine to Mill concept not only helps optimize production processes, but also promotes more sustainable and efficient mine management strategies. These strategies are also focused on the sustainable use of resources and the promotion of environmental sustainability [9].

Researchers such as Mutani G. et al. [10] highlight the importance of technological innovations in waste management at mining enterprises. They consider progressive methods aimed at reducing losses and optimizing waste disposal. Merouane Khammar et al. [11] raise the issue of applying artificial intelligence in mining engineering. Using AI in monitoring and control systems can provide significant benefits in process optimization and decision making.

Using sensor technologies such as IoT (Internet of Things) and sensors for continuous monitoring of waste. These devices provide real data on the quantity and characteristics of waste, which allows for more efficient management of its treatment and disposal.

Using robotic systems equipped with artificial intelligence for automated waste sorting, which increases the accuracy of separation of different materials, reducing the amount of waste sent to landfill. Developing more efficient waste processing technologies to extract valuable materials. Processes such as pyrolysis, hydrometallurgy and biotechnology can increase the percentage of waste recycling and reduce its environmental impact.

Implementing digital platforms and management systems to monitor, analyze and optimize waste management processes. Platforms provide centralized management, allowing for informed data-driven decisions and reduced losses.

Using machine learning algorithms to analyze waste generation and processing data. These technologies help identify trends, predict waste volumes and optimize waste management processes. Using biotechnologies such as biodegradation and composting to process organic waste. Biotechnologies help minimize waste volumes and create environmentally friendly methods of disposal.

Developing encapsulation technologies that stabilize hazardous substances in waste. Encapsulation technologies reduce the risk of environmental pollution and improve processing safety. Research into new methods and technologies for the reuse of sludge and waste from mining processes includes the creation of building materials adapted for use in construction or even the production of new materials.

Technological innovations in waste management in the mining industry aim to create more efficient, sustainable and smart waste management systems that reduce negative environmental impacts and increase the efficiency of use.

Circular economy is a concept that aims to optimize resource use by eliminating the principle of “take, make, throw away” and replacing it with “take, make, reuse” (Figure 1).

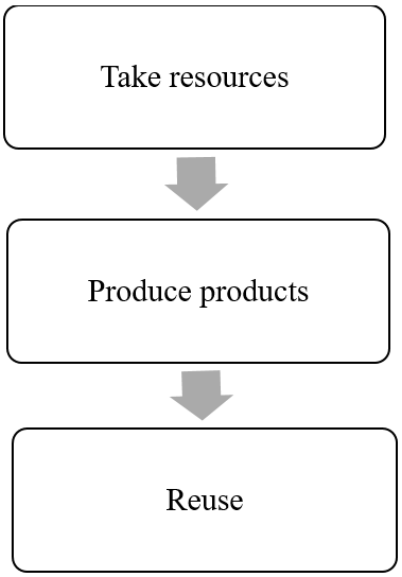


Fig.1 - Circular Economy Principle

Note: compiled by the authors

In the context of the mining industry, the application of the circular economy includes a

number of key aspects:

One of the main principles of the circular economy in the mining industry is the maximum recycling of materials, which includes the development and implementation of waste processing technologies in order to extract valuable materials for reuse in production processes.

The circular economy implies the efficient use of resources, which means reducing losses during the extraction and processing of minerals. Innovations in mining, enrichment and processing technologies are aimed at maximizing the extraction of valuable components and minimizing waste.

The principle of the circular economy includes the management of the product life cycle - from resource extraction to end use. The principle of the circular economy includes extending the service life of products, facilitating their repair, upgrade and, ultimately, disposal with minimal impact on the environment.

The use of monitoring technologies and feedback systems that allow for continuous assessment and improvement of environmental and economic indicators of production. This allows for a more effective response to changes in processes and optimizes the use of resources.

Developing and implementing sustainable resource extraction methods that minimise impacts on nature and include the use of technologies such as zero-waste mining or processing methods and the introduction of energy-efficient technologies.

Promoting circular ecosystems in which mining companies interact and exchange resources and materials to maximise their reuse and minimise waste [12].

Encouraging innovation and research into technologies and methods that support a circular economy in mining. This includes funding research into improved processing technologies, resource efficiency and reduced impacts [13]

A circular economy in mining not only contributes to environmental sustainability, but can also be a key element in ensuring the long-term sustainability of the industry and reducing negative environmental impacts.

Materials and methods. Based on the relevance and socio-economic significance of this topic, especially in light of the desire of the Republic of Kazakhstan to form a new scientific and technological policy and aspirations for low-carbon development, we have defined an integrated approach to the study, which includes not only traditional methods of analysis and evaluation, but also the use of advanced digitalization and automation technologies for a deeper understanding and optimization of processes at the enterprise [14].

The authors consider in detail each stage of the study, from the initial collection of data to their analysis and interpretation. This approach will identify potential areas for improving the efficiency and reducing the cost of mining and transport operations and assess the environmental aspects and carbon intensity of the technologies used. This approach is important to ensure sustainable development of the mining industry and its compliance with modern environmental standards and requirements.

Research question: The study is aimed at establishing a real relationship between mining and transport and drilling and blasting operations in the context of the efficiency of the geotechnological complex of the Bakyrchy mining enterprise. Hypothesis put forward: The hypothesis suggests that optimization of drilling and blasting and mining and transport operations can significantly increase the efficiency of geotechnological complexes, which in turn will improve the profitability and environmental safety of field development.

Research stages. Research in the field of low-carbon development strategy is important for achieving sustainable economic and environmental growth. For successful implementation of such a strategy, it is necessary to conduct a systematic scientific and practical study, which would include a number of stages. The first stage is the analysis of the relevance and socio-economic significance of the proposed research in the context of the low-carbon development strategy of the Republic of Kazakhstan. Then the object, subject, goals and objectives of the study are determined. After this, the primary data on the current situation at the

enterprise is studied. Finally, new methods and approaches for the analysis and optimization of processes are developed and applied (Figure 2).

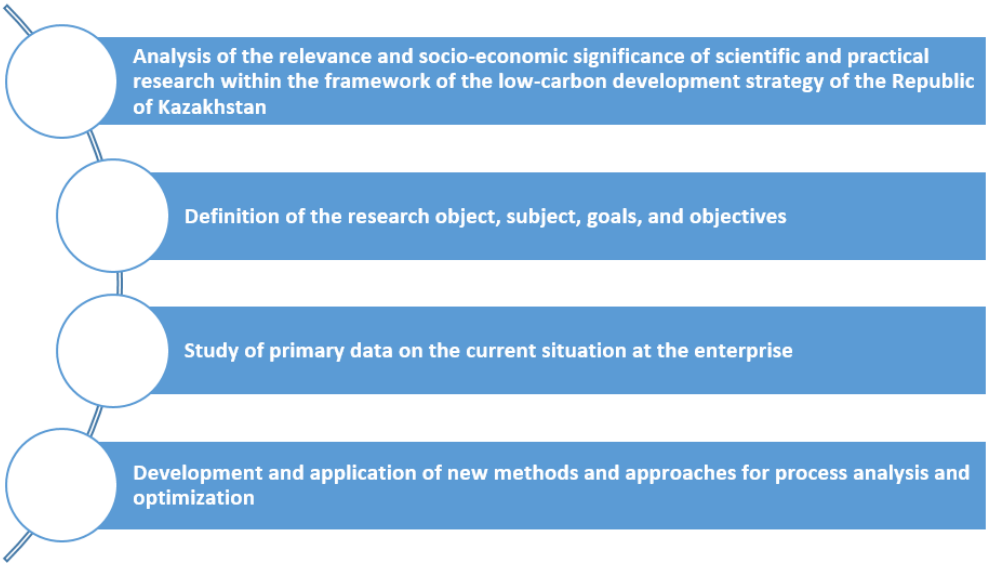


Fig.2 - Research stages

Note: compiled by the authors

These stages represent a sequence of steps necessary to carry out a successful study within the framework of a low-carbon development strategy, thereby providing a basis for developing effective strategies and solutions.

Research methods:

- Simulation modeling to assess various scenarios of mining and transport and drilling and blasting operations.

- Technical and economic analysis to assess the efficiency and potential for reducing the cost of work.

- Methods of digitalization and information analytical support for process management and automation.

- Environmental audit to assess the carbon intensity and environmental efficiency of technological processes [15].

Research results:

- Proposal of specific measures to improve the efficiency of the geotechnological complex.

- Analysis of the potential and directions for process optimization, including assessment of the quality of the road surface, organization of blasting operations, preparation of rocks and optimization of the structure of intra-quarry rock flows.

- Development of methods for the environmental assessment of geotechnological complexes in open-pit mining [16].

The research is due to its relevance and socio-economic feasibility in the context of modern tasks in the formation of a new scientific and technological policy in the Republic of Kazakhstan, including aspects of low-carbon economic development and modernization of the mining industry.

One of the leading areas determining the efficiency of the mining industry is the optimization of the fleet of the main mining and transport equipment. Numerous studies and technical and technological audits confirm the importance of this aspect not only in terms of updating the model range and numerical ratio, but also in the context of the constant emergence of new equipment modifications on the world market. This observation

emphasizes the need to adapt and modernize equipment in accordance with current requirements and market trends [17].

Optimization of the depreciation policy of equipment, taking into account its technical condition and service life. Adequate consideration of these factors is often overlooked when planning mining and transport complexes, which leads to significant discrepancies between the actual and design efficiency of the equipment.

An important component of an integrated approach to managing mining processes is the analysis of the quality of the road surface in quarry areas. The quality of the road surface directly affects the speed modes of transport, the time of trips of dump trucks and, as a result, the overall productivity of the complex and the volume of environmental emissions during the work. Particular attention is paid to the optimization of drilling and blasting operations, especially when developing hard rocks. The efficiency of organizing these operations plays a key role in increasing the overall efficiency of the geotechnical complex. Thoughtful planning and organization of drilling and blasting operations contribute not only to increased productivity, but also to reduced costs [18].

Results and Discussions. The research of the influence of the quality of rock preparation for excavation and drilling and blasting methods opens up new opportunities for increasing the overall efficiency and reducing the cost of mining and transport operations. An important factor here is the degree of loosening of rocks, which affects the overall efficiency of the process.

The use of simulation modeling made it possible to evaluate various scenarios for mining and transport and drilling and blasting operations, which helps to improve the efficiency of these processes. Conducting a technical and economic analysis made it possible to evaluate the efficiency and potential for reducing the cost of work, which is an important aspect when making management decisions. The use of digitalization methods and information analytical support contributes to the management and automation of processes in the mining industry, which increases their efficiency. Conducting an environmental audit allows you to assess the carbon intensity and environmental efficiency of technological processes in the mining industry, which is important from the point of view of compliance with environmental norms and standards.

The results of the research include proposals for specific measures to improve the efficiency of the geotechnological complex, an analysis of the potential and directions for optimizing processes, and the development of methods for the environmental assessment of geotechnological complexes in open pit mines.

An important area is the optimization of the organization of food for drivers of mining and transport equipment, which, despite its seeming secondary importance, has a significant impact on the productivity and efficiency of the complex.

Optimization of the structure of intra-quarry rock flows and the location of ore handling warehouses is also an important aspect that allows increasing the efficiency of the geotechnological complex and reducing costs.

The final stage is the development of methods for assessing the environmental efficiency of the complexes, the introduction of digital technologies and automation of management decisions, which helps to increase the economic efficiency of the geotechnological complex and reduce the costs of mining and transport operations, while improving the profitability of deposit development [19].

One of the important points in the economic assessment of the efficiency of the geotechnological complex, as well as the impact of its work on the efficiency of the enterprise as a whole. In this regard, it is fundamentally important to establish the relationship between the main economic indicators at the levels of the enterprise, quarry and the geotechnological complex under consideration.

According to the presented data, the total cost of the enterprise is 102493545.67 tenge. Of these, the mining part accounts for 82260256.7 tenge or 80.26% of the total volume. At the same time, with a given volume of rock mass extracted at the quarry, the specific cost of m3 of rock mass is 2481.3 tenge

or $ 5.45 (at the exchange rate of 1 US dollar = 455 tenge). For the geotechnological complex, similar indicators have values of 55,745,052.0 (54.3% of total costs) and 1,683.6 tenge/m3, respectively.

One of the main cost items for maintaining the functioning of the quarry geotechnological complex are operating costs for the main mining and transport equipment - depreciation charges and material costs. In this regard, in the process of forming an economic and mathematical model of the functioning of the geotechnological complex, take into account the fact that the enterprise has established depreciation periods for the main mining and transport equipment purchased in 2016 and later, in particular dump trucks: BelAZ-75139 - 84 months and Komatsu HD785 - 60 months. The purchase prices of dump trucks are as follows: BelAZ 75139 - 594.2 million tenge (2021) and Komatsu HD785 - 410.7 million tenge (2021). In 2016, 6 Komatsu HD 785-7 dump trucks were purchased, with a service life of 60 months.

Another important item of operating costs taken into account is the monthly salary of drivers and operators of the main process equipment. Based on the adopted mode of organizing the main technological processes, similar shift indicators are established, which participate in the operational calculation of the cost of mining and transport operations, based on the actual production volumes of the main product of the functioning geotechnological complex. For 2023, according to the enterprise, the salary of excavator drivers is set at 639,002.2 tenge / month for drivers and 498,273.4 for assistant drivers. The salary of dump truck drivers at the enterprise is set at 591,476.0 tenge for the main workers and 532,377.0 for those who go on to replace them during lunch breaks (Table 3).

Table 3 - Calculation of costs for the extraction and processing of one m3 of rock mass for 2022-2023

Name of works and expenses	Cost Amount.	Mining Part		Geotechnological complex	
				Fact	
Share in total cost, %	100%	80,25%		54,39%	
Volume of rock mass, thousand m3.	**2022 г. -33 111, 87 /2023 г. – 30770,0**				
Total wages of workers, thousand tenge	7 946 581,0	5 221 194,0	157,7	5 221 194,0	157,7
Depreciation, thousand tenge.	24 154 670,1	19 494 675,7	588,8	19 494 675,7	588,8
Materials, thousand tenge	805 559,3	750 617,6	22,7	750 617,6	22,7
Fuels and lubricants	13 155 053,3	12 405 334,7	374,6	16 330 487,6	493,2
Energy tenge/kW.	2 031 750,7	438 098,9	13,2	438 098,9	13,2
rent	216 022,0	211 427,8	6,4		
spare parts	12 065 947,7	4 164 599,5	125,8	17 450,1	0,5
travel expenses	21 638,4	14 448,8	0,4		
utilities	250 845,1	172 056,6	5,2		
Taxes (fee for emissions)	1 301 628,5	1 152 575,0	34,8	1 152 575,0	34,8
Occupational safety	90 554,3	87 226,3	2,6		

Food	638 543,9	397 603,2	12,0		
Other (unaccounted for + personnel delivery)	326 812,4	243 241,1	7,3	243 241,1	7,3
Sn	453 281,7	303 186,8	9,2	303 186,8	9,2
So	187 067,9	118 795,8	3,6	118 795,8	3,6
OSMS + OPPV	472 324,6	327 115,8	6,9	327 115,8	9,9
MET	16 418 696,0	16 417 273,3	495,8		
Tires, thousand tenge				6419071,8	193,9
Repair and service	5 531 716,9	4 300 606,7	129,9	4 928 541,8	148,8
Services	39 244,1	37 891,1	1,1		
Contractor (drilling and blasting operations)	14 966 230,8	14 966 195,8	452,0		
Training	27 918,5	17 985,7	0,5		
Insurance	286 707,2	189 192,2	5,7		
Expert and analytical services	342 910,1	286 273,6	8,6		
Transport services	761 844,5	542 625,9	16,4		
TOTAL expenses tenge	**102 493 548,7**	**82 260 256,7**	**2 481,3**	**55 745 052,0**	**1 683,6**
Dollar (at the rate of $1 = 455 tenge)			**5,45**		**3,70**

General practice and experience in researching the efficiency of quarry geotechnological complexes, traditionally, areas related to compliance with the depreciation policy in relation to dump trucks and optimization of their loading mode, by optimizing the equipment replacement schedule and maintaining the workshop profitability of the mining and transport complex at an optimal level, have significant potential in this regard. In this case, due to the insignificance of the term of open-pit mining, this direction can be implemented only in a small part of the existing total potential. A full-fledged economic assessment of the efficiency of the geotechnological complex from the quality of rock preparation for extraction at the stage of drilling and blasting operations requires adequate consideration of the corresponding change in the traction forces of excavators during the process of rock extraction with subsequent reliable identification of energy costs, as well as the corresponding volumes of costs for drilling and blasting operations. In this direction, additional studies are also required with the corresponding variation in the volumes of buckets and dump truck bodies.

The most valuable thing in conducting a set of researches is identifying the economic effect realized by the enterprise from the deviation from the design solution adopted at the enterprise for opening the quarry and organizing the transportation

of overburden rock mass to the dump. This economic effect is about 6263.60 million tenge per year with a significant decrease in the indicator of optimal productivity of the geotechnological complex [20].

Analysis of other economic effects shows that the greatest potential for reducing the cost of mining and transport operations in the established mining-technical, mining-geometric, mining-geological, organizational and economic conditions are in the areas of improving the quality of the road surface of intra-quarry roads, as well as optimizing the structure and number of the listed fleet of the main technological equipment.

Table 2 - Potential economic effect, thousand tenge per year

Optimization direction	Potential economic effect (thousand tenge per year)
Improving the quality of road surfaces of quarry roads	Approximately 1268.27
Optimization of the structure and number of the list of the main technological equipment	Approximately 1035.42
Note: compiled by the authors	

The total potential economic effect is about 1268.27 thousand tenge per year. Taking into account the lack of practical possibility of replacing the diesel fleet of excavators with electric ones with the corresponding technological parameters, the real potential for obtaining an economic effect will be 1035.42 million tenge per year.

Conclusion. The conducted research considered the efficiency of the quarry geotechnological complex with varying various factors of mining engineering, mining-geometric, mining-geological, organizational and economic nature.

In the course of research using the method of simulation logical-statistical and object-oriented modeling, the current state and economic efficiency of the functioning of the Bakyrchik quarry geotechnological complex were analyzed and assessed with a set of studies of its operation under various qualitative characteristics of the extracted rock mass.

As a result of the work carried out, the dependences of the economic efficiency of the geotechnological complex on the preparation of rocks for excavation were determined; the potential for increasing efficiency and directions for its implementation with the development of a set of appropriate measures were determined; software and methodological support for the formation of digital twins of quarry geotechnological complexes were improved using the simulation modeling method; directions were determined and a set of specific measures were developed to increase efficiency and reduce the cost of mining and transport operations in the Bakyrchik quarry of Bykyrchik Mining Enterprise LLP.

The maximum possible planned productivity of the quarry geotechnological complex in terms of rock mass is ensured by the high organization of mining and transport operations, high-quality operational management of the involved mining and transport equipment. The identified potential for increasing the efficiency of the geotechnological complex and reducing the cost of mining and transport operations is associated with the use of a process approach in management and can be most effectively implemented with the appropriate adaptation of the automated management system for mining and transport operations used in the quarry, providing operational accounting and operational economic assessment of the operation of elements and subsystems of the quarry geotechnological system. It is advisable to implement modules for monitoring the loading of sections of the quarry motor transport system, operational accounting and control of environmental emissions and dust in the

quarry space, and the introduction of a dynamic approach to accounting and control of energy consumption by motor transport.

The conclusions and proposals resulting from the conducted research work may be of interest to a wide range of specialists and managers of the enterprise on technical and mining-production issues, on digital transformations and automated control systems, the energy service and the environmental protection department, as well as specialists in the planning and economic direction in terms of the formation of the economy of process management at the enterprise.

References

1. Naugol' nova I.A. Processnyj podhod k upravleniju: jevoljucija, sovremennye vyzovy, innovacii // Kreativnaja jekonomika.- 2023.-T.17(6).- S.2143–2164. DOI 10.18334/ce.17.6.117951[in Russian].

2. Kaplan A.V., Galiev S.Zh. Processnoe upravlenie gornotransportnym kompleksom v kar' ere na osnove jekonomicheskih kriteriev // Gornyj zhurnal.-2017.- № 6.- S.28–32. DOI 10.17580/gzh.2017.06.05 [in Russian].

3. McCoy J.T., Auret L. Machine learning applications in minerals processing: A review // Minerals Engineering.- 2019.- Vol.132.- P. 95-109. DOI 10.1016/j.mineng.2018.12.004.

4. Ayoub R., Baïna S., Mhada F.Z., El Bachari E. Predictive maintenance in mining industry: Grinding mill case study // Procedia Computer Science.-2022.-Vol.207.-P.2483–2492.DOI 10.1016/j.procs.2022.09.306.

5. Salem K., AbdelGwad E., Kouta H. Predicting forced blower failures using machine learning algorithms and vibration data for effective maintenance strategies // Journal of Failure Analysis and Prevention.-2023.- Vol.23.- P.2191–2203. DOI 10.1007/s11668-023-01765-x.

6. Restrepo O. Exploring new sustainable horizons in the mining industry: Circular economy, sustainability, and technological development // Material Science Research India.-2024.- Vol.21(2). - P.72-73. DOI 10.13005/msri/210202.

7. Gilligan R., Aleksandar N. The extraction of vanadium from titanomagnetites and other sources // Minerals Engineering. - 2020. -Vol.146. -P.106. DOI 10.1016/j.mineng.2019.106106.

8. Ghorbani B., Saharkhiz M., Li J. A novel integrated system for sustainable generation of hydrogen and liquid hydrocarbon fuels using the five-step ZnSI thermochemical cycle, biogas upgrading process, and solar collectors//Journal of Cleaner Production.-2021.-Vol.312. DOI 10.1016/j.jclepro.2021.127715.

9. Koyama K., Krane J. Energy security through FDI: The legacy of Early Japanese Investment in the Oil Sectors of the Persian Gulf // Resources Policy.-2021.-Vol.74:102165. DOI 10.1016/j.resourpol.2021.102165. 2021.

10. Mutani G., Todeschi V., Beltramino S. Energy Consumption Models at Urban Scale to Measure Energy Resilience // Sustainability. - 2020. - Vol.12.- № 14. DOI 10.3390/su12145678.

11. Khammar M., Zhu Y., Xu Y. Centrifugal recovery of solvent-diluted bitumen from oil sands // Minerals Engineering. - 2019. - Vol.136. – P.8-17. DOI 10.1016/j.mineng.2019.03.005.

12. Munagala V., Thudumu S., Logothetis I., Bhandari S., Vasa R., Mouzakis K. A comprehensive survey on machine learning applications for drilling and blasting in surface mining // Machine Learning with Applications. - 2024. - Vol.15. DOI 10.1016/j.mlwa.2023.100517.

13. Kaplan A. V. Upravlenie social' no-jekonomicheskim razvitiem gornodobyvajushhego predprijatija.- M.: Jekonomika, 2015. - 270 s. ISBN 978-5-282-03409-7 [in Russian].

14. Galiev S.Zh., Samenov G.K. Avtomatizirovannaja sistema korporativnogo upravlenija geotehnologicheskim kompleksom/ Sbornik dokladov i katalog VII Mezhotraslevoj konferencii

«Avtomatizacija proizvodstva - 2016»,-M.-2016.-S.38-41 URL: https://official.satbayev.university Data obrashhenija: 05.02.25). [in Russian].

15. Galiev S.Zh., Galiev D.A., Sejtaev E.N., Uteshov E.N. O edinoj metodologii upravlenija geotehnologicheskim kompleksom na otkrytyh gornyh rabotah/ Gornyj zhurnal.- 2019.- №12 S.70-75. DOI 10.17580/gzh.2019.12.15. [in Russian].

16. Rakishev B.R., Shubin I.L., Alenichev I.A. i dr. Snizhenie poter' i razubozhivanija pri otrabotke rudnyh blokov slozhnoj konfiguracii i bol' shoj doli malomoshhnyh rudnyh tel. /Otchjot o nauchno-issledovatel' skoj rabote TOO «Qazaqstan Smart Technology» ot 27.12.2022 g. Almaty.: 2023.-41s. IRN123PKH003. URL: https://official.satbayev.university/download/document/42896/МАГ_2024 .- Data obrashhenija: 05.02.25). [in Russian].

17. Galiyev S.Zh., Samenov G.K., Zhusupov K.K., Galiyev D.A. Conception of automated management of geotechnological complex on an innovative base / 24th World Mining Congress Proceedings / Innovation / Instituto Brasileiro de Mineracio. IBRAM. - 2016. - 2555p.

18. Galiev D.A., Uteshov E.T., Tekenova A.T. Digitalization of Technological and Organizational Processes in Mining Operations through the Implementation of a Key Performance Indicators Installation and Monitoring System // Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Sciences.- 2020. - Vol.5 (443).- P.47-53. DOI 10.32014/2020.2518-170x.103

19. Zarubin M., Statsenko L., Spiridonov P., Zarubina V., Melkumyan N., Salykova O.GIS Module for Environmental Impact Assessment of Open-Pit Mining Projects for Small-Scale Mining Operators in Kazakhstan // Sustainability. - 2021. - Vol.13(12): 6971. DOI 10.3390/su13126971.

Сведения об авторах

Галиев Д.А.- доктор PhD, директор ТОО «Qazaqstan smart technology», Астана, Казахстан, e-mail: info@qstechnology.kz;

Малдынова А.В.- доктор PhD, доцент, Университет Международного Бизнеса им. К. Сагадиева, Алматы, Казахстан, e-mail: maldynova.a@uib.kz.

Information about the authors

Galiyev D.A. - doctor PhD, Director of Qazaqstan smart technology LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: info@qstechnology.kz;

Maldynova A.V.- doctor PhD, Associate Professor, Kenzhegali Sagadiyev University of International Business Almaty, Kazakhstan, e-mail: maldynova.a@uib.kz.

IRSTI 06.81.85 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-811**

ASSESSMENT AND ANALYSIS OF MANAGEMENT EFFICIENCY OF HEALTHCARE ORGANIZATIONS

[1]D.N. Kelesbayev✉, [1]A.A. Kuralbayev, [1]B.Zh. Keneshbayev, [1]G.R. Mombekova, [2]A.A. Mutaliyeva

[1]Akhmet Yassawi University, Turkestan, Kazakhstan,
[2]Regional Innovation University, Shymkent, Kazakhstan
✉Correspondent-author: dinmukhamed.kelesbayev@ayu.edu.kz

This research paper, prepared in this direction, considers the problems of efficient use of resources in hospitals in order to increase the efficiency of health care organizations. Increasing competition and rising costs in the healthcare industry are forcing hospitals to optimize their operations. DEA (Data Envelopment Analysis) method is used to measure the efficiency level of hospitals, this method helps hospital managers to identify inefficient departments and learn how to use resources more efficiently. The main goal of the research work is to conduct a comparative efficiency analysis in 11 departments with inpatient services based on the data of the Turkestan City Central Hospital in 2023. As a result of the study, effective and ineffective departments were identified, and recommendations for resource optimization were developed. The information obtained during the research allows the hospital management to effectively use the resources allocated by the state and provide quality medical services. The results of the study recommend that hospital management take concrete steps to improve the efficiency of their departments, which will contribute to increasing the productivity of the overall health care system.

Keywords: healthcare organizations, management, efficiency, use of resources, competition, costs, DEA method, comparative efficiency analysis, medical services.

ДЕНСАУЛЫҚ САҚТАУ ҰЙЫМДАРЫНЫҢ БАСҚАРУ ТИІМДІЛІГІН БАҒАЛАУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ

[1]Д.Н. Келесбаев✉, [1]А.А. Құралбаев, [1]Б.Ж. Кенешбаев, [1]Г.Р. Момбекова, [2]А.А. Муталиева

[1]Ахмет Ясауи университеті, Түркістан, Қазақстан,
[2]Аймақтық инновациялық университеті, Шымкент, Қазақстан,
e-mail: dinmukhamed.kelesbayev@ayu.edu.kz

Бұл зерттеу жұмысы денсаулық сақтау ұйымдарының тиімділігін арттыру мақсатында ауруханалардағы ресурстарды тиімді пайдалану мәселелерін қарастырады. Денсаулық сақтау саласындағы бәсекелестіктің артуы мен шығындардың өсуі ауруханаларды өз қызметін оңтайландыруға мәжбүрлейді. Ауруханалардың тиімділік деңгейін өлшеу үшін DEA (Data Envelopment Analysis) әдісі қолданылады, бұл әдіс аурухана басшыларына тиімсіз бөлімдерді анықтап, ресурстарды қалай тиімді пайдалануға болатынын білуге көмектеседі. Зерттеу жұмысының негізі мақсаты Түркістан қалалық орталық ауруханасының 2023 жылғы мәліметтеріне сүйеніп, стационарлық қызметі бар 11 бөлімде салыстырмалы тиімділік анализін жүргізу болып табылады. Зерттеу нәтижесінде тиімді және тиімсіз бөлімдер анықталып, ресурстарды оңтайландыру бойынша ұсыныстар әзірленді. Зерттеу барысында алынған ақпараттар аурухана басшылығына мемлекет бөлетін ресурстарды тиімді пайдалану мен медициналық қызметтерді сапалы көрсетуге мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері аурухана басшылығына өз бөлімдерінің тиімділігін арттыру үшін нақты қадамдар жасауды ұсынады, бұл жалпы денсаулық сақтау жүйесінің өнімділігін жоғарылатуға септігін тигізеді.

Түйін сөздер: денсаулық сақтау ұйымдары, менеджмент, тиімділік, ресурстарды пайдалану, бәсекелестік, шығындар, DEA әдісі, салыстырмалы тиімділік анализі, медициналық қызметтер.

ОЦЕНКА И АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЯМИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

[1]Д.Н. Келесбаев✉, [1]А.А. Құралбаев, [1]Б.Ж. Кенешбаев, [1]Г.Р. Момбекова, [2]А.А. Муталиева

[1]Университет Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан,
[2]Региональный инновационный университет, Шымкент, Казахстан,
e-mail: dinmukhamed.kelesbayev@ayu.edu.kz

В данной научной работе, подготовленной в этом направлении, рассмотрены проблемы эффективного использования ресурсов больниц с целью повышения эффективности деятельности организаций здравоохранения. Растущая конкуренция и рост затрат в сфере здравоохранения вынуждают больницы оптимизировать свою деятельность. Метод DEA (анализ оболочки данных) используется для измерения уровня эффективности больниц. Этот метод помогает руководителям больниц выявлять неэффективные отделения и учиться более эффективно использовать ресурсы. Основная цель научно-исследовательской работы – провести сравнительный анализ эффективности в 11 отделениях стационарной помощи на основе данных Туркестанской городской центральной больницы за 2023 год. В результате исследования были выявлены эффективные и неэффективные подразделения, а также разработаны рекомендации по оптимизации ресурсов. Информация, полученная в ходе исследования, позволяет руководству больницы эффективно использовать ресурсы, выделяемые государством, и предоставлять качественные медицинские услуги. Результаты исследования рекомендуют руководству больниц предпринять конкретные шаги по повышению эффективности работы своих отделений, что будет способствовать повышению продуктивности всей системы здравоохранения.

Ключевые слова: организации здравоохранения, менеджмент, эффективность, использование ресурсов, конкуренция, затраты, метод DEA, сравнительный анализ эффективности, медицинские услуги.

Introduction. Today, hospitals, which are considered healthcare organizations, are the most important providers of healthcare services. The continuous continuation of private hospitals depends, first of all, on the provision of treatment and other necessary services at low costs and with maximum efficiency, while public hospitals depend on the efficient use of resources, without wasting public resources. Therefore, the efficient use of resources directly affects the productivity and success of hospitals, as in any enterprise. In this context, concepts such as efficiency and productivity play a very important role in the work of healthcare organizations. Measuring the concept of efficiency provides important information for the organizations in question in terms of their situation in their sectors, as well as for preparing reports on the current state, status and what issues need to be worked on more. For all these reasons, conducting an analysis of efficiency and productivity in healthcare organizations over a certain period of time will undoubtedly bring various advantages and important information.

The effectiveness of healthcare management is largely determined by ensuring consistency in management [1]. The new conditions of the healthcare system impose different requirements on the management capacity, its functions and responsibilities should be significantly expanded. In addition, it is important to note that the activity of the management mechanism should be achieved by providing a set of measures that contribute to the formation, use and development of human resources [2]. Since competition in the provision of medical services is increasing day by day, and the costs of the industry are rapidly increasing, healthcare organizations, which are the core of this industry, are directing their resources to more efficient and effective use. For these reasons, all hospitals should measure their efficiency levels, identify and determine what needs to be done to increase or decrease resources to the most effective level.

However, efficiency and productivity measurement methods provide important information that determines how well inputs are used to achieve target outcomes. Data Envelopment Analysis (DEA) offers many possibilities when methods such as parametric methods and relational analysis are not sufficient, especially when measuring multiple inputs and outputs [3]. DEA allows for the analysis of the relationship between different inputs and

outputs and is very useful in cases where this relationship cannot be explained functionally [4].

The purpose of the work prepared in this context is to determine the efficiency of management of healthcare organizations with inpatient services in the city of Turkestan using the DEA method and conduct a comparative efficiency analysis. The results of the analysis obtained are intended to identify effective and ineffective healthcare organizations, indicate which resources should be increased or decreased for ineffective healthcare organizations, and share recommendations with the organization' s management to improve their efficiency.

Materials and methods. When considering the effectiveness of healthcare organizations, it is important to distinguish between public and private organizations in terms of the consistency of the results obtained. Since public healthcare organizations are non-profit organizations, they should be evaluated in terms of the quality and efficiency of the services they provide, while private healthcare organizations should be evaluated in the context of the efficient and productive use of profits and financial resources to ensure the continuity of their work [5]. When assessing at the organizational level, the management of healthcare organizations, that is, management, is the main department responsible for the results. Since the management defines the policies, goals, strategies of the institution, implements them and evaluates the results, the success of the organization is directly proportional to the quality of their performance [6]. Performance management is the collection of timely and forward-looking information about the organization in order to guide the organization towards its goals and the implementation of necessary measures aimed at improving performance in the light of the information collected [7].

Nowadays, the increasing competition in the provision of healthcare services and the rapid increase in costs are pushing hospitals, which are considered the main organizations in the healthcare sector, to use their resources more efficiently and productively [8]. For these reasons, hospitals need to measure their efficiency levels, identify inefficient departments, determine the amount of income/expenditure that needs to be increased or decreased, and know what to do to achieve the most efficient level.

Most of the health services in our country are provided by hospitals. Therefore, various factors affect the efficiency or inefficiency of hospitals, which are the locomotives of health services. Analyzing data using the DEA method and thereby determining the level of efficiency of hospitals provides important indicators for hospital managers [9]. Hospital managers can focus on low-efficiency departments based on the indicators of the analysis results. The reason for the failure to take various measures aimed at maximizing the output from existing revenues is that organizations providing health services are not managed by modern management methods [10]. From this point of view, it can be assumed that the failure of hospitals to achieve the intended level of efficiency is due to the insufficient functioning of the control mechanism. Therefore, it is necessary to identify the factors that reduce the qualitative and quantitative values of health services through various methodologies and analyzes, and develop various measures to increase efficiency. Thus, it is possible to provide high-quality medical services to the public by ensuring efficiency and productivity.

In this regard, the purpose of this research work is to conduct a comparative efficiency analysis with the DEA method in 11 departments of the Turkestan City Central Hospital, which, according to 2023 data, have inpatient services and can provide the necessary data for the DEA method, which was determined as a research method. The DEAP 2.1. program was used during the analysis. The research work prepared in this direction is a written study of the retrospective research type. Therefore, during this study, an approbation was conducted in the Turkestan City Central Hospital and 11 departments affiliated to it and the data for 2023 were taken as a basis. The capacity of the hospital, which was the basis for this study, is 403 beds; 159 of the beds are used for surgery, 202 for therapy, and 42 for life support services. The hospital employs 178 doctors,

including 14 general practitioners, 36 assistant physicians, 128 specialist physicians, and a total of 397 healthcare workers, including 64 midwives, 309 nurses, and 24 laboratory technicians.

In this regard, the set and sample of the research work are determined as follows:

The Turkestan City Central Hospital is the set (base mass) of the research work. As a sample (sample group) of the research work, 11 departments (DMD-Decision-making departments) of this hospital that have inpatient services and produce similar results using similar inputs were taken. They are:

- Neurosurgery
- Pediatric Surgery
- General Surgery
- Ophthalmology
- Obstetrics and Gynecology
- Thoracic Surgery
- Cardiac Surgery
- Otorhinolaryngology
- Orthopedics and Traumatology
- Plastic Surgery
- Urology

Table 1 - Technical efficiency results based on a constant income assumption according to the measurement scale

N	Name of the department	Technical efficiency result
1	Neurosurgery	0,773
2	Pediatric Surgery	0,653
3	General Surgery	0,723
4	Ophthalmology	1,000
5	Obstetrics and Gynecology	1,000
6	Thoracic Surgery	0,355
7	Cardiac Surgery	0,602
8	Otorhinolaryngology	1,000
9	Orthopedics and Traumatology	0643
10	Plastic Surgery	1,000
11	Urology	0,895
Average value		0,786

Note – Compiled by the authors

According to the DEA method, which is defined as a research method, if the number of inputs is determined as m and the number of outputs is determined as p, the number of DMDs must be at least m + p + 1 for the analysis to yield results. The study of the work and services provided by healthcare organizations is mainly focused on the use of hospital resources. This research work is also aimed at the efficient use of resources. Therefore, in this study, 2 inputs and 3 outputs were selected according to the nature of the HSEs and the available data. They are:

- 2 inputs:
- Number of doctors.
- Number of beds.
- 3 outputs:
- Number of treatments.
- Number of surgeries.
- Number of discharges.

The annual average of the analyzed inputs was taken and the total of the outputs was estimated. In short, managers (leaders) in hospitals and similar healthcare organizations have the

competence and authority to manage and control not only the organization' s outputs (products), but also its revenues. Within this logic, the model created during the research work is income-oriented (minimum income-maximum expenditure) and is designed in such a way that it provides a fixed and variable income result according to the measurement scale.

Results and discussion. Managers in hospitals and similar healthcare organizations have the authority to manage, direct, and control not only the organization' s output but also its revenues. Within this logic, the model in this study is designed to be revenue-oriented (minimum revenue, maximum expense), with fixed and variable revenue outcomes according to the measurement scale. First, the tables and their explanations are presented based on the fixed revenue forecast according to the measurement scale, and then on the variable revenue forecast according to the measurement scale.

As shown in Table 1, out of 11 departments identified as DMD, only 4 (ophthalmology, obstetrics and gynecology, otorhinolaryngology, plastic surgery) were found to be fully efficient. Based on this result, it can be said that this hospital is not operating with high efficiency. On the other hand, it can be seen that the efficiency level of the remaining departments, except for urology and the 4 fully efficient departments, is lower than the average efficiency value.

When examining the departments one by one, the differences between the input and output components and the target values and the departments that are exemplary for them are shown in Table 2.

Table 2 – Consistent income according to the measurement scale: exemplary departments

Neurosurgery	Exemplary section	Plastic Surgery	Ophthalmology	Obstetrics and gynecology	
	Lambda value	1,439	0,139	0,087	
Pediatric Surgery	Exemplary section	Ophthalmology	Obstetrics and gynecology		
	Lambda value	0,060	0,044		
General Surgery	Exemplary section	Plastic Surgery	Obstetrics and gynecology		
	Lambda value	1,377	0,466		
Ophthalmology	Exemplary section	Ophthalmology			
	Lambda value	1,000			
Obstetrics and gynecology	Exemplary section	Obstetrics and gynecology			
	Lambda value	1,000			
Breast surgery	Exemplary section	Obstetrics and gynecology			
	Lambda value	0,036			
Otorhinolaryn-gology	Exemplary section	Obstetrics and gynecology			
	Lambda value	0,219			

Orthopedics and Traumatology	Exemplary section	Plastic Surgery	Otorhinolaryn-gology	Obstetrics and gynecology	Ophthalmology
	Lambda value	0,388	0,345	0,288	0,270
Plastic Surgery	Exemplary section	Plastic Surgery			
	Lambda value	1,000			
Urology	Exemplary section	Obstetrics and gynecology	Plastic Surgery	Otorhinolaryn-gology	
	Lambda value	0,171	0,381	0,400	
Cardiac surgery	Exemplary section	Obstetrics and gynecology			
	Lambda value	0,219			

Note – Compiled by the authors

Table 3 - Comparative results of fixed, variable income and overall efficiency according to the measurement scale

N	Name of the department	CRS: Constant Income According to the Measurement Scale	VRS: Variable Remuneration Scale	Overall measurement efficiency
1	Neurosurgery	0,773	0,786	0,983(drs)
2	Pediatric Surgery	0,653	1,000	0,653(irs)
3	General Surgery	0,723	0,874	0,827(drs)
4	Ophthalmology	1,000	1,000	1,000
5	Obstetrics and Gynecology	1,000	1,000	1,000
6	Thoracic Surgery	0,355	1,000	0,355(irs)
7	Cardiac Surgery	0,602	0,632	0,952(irs)
8	Otorhinolaryngology	1,000	1,000	1,000
9	Orthopedics and Traumatology	0643	0,664	0,968(drs)
10	Plastic Surgery	1,000	1,000	1,000
11	Urology	0,895	0,899	0,996(irs)
Average value		0,786	0,896	0,885

Note – Compiled by the authors

As shown in Table 2, the departments of ophthalmology, obstetrics and gynecology, otorhinolaryngology, and plastic surgery are exemplary departments for inefficient departments. Since the 4 departments with the highest overall efficiency have a lambda value of 1, no exemplary departments have been identified for them. To give an example here, according to the data in the table, the departments that are exemplary for the neurosurgery department are: the plastic surgery department with the first lambda value of 1.439, ophthalmology with the second lambda

value of 0.139, and obstetrics and gynecology with the third lambda value of 0.087. Based on these exemplary departments and their lambda values, a formula indicating what revenues the neurosurgery department should have to be efficient was determined using the number of revenues in the departments and lambda values, and is shown below.

- Target income = [(5; 1) x 1.439] + [(20; 11) x 0.087] + [(8; 5) x 0.139] = (10.046; 3.091).

As mentioned in the "Materials and methods" section of the study, overall efficiency is the sum of technical efficiency and measurement efficiency. For this reason, it is necessary to consider technical and measurement efficiency separately in the analysis. Table 3 shows the CRS score for overall efficiency, the VRS score for technical efficiency and the measurement efficiency scores for the departments together.

When Table 3 above is examined in detail, the CRS values of the 11 departments whose efficiency was analyzed are the same as the CRS values presented in Table 1. As mentioned earlier, CRS values are a measure of overall efficiency for departments. However, the VRS values presented in Table 3 provide technical efficiency results based on variable success predictions according to the measurement scale. According to these results, the departments of ophthalmology, obstetrics and gynecology, otorhinolaryngology, and plastic surgery were also determined to be technically efficient as determined by CRS values. In addition, the departments of thoracic surgery and pediatric surgery, although having the lowest overall efficiency, had the highest score in technical efficiency. When these departments were evaluated in terms of measurement efficiency, while the departments of neurosurgery, general surgery, orthopedics, and traumatology had decreasing success according to the measurement scale, the departments of pediatric surgery, thoracic surgery, cardiac surgery, and urology had increasing success according to the measurement scale.

Table 4 - Variable income according to the measurement scale: sample sections

Neurosurgery	Exemplary section	Plastic Surgery	Ophthalmology	Obstetrics and gynecology	
	Lambda value	0,661	0,208	0,131	
Pediatric Surgery	Exemplary section	Pediatric Surgery			
	Lambda value	1,000			
General Surgery	Exemplary section	Plastic Surgery	Obstetrics and gynecology	Otorhinolaryn-gology	
	Lambda value	0,290	0,473	0,237	
Ophthalmology	Exemplary section	Ophthalmology			
	Lambda value	1,000			
Obstetrics and gynecology	Exemplary section	Obstetrics and gynecology			
	Lambda value	1,000			
Breast surgery	Exemplary section	Obstetrics and gynecology			
	Lambda value	1,000			

Otorhinolaryn-gology	Exemplary section	Obstetrics and gynecology			
	Lambda value	1,000			
Orthopedics and Traumatology	Exemplary section	Plastic Surgery	Otorhinolaryn-gology	Obstetrics and gynecology	Ophthalmology
	Lambda value	0,066	0,416	0,303	0,215
Plastic Surgery	Exemplary section	Plastic Surgery			
	Lambda value	1,000			
Urology	Exemplary section	Obstetrics and gynecology	Plastic Surgery	Otorhinolaryn-gology	Pediatric Surgery
	Lambda value	0,169	0,391	0,395	0,045
Cardiac surgery	Exemplary section	Obstetrics and gynecology	Plastic Surgery		
	Lambda value	0,153	0,847		

Note – Compiled by the authors

As shown in Table 4, the departments of plastic surgery, obstetrics and gynecology, ophthalmology, otorhinolaryngology, pediatrics, and thoracic surgery are exemplary departments for inefficient departments. Since the 6 departments with the highest overall efficiency have a lambda value of 1, no exemplary departments have been identified for them. To give an example here, according to the data in the table, the departments that are exemplary for the neurosurgery department are: plastic surgery with a lambda value of 0.661 in the first place, ophthalmology with a lambda value of 0.208 in the second place, and obstetrics and gynecology with a lambda value of 0.131 in the third place. It is important to note here that the study is input-oriented and cannot participate in output.

Conclusions. In general, this study conducted an efficiency analysis of 11 departments of the Turkestan City Central Hospital and evaluated their conditions, with varying results. While there are many studies in the literature that use DEA to analyze groups of private and public hospitals and their health centers, there are very few studies that analyze and evaluate departments and clinics within a single hospital. In addition, there are few studies that use similar inputs and outputs to those used in this study.

According to the results of the analysis of the 11 departments considered in this study, the departments of ophthalmology, obstetrics and gynecology, otorhinolaryngology, and plastic surgery were found to be fully inefficient based on the CRS forecast. And according to the fixed income forecast according to the measurement scale, only about 36% of these departments were recognized as fully efficient. Based on the VRS forecast, the departments of pediatric surgery, ophthalmology, obstetrics and gynecology, otorhinolaryngology, and plastic surgery were technically efficient. And according to the variable income forecast according to the measurement scale, about 55% of these departments were considered technically efficient. The greater efficiency of departments according to the VRS forecast compared to the results obtained under the CRS forecast is due to the greater flexibility of the VRS forecast and the positive effect on efficiency through the use of variable income. An important point to note in the analysis results is the need to reduce the number of doctors and beds in all departments recognized as inefficient. This situation indicates that inefficient departments use human

resources and physical capabilities inefficiently and unproductively.

In this regard, based on the data obtained from the study, the following recommendations are made on improving efficiency in relation to low efficiency and highlighting the importance of efficiency:

- Since the results of the DEA method show the relative efficiency between departments, inefficient departments should be taken as a basis for model departments.

- The excess and empty number of doctors and beds in all inefficient departments should be reorganized, human resources and physical capabilities should be reorganized.

- In order to effectively use human resources and physical capabilities, the relevant department needs excellent managers who can measure and evaluate efficiency and effectiveness.

- Inefficient departments should work directly with departments that need excess and empty resources and share these resources.

- The principles of efficiency and productivity should be given special importance in the management of healthcare organizations.

- Hospitals that use the bulk of the allocated resources in the healthcare sector should conduct more efficiency and productivity analyses.

- Hospital management should use the results of the efficiency and productivity analysis as a roadmap and allocate resources in accordance with these analyses.

- In the course of efficiency analyses, it is necessary to achieve a wide range of results by using various inputs and outputs.

In conclusion, all these recommendations indicate ways to effectively use scarce resources. Therefore, we believe that this research work conducted at the Turkestan City Central Hospital will be useful in terms of effective use of resources, consistent quality provision of health services, and most importantly, ”doing the right thing well.”

References

1. Kostyrin, E.V. Economic and mathematical models of financial incentives for the personnel at medical organization departments // International Journal of Pharmaceutical Research. -2020. Vol.12(4). -P. 1769–1780. DOI 10.28991/ESJ-2023-07-03-017

2. Nundoochan, A. Improving public hospital efficiency and fiscal space implications: The case of Mauritius // International Journal for Equity in Health.- 2020.-Vol.19(1).- P.152-160. DOI 10.1186/s12939-020-01262-9

3. Ahmadvand, S., Pishvaee, M.S. An efficient method for kidney allocation problem: a credibility-based fuzzy common weights data envelopment analysis approach // Health Care Management Science. -2018. Vol.21(4). - P.587–603. DOI 10.1007/s10729-017-9414-6

4. Kim, C., Kim, H.J. A study on healthcare supply chain management efficiency: using bootstrap data envelopment analysis // Health Care Management Science. -2019.- Vol.22(3). - P.534-548. DOI 10.1007/s10729-019-09471-7

5. Duffourc, M.N. Filling voice promotion gaps in healthcare through a comparative analysis of error reporting and learning systems and open communication and disclosure policies in the United States and Germany // American Journal of Law and Medicine.- 2018.- Vol.44(4). -P. 579–605. DOI 10.1177/0098858818821137

6. Björkelund, C., Svenningsson, I., Westman, J., Petersson, E.-L., Hange, D., Holst, A., Wallin, L., Udo, C. Effects of a care manager organization for care of people with mild-moderate depression in Swedish primary care // Lakartidningen.-2019.-Vol.116(1).- P.29-40. PMID: 31688945

7. Yamin, M., Alharthi, S. Measuring impact of healthcare information systems in administration and

operational management // International Journal of Information Technology (Singapore).- 2020. -Vol.-12(3).- P. 767-774. DOI 10.1007/s41870-019-00329-3

8. Shi, Z., Wu, F., Huang, H., Sun, X., Zhang, L. Comparing economics, environmental pollution and health efficiency in China // International Journal of Environmental Research and Public Health.- 2019. -Vol.16(23).- P.258-264. DOI 10.3390/ijerph16234827

9. Chai, P., Zhang, Y., Zhou, M., Liu, S., Kinfu, Y. Technical and scale efficiency of provincial health systems in China: A bootstrapping data envelopment analysis // BMJ Open. – 2019. -Vol.9(8). -P.77–92. DOI 10.1136/bmjopen-2018-027539

10. Peixoto, M.G.M., Musetti, M.A., Mendonça, M.C.A. Multivariate analysis techniques applied for the performance measurement of Federal University Hospitals of Brazil // Computers and Industrial Engineering .- 2018. -Vol.126.- P.16-29. DOI 10.1016/j.cie.2018.09.020

Information about the authors

Kelesbayev D.N. - PhD, Professor, Akhmet Yassawi University, Turkestan, Kazakhstan, e-mail: dinmukhamed.kelesbayev@ayu.edu.kz;

Kuralbayev A.A. - PhD, Senior Lecturer, Akhmet Yassawi University, Turkestan, Kazakhstan, e-mail: almas.kuralbayev@ayu.edu.kz;

Keneshbayev B.Zh. - PhD, Senior Lecturer, Akhmet Yassawi University, Turkestan, Kazakhstan, e-mail: keneshbayev_bektur@ayu.edu.kz;

Mombekova G.R. - PhD, Associate Professor, Akhmet Yassawi University, Turkestan, Kazakhstan, e-mail: gulmira.mombekova@ayu.edu.kz;

Mutaliyeva A.A. - PhD, Senior Lecturer, Regional Innovation University, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: Alua012@mail.ru.

Сведения об авторах

Келесбаев Д.Н. - PhD, профессор, Университет Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан, e-mail: dinmukhamed.kelesbayev@ayu.edu.kz;

Куралбаев А.А. - PhD, Старший преподаватель, Университет Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан, e-mail: almas.kuralbayev@ayu.edu.kz;

Кенешбаев Б.Ж. - PhD, Старший преподаватель, Университет Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан, e-mail: keneshbayev_bektur@ayu.edu.k;

Момбекова Г.Р. - PhD, доцент, Университет Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан, e-mail: gulmira.mombekova@ayu.edu.kz;

Муталиева А.А. - PhD, Старший преподаватель, Региональный инновационный университет, Шымкент, Казахстан, e-mail: Alua012@mail.ru.

МРНТИ 06.71.02, 06.61.23 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-734**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ, РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ТОРГОВЛИ АГРОПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИЕЙ

Б.У. Сыздыкбаева

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

Корреспондент-автор: bakyt_syzdykbaeva@mail.ru

В статье рассматриваются результаты исследования проектирования размещения логистической инфраструктуры агропродовольственной продукции с применением собственного методологического подхода к формированию и определению потенциальных мест ее размещения: складских хранилищ, оптово-распределительных центров по хранению, сбыту и торговле агропродовольственной продукцией на территории страны, а также предполагаемых зон их обслуживания, способствующих повышению эффективности их функционирования.

Исследования проведены с использованием методов стандартизации показателей, кластерного, корреляционно-регрессионного, факторного анализа, методов центра тяжести, ранжирования. В статье показана реализация предложенного подхода на примере использования статистических данных 204 объектов - административных районов и городов Казахстана.

На первом этапе исследования определены потенциальные места размещения распределительных центров сельскохозяйственной продукции на основе предложенных критериев. На основе факторного анализа сформированы новые факторы с целью определения критериев выбора мест размещения логистической инфраструктуры. Кластерный анализ позволил дифференцировать территории и определить характеристики логистической инфраструктуры для их размещения, в зависимости от их специализации.

На втором этапе уточнены потенциальные места размещения логистической инфраструктуры и географическая привязка объектов на территории административно-территориальных единиц.

На третьем этапе, с помощью весовых коэффициентов и интегрального показателя привлекательности расположения логистических инфраструктур, определена зона обслуживания логистической инфраструктуры хранения, сбыта и торговли в соответствии с потенциальными местами размещения на территории регионов.

Предлагаемый подход, в отличие от существующих ранее, учитывает особенности функционирования инфраструктуры хранения, сбыта и торговли, взаимоувязывает эти объекты с транспортной и складской доступностью на территории регионов.

Ключевые слова: логистическая инфраструктура, критерий выбора и размещения, оптово - распределительный центр, транспортная и складская доступность, транспортная и складская сеть, факторный и кластерный анализ, хранение, распределение и торговля агропродовольственной продукции, скоропортящаяся продукция

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ӨНІМДЕРІН САҚТАУ, ТАРАТУ ЖӘНЕ САТУ ҮШІН ЛОГИСТИКАЛЫҚ ИНФРАҚҰРЫЛЫМДЫ ОРНАЛАСТЫРУДЫ ЖОБАЛАУ ЖӘНЕ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Б.Ұ. Сыздықбаева

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
e-mail: bakyt_syzdykbaeva@mail.ru

Мақалада өзіндік әдіснамалық тәсілді қолдана отырып ел аумағында агроазық-түлік өнімдерінің логистикалық инфрақұрылымын: сақтау қоймаларын, агроазық-түлік өнімдерін сақтау, өткізу және

сату жөніндегі көтерме-тарату орталықтарын орналастыруды жобалауды зерттеу және оны орналастырудың әлеуетті орындарын

анықтау нәтижелері, сондай-ақ олардың жұмыс істеу тиімділігін арттыруға ықпал ететін қызмет көрсету аймақтары қарастырылады.

Зерттеулер индикаторларды стандарттау әдістерін, кластерлік, корреляциялық-регрессиялық, факторлық талдауды, ауырлық центрінің әдістерін, рейтингтерді қолдана отырып жүргізілді. Мақалада, ұсынылған тәсілдің жүзеге асырылуы Қазақстанның 204 әкімшілік аудандары мен қалаларының статистикалық деректерін пайдалану мысалында көрсетілген.

Зерттеудің бірінші кезеңінде ұсынылған критерийлер негізінде ауыл шаруашылығы өнімдерін тарату орталықтарын орналастырудың әлеуетті орындары анықталды. Логистикалық инфрақұрылымды орналастыру орындарын таңдау критерийлерін анықтау мақсатында факторлық талдау жасалынып жаңа факторлар қалыптастырылды. Кластерлік талдау аумақтарды саралауға және олардың мамандануына байланысты оларды орналастыру үшін логистикалық инфрақұрылымның сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік берді.

Екінші кезеңде әкімшілік-аумақтық бірліктер аумағындағы объектілердің логистикалық инфрақұрылымын орналастырудың және географиялық байланыстырудың әлеуетті орындары нақтыланды.

Үшінші кезеңде салмақ коэффициенттері мен логистикалық инфрақұрылымдардың орналасу тартымдылығының интегралды көрсеткіші көмегімен өңірлердің аумағында әлеуетті орналастыру орындарына сәйкес сақтаудың, өткізудің және сауданың логистикалық инфрақұрылымына қызмет көрсету аймағы айқындалды.

Ұсынылған тәсіл, бұрынғылардан айырмашылығы, сақтау, сату және сауда инфрақұрылымының жұмыс істеу ерекшеліктерін ескереді, бұл объектілерді аймақтардағы көліктік және қоймалық қолжетімділікпен байланыстырады.

Түйін сөздер: логистикалық инфрақұрылым, таңдау және орналастыру критерийі, көтерме-тарату орталығы, көліктік және қоймалық қолжетімділік, көлік және қойма желісі, факторлық және кластерлік талдау, агроазық-түлік өнімдерін сақтау, тарату және сату, тез бұзылатын өнім

DESIGNING AND IMPROVING THE EFFICIENCY OF LOGISTICS INFRASTRUCTURE PLACEMENT FOR STORAGE, DISTRIBUTION AND TRADE OF AGRI-FOOD PRODUCTS

B.U. Syzdykbayeva

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

The article considers the results of a study of the design of the logistics infrastructure of agri-food products placement using our own methodological approach to the formation and determination of potential locations of its placement: warehouses, wholesale distribution centers for storage, marketing and trade of agri-food products in the country, as well as their intended service areas that contribute to improving the efficiency of their functioning.

The research was carried out using methods for standardizing indicators, cluster analysis, correlation and regression analysis, factor analysis, center of gravity methods and ranking. The article shows the implementation of the proposed approach on the example of using statistical data from 204 objects - administrative districts and cities of Kazakhstan.

At the first stage of the study, potential locations of agricultural product distribution centers were determined based on the proposed criteria. Based on the factor analysis, new factors are formed to determine the criteria for selecting locations for logistics infrastructure. Cluster analysis made it possible to

differentiate territories and determine the characteristics of the logistics infrastructure for their placement, depending on their specialization.

At the second stage, the potential locations of logistics infrastructure and geographical reference of objects on the territory of administrative divisions are clarified.

At the third stage, using weighting coefficients and an integral indicator of the attractiveness of the location of logistics infrastructures, the service area of the logistics infrastructure of storage, sales and trade was determined in accordance with potential locations on the territory of the regions.

The proposed approach, as opposed to previous ones, takes into account the specifics of the functioning of the storage, sales and trade infrastructure, and connects these objects with transport and warehouse availability in the regions.

Keywords: logistics infrastructure, selection and placement criteria, wholesale distribution center, transport and warehouse accessibility, transport and warehouse network, factor and cluster analysis, storage, distribution and trade of agri-food products, perishable products

Введение. В современных условиях актуальной для аграрного сектора является не только задача увеличения объемов производства продукции, но и проблема ее хранения, реализации и доведения до конечного потребителя.

Проблема сбыта сельскохозяйственной продукции остро стоит перед аграриями, так как продукция зачастую реализуется без учета региональной и мировой рыночной конъюнктуры, что позволяет многочисленным посредническим структурам скупать сельскохозяйственную продукцию по заниженным ценам, получать значительную прибыль на ее перепродаже и приводит к снижению конкурентоспособности отечественной продукции по сравнению с зарубежными аналогами.

Для решения данной проблемы, в большинстве стран Европы оптовая торговля всей скоропортящейся продукции организована через оптовые продовольственные рынки. Примерами успешных товаропроводящих сетей на базе сетей оптово-распределительных центров (ОРЦ) являются оптовый продовольственный рынок «Rungis» (Франция) (http://www.rungisinternational.com/), сеть оптовых продовольственных рынков «Mercasa» (Испания) (http://www.mercasa.es/) и оптовый продовольственный рынок «Bronisze» (Польша) (https://www.bronisze.com.pl).

Актуальность развития сети ОРЦ для сбыта сельскохозяйственной продукции в Казахстане обусловлена целым рядом проблем, решение которых стратегически важно для продовольственной безопасности Казахстана.

Во-первых, большая территория страны и низкая плотность населения, неравномерное размещение основных производителей сельскохозяйственной продукции и потребителей по регионам являются причиной высоких затрат на доставку и высоких потерь продукции в Казахстане. Степень концентрации (размещения) производителей продукции агропромышленного комплекса (АПК) и объектов торговли в регионах неравномерная - варьируется от низкой плотности до высокой плотности размещения.

Более 75% продукции сельского хозяйства перевозится автомобильным транспортом. Транспортировка на дальние расстояния также является причиной высоких затрат и потерь продукции.

Несмотря на различные меры государственной поддержки, имеется большой дефицит логистической инфраструктуры по хранению, упаковке и транспортировке, современных форматов торговли, что приводит к большим потерям продукции, которые составляют в плодоовощном хозяйстве до 40%, в животноводстве - до 20-25%. Особенно это проявляется в деятельности мелких сельскохозяйственных производителей.

Во-вторых, быстрый рост и расширение торговых сетей по стране ведет к росту импорта продукции, по причине того, что большая часть продукции мелких сельхозпроизводителей и их то-

варный вид не удовлетворяют требованиям торговых сетей. Отсутствуют устойчивые рынки сбыта. Отсутствие ОРЦ, основной задачей которых является консолидация, обработка и переработка, упаковка, оптовая и мелкооптовая продажа продукции, ограничивает возможности местных оптовых и розничных торговых рынков работать с крупными торговыми сетями.

Отсутствует система современных оптовых рынков и ОРЦ, способных оптимально аккумулировать и распределять продукцию отечественных товаропроизводителей, прежде всего мелких производителей продукций АПК. Структура сельскохозяйственных производителей весьма неоднородная. Основную их массу (около 85%) составляют мелкие домашние хозяйства, которые производят большую часть всей сельскохозяйственной продукции и продукции растениеводства в стране.

В настоящее время распределение товаров и услуг в целом по товаропроводящей цепи, по нашему мнению, нерационально и носит случайный характер.

Для решения данной проблемы в 2020 году в Казахстане принято решение о строительстве сети ОРЦ [1].

Очевидно, что решение проблемы оптимального размещения и зоны обслуживания логистических инфраструктур по хранению, сбыту и торговле агропромышленной продукции по территории страны и их эффективной работы является актуальной для Казахстана.

Несмотря на многочисленные научные разработки по выбору места размещения распределительных центров (РЦ) для сбыта агропродовольственной продукции и их проектирования, а также оценки эффективности их деятельности, можно констатировать, что имеющиеся решения научной проблемы в области организационно-методического обеспечения формирования логистической инфраструктуры требуют более обстоятельного изучения, в особенности, применительно к сельскохозяйственной продукции.

Это обусловлено, во-первых, отраслевой спецификой и существенным отличием сельскохозяйственной продукции от продукции других видов промышленного производства. Во-вторых, существенными недостатками в методическом инструментарии – дефицитом современных методик, базирующихся на научно обоснованных критериях оценки рационального размещения логистических объектов, что и определило выбор цели и задачи исследования. При большой территории и низкой плотности населения и размещения инфраструктуры это задача требует своего научно-обоснованного решения с учетом различных факторов, которые влияют на выбор и эффективность функционирования логистической инфраструктуры.

Цель исследования - разработка организационных решений по формированию и эффективному размещению логистической инфраструктуры по хранению, сбыту и торговле агропродовольственной продукции, в частности, складских хранилищ и ОРЦ.

В настоящем исследовании основное внимание сосредоточено на объектах логистической инфраструктуры, относящихся к группе посреднических, распределительных и торговых организаций: складские хранилища сельскохозяйственной продукции (зерно-, овоще-, фрукто-, ягодо-, картофелехранилища) и ОРЦ. Поскольку эти организации оказывают непосредственное влияние на процесс товарообращения продовольственной продукции, то есть хранения, сбыта и торговли.

Решение проблемы рационального размещения ОРЦ дает возможность реализовать проекты по развитию АПК РК на 2021-2025гг. [2] и торговли на 2021-2025гг. [1], определить долгосрочные инвестиции в развитие ОРЦ по регионам Казахстана.

Материалы и методы. Важным структурным компонентом распределительной системы является логистическая инфраструктура, обеспечивающая хранение, распределение и торговлю продукции. Роль логистической инфраструктуры заключается в оптимальном размещении и обеспечении эффективной доставки грузов при скоординированном взаимодействии множества структур, элементов и звеньев логистической инфраструктуры: сервисной, торговой, складской и

транспортной сети [3].

Проблема выбора оптимального места размещения складов существует достаточно давно, и для ее решения предложено множество моделей [4-7]. Проектирование и размещение распределительных мощностей и потребителей изучено во многих зарубежных трудах. Данный вопрос решается путем разбиения территории на участки, на которых располагаются распределительные пункты [8], путем моделирования спроса на продукцию, плотности распределения населения [9], учета географических [10], социально-экономических и инфраструктурных факторов [11, 12].

Многие компании сталкиваются со стратегическим решением относительно количества РЦ, их местоположения и клиентов, которых они обслуживают [13]. Одной из целей компании, принимающей это решение, является поддержание приемлемого уровня обслуживания при минимизации постоянных затрат на эксплуатацию РЦ, затрат на хранение запасов в РЦ и транспортных расходов между заводами и РЦ, а также РЦ и клиентами.

Модель поставки сельскохозяйственной продукции состоит из функции распределения, хранения, переработки, сертификации и мониторинга объектов инфраструктуры, информационного и транспортного обеспечения [14]. Актуальным является определение оптимального, научно-обоснованного, стандартизированного и практичного местоположения логистической инфраструктуры. В предыдущих исследованиях установлены требования к оценке местоположения логистической инфраструктуры с точки зрения условий товародвижения [15], законов и политики [16], ресурсов [17], бизнес-среды [18], окружающей природной среды [19], затрат и качества информации [20].

Обзор литературы цепочки поставок продовольствия за 2010-2021гг. показал [21]: в 56% статей используются математические и вычислительные методы оптимизации процесса определения местоположения и мощностей логистических объектов, 40% - передовые технологии, модели планирования и оптимизации поставок. Данные исследования подтверждают важность изучения проблемы потерь и порчи продукции из-за неэффективной работы логистической инфраструктуры.

В настоящее время остро ощущается нехватка качественной инфраструктуры хранения производимой сельхозпродукции в Казахстане, что из года в год увеличивает издержки аграрного сектора. Основной объем валового сбора скоропортящейся продукции и картофеля осуществляется в южных регионах (Алматинской, Туркестанской, Жамбылской областях) и на востоке страны (Восточно-Казахстанской области), картофеля – северных областях страны (Павлодарской, Карагандинской, Северо-Казахстанской, Акмолинской областях).

В начале 2023 года мощности скоропортящейся плодоовощной продукции (овоще-, фруктохранилища) составили 1,95 млн тонн. Мощности хранения и распределения 5 единиц ОРЦ составили 65 тыс. тонн, мощности 8 единиц ТЛЦ - 72 тыс. тонн. Дефицит мощностей хранилищ плодоовощной продукции составил 35,5%.

Нехватка инфраструктуры хранения по регионам также неравномерна. В отдельных регионах недостаточно развита складская инфраструктура по хранению плодоовощной продукции и пищевых продуктов. Наибольший дефицит (свыше 500 тыс. тонн в каждом регионе) наблюдается в Алматинской, Жамбылской, Туркестанской, Северо-Казахстанской, Туркестанской областях и в г. Шымкент. Дефицит объемом в пределах 50-100 тыс. тонн наблюдается в Атырауской, Актюбинской, Восточно-Казахстанской, Западно-Казахстанской, Мангистауской, Карагандинской, Костанайской, Северо-Казахстанской областях, а также в г. Астана.

Сельскохозяйственные товаропроизводители испытывают серьезные затруднения с продажей произведенной продукции. Так, через оптово-розничные продовольственные рынки реализуется в порядке 45% продукции сельского хозяйства; через прямые поставки фермерами на рынок - 5-10%; через торгово-логистические центры и ОРЦ 5-10%; 35-40% мелких фермеров продают свою продукцию прямо со своего фер-

мерского хозяйства торговцам; через платформы электронной площадки - около 1%.

Наибольший удельный вес в общем объеме розничной торговли агропродовольственной продукции республики в 2023г. приходится на города Алматы (32,2%) и Астана (12,9%), а также Карагандинскую (8%) и Восточно-Казахстанскую (6%) области.

Для решения проблем сбыта продукции, прямого выхода на торговые объекты, отсутствия овощехранилищ возникает актуальный вопрос строительства ОРЦ по хранению, распределению и торговле агропродовольственной продукции.

Построение модели ОРЦ агропродовольственной продукции проводилось в последовательности, включающей следующие этапы.

Этап 1. Определение потенциальных мест размещения ОРЦ: анализ и отбор показателей, определяющих места выбора и размещения; стандартизация показателей; определение весовых коэффициентов показателей; факторный анализ показателей и выявление наиболее важных факторов; кластерный анализ для выявления территориального распределения производств продукций АПК и формирование кластеров; расчет рейтингов и дифференциация районов по уровню привлекательности размещения логистических инфраструктур.

Этап 2. Уточнение потенциальных мест размещения: определение радиуса действия логистической инфраструктуры; определение потенциальных мест размещения

Этап 3. Определение зоны обслуживания: определение зоны обслуживания ОРЦ; экономическая интерпретация полученных результатов.

Результаты и обсуждение.

Этап 1. Определение потенциальных мест размещения ОРЦ

1.1. Анализ, и отбор показателей, определяющих места выбора и размещения по статистическим данным за 2021-2023гг.

Для характеристики ОРЦ нами из различных литературных источников были выбраны 40 показателей, прямо или косвенно влияющих на выбор места размещения логистических объектов по статистическим данным Бюро национальной статистики Республики Казахстан (БНС РК). Вычисление корреляционной матрицы для переменных, участвующих в анализе, позволило исключить зависимые (коррелирующие) параметры, отобрать наиболее значимые 19 факторов. Из них 15 показателей имеются на сайте БНС РК (https://stat.gov.kz/en/), а остальные 3 показателя (X9, X10 и X11) выбраны на основе изучения онлайн-карты (https://yandex.kz/maps/ru/) транспортных маршрутов по всем регионам Казахстана.

Были оценены значимость показателей и исключены незначимые факторы (оценка значимых показателей корреляции по p-value: $p<0,05$; $p<0,01$; $p<0,001$).

В таблице 1 представлены результаты оценки значимых показателей.

Таблица 1 - Переменные после исключения коррелирующих параметров

№	Факторы	Показатели	Название переменной	Единица измерения	Описание показателя
1	Социальные факторы	X1	Численность населения	чел.	Среднегодовая численность населения
		X2	Доход на душу населения	тыс. тг.	Отношение годового объема денежных доходов на количество месяцев и на среднегодовую численность населения

2	Экономические факторы	X3	Количество производителей сельскохозяйственной продукции	ед.	Показатель уровня концентрации производителей продукции
		X4	Объем грузоперевозки агропродовольственной продукции	т	Характеристика объемов сельскохозяйствен-ной перевозки продовольственной продукции в регионах
		X5	Объем производства сельскохозяйственной продукции	млн тг.	Объемы производства продукции
		X6	Розничный и оптовый товарооборот продовольственных товаров	млн тг.	Объемы розничной и оптовой реализации продовольственных товаров
		X7	Инвестиции в основной капитал логистической инфраструктуры (торговля, транспорт и складирование, связь)	млн тг.	Инвестиции в инфраструктуру в регионах
3	Региональные факторы	X8	Доступность (наличие) логистических мощностей хранения, распределения и торговли сельхозпродукции, от 0 до 1	да - 1, нет - 0	Физическая доступность (наличие) мощностей. Определяется по статистическим данным по каждому региону
		X9	Доступность железной дороги, от 0 до 1	нет - 0, есть - 1, частично – 0,5	Показатель уровня обеспеченности железнодорожной сетью. Определяется на основе карты транспортных дорог регионов https://yandex.kz/maps/ru/
		X10	Среднее время транспортировки на автотранспорте	час	Показатель, определяющий быстроту доставки продукции до места назначения. Время перевозки от районного центра до областного центра. Определяется на основе онлайн карты https://yandex.kz/maps/ru/
		X11	Расстояние от районного центра до областного центра на автотранспорте	км	Расстояние перевозки -определяется по карте маршрута https://yandex.kz/maps/ru/

4	Производственные факторы	X12	Производство и реализация мяса и молока	т	Объем реализации продукции в каждом регионе
		X13	Производство и реализация овощей и бахчевых	т	
		X14	Производство и реализация фруктов и ягод	т	
		X15	Производство зерновых	тыс. т	
		X16	Объем производства и реализация яиц	тыс. шт.	
		X17	Объем производства и реализация картофеля	т	
5	Экологические факторы	X18	Объем твердых отходов при реализации продукции	т	Количество отходов при реализации продукции на основе статистики https://stat.gov.kz
		X19	Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ	т	Выбросы в атмосферу определены на основе статистики https://stat.gov.kz
Примечание: Данные получены в результате определения значимости факторов					

Описательная статистика выбранных показателей представлена в таблице 2.

Таблица 2 - Описательная статистика выбранных показателей (*n*=204, *m*=19)

Показатели	Значение	Стандартное отклонение	Медиана	Эксцесс	Асимметрия	Тест Харке-Бера	р-значение*
X1	93665,9	195561,2	39478,5	55,31	6,67	0,95	0,41
X2	125394,7	38483,4	119790,0	2,32	1,29	1,12	0,24
X3	9267,5	8627,2	6743,0	6,67	2,26	1,35	0,31
X4	233,1	224,4	172,9	5,34	1,82	2,17	0,51
X5	35791,7	25323,2	32653,5	1,87	1,09	1,85	0,05
X6	43085,7	291685,9	1759,4	167,57	12,52	0,87	0,14
X7	3797,8	4533,7	2011,1	8,55	2,36	0,97	0,41
X8	33280,7	60580,9	5825,0	7,95	2,68	1,23	0,15
X9	17,6	26,6	6,0	6,18	2,31	2,47	0,52
X10	3,3	2,0	2,9	0,22	0,75	1,84	0,50
X11	216,0	147,0	195,0	0,03	0,64	0,78	0,34
X12	215,8	150,3	194,8	0,00	0,63	2,68	0,45

X13	36945,1	92134,7	6184,0	27,85	4,82	2,74	0,38
X14	2994,5	10905,2	150,4	49,13	6,50	0,81	0,27
X15	80521,7	107472,3	30717,3	2,26	1,64	1,21	0,31
X16	24655,9	59291,9	6209,3	13,69	3,69	0,87	0,12
X17	19762,7	26773,7	8121,2	5,61	2,24	2,37	0,49
X18	3369,9	3094,9	2435,0	49,46	6,10	1,41	0,34
X19	12983,7	44868,1	2133,2	31,38	5,47	0,97	0,24

*Примечание: *достоверно при p<0.05*
Источник: Статистические данные по РК за 2021-2023гг.

Коэффициент асимметрии и эксцесс близки к нулю, что делает возможным приближение к нормальному распределению. Гипотезу о нормальности можно принять на основе статистики Харке-Бера на уровне 5%. Таким образом, все параметры, изучаемые в таблице 3, могут быть использованы в качестве методов параметрической статистики для дальнейшего анализа.

1.2. Стандартизация показателей осуществлена переходом от матрицы исходных данных к матрице стандартизированных показателей матрицы размерностью 204 х 19 (204 - количество территорий, 19 – переменные, взятые из таблицы 1).

1.3. Определение весовых коэффициентов показателей позволяет определить их значимость для формирования рейтинга. Данные действия осуществлялись с использованием программы SPSS 21.0. Расчеты показали, что выбранные показатели являются существенными, так как коэффициент дисперсии равен 93,2% (табл.3).

Таблица 3 - Весовые коэффициенты показателей, влияющих на выбор места размещения

Показатели	Весовые коэффициенты
Численность населения (X1)	-0,9784
Доходы на душу населения (X2)	0,5314
Количество производителей сельскохозяйственной продукции (X3)	-0,9529
Объем перевозки грузов сельскохозяйственной продукции автомобильным транспортом (X4)	-0,8194
Объем реализации сельскохозяйственной продукции (X5)	0,9930
Объем оптового и розничного товарооборота продовольственных товаров (X6)	0,4546
Инвестиции в основной капитал логистической инфраструктуры (X7)	0,4387
Доступность (наличие) мощностей хранения сельхозпродукции (X8)	0,8754
Доступность железной дороги* (X9)	0,6654
Время транспортировки продукции на автотранспорте** (X10)	-0,8427
Расстояние от центра района до РЦ в областном центре** (X11)	-0,7123

Производство сельскохозяйственной продукции в натуральном выражении (X12-X17)	0,9508
Объем твердых отходов при реализации продукции (X18)	-0,6412
Выбросы в атмосферу загрязняющих веществ	-0,4517
Общая дисперсия	2,2305
Доля общей дисперсии	0,9327
*Примечания: * определены на основе онлайн-карты железных дорог РК. https://nkregion.kz/info/maps/63-railways.html* *** определены на основе карты https://www.google.kz/maps* *Источник: Статистические данные по Казахстану*	

1.4. Проведенный факторный анализ позволил сформировать, сократить количество переменных и сгруппировать их. На основе анализа построены матрицы значений факторов F_{ji} для всех 204 территорий (районов, городских агломераций), которые в дальнейшем использованы для расчета рейтинга места размещения логистических объектов, полученного с использованием программы SPSS 21.0.

В первом блоке показателей главная компонента объяснила 27,38% вариации *xj,* во втором блоке - 20,17% вариации и 15,95; 11,39; 6,76% вариации соответственно по компонентам (таблица 4).

Таблица 4 - Объясненная совокупная дисперсия (метод главных компонент)

Начальные собственные значения	Компонента				
	1	2	3	4	5
Всего	4,108	3,026	2,393	1,709	1,015
% дисперсии	27,387	20,174	15,954	11,393	6,767
Суммарный %	27,387	47,561	63,516	74,908	81,675
Примечание: Результаты вычисления с использованием программы SPSS 21.0					

Использование данного метода позволило в каждом из блоков показателей, характеризующих эффективность функционирования логистической инфраструктуры, выделить главные компоненты путем «сжатия» переменных (таблица 5).

Таблица 5 - Факторные нагрузки по главным компонентам для выбора места размещения логистической инфраструктуры хранения, сбыта и торговли

Показатели	Средние значения компонент за 2021-2023гг.				
	F1	F2	F3	F4	F5
X1	0,058	**0,826**	-0,087	-0,193	0,014
X2	-0,346	**0,753**	0,371	0,052	0,035
X3	**0,856**	-0,027	-0,048	-0,074	0,034
X4	**0,854**	-0,057	0,315	0,003	0,196

X5	**0,835**	-0,085	0,280	0,043	0,378
X6	-0,076	**0,972**	-0,047	-0,073	-0,013
X7	-0,455	**0,954**	-0,001	-0,008	0,014
X8	-0,083	-0,014	**0,924**	-0,043	-0,095
X9	0,002	-0,026	**0,922**	-0,077	-0,081
X10	-0,022	-0,088	-0,049	**0,979**	-0,088
X11	-0,007	-0,149	-0,036	**0,976**	-0,077
X12	**0,739**	-0,081	0,010	0,164	0,316
X13	**0,728**	0,036	-0,158	0,011	-0,166
X14	**0,700**	0,050	-0,044	-0,139	-0,247
X15	**0,726**	-0,106	0,204	0,044	0,320
X16	**0,828**	0,040	-0,012	-0,163	0,062
X17	**0,698**	-0,013	0,010	-0,114	0,372
X18	0,024	0,217	-0,171	0,008	**0,854**
X19	0,173	0,018	**0,719**	0,131	0,042

Примечание: Метод выделения факторов: метод главных компонент. Метод вращения: Варимакс с нормализацией Кайзера. Вращение сошлось за 5 итераций

По факторному анализу выведены следующие результаты: альфа-Кронбаха равен 0,81 - выбранные переменные приемлемые. Кайзер-Мейер-Олкин (КМО), равный 0,73, является удовлетворительным.

Получена матрица значений для пяти групп факторов: F1, F2, F3, F4 и F5 по каждому из 204 территорий.

В матрице главных компонент среднее значение весовых коэффициентов определилось следующими переменными: F1 (X3, X4, X5, X12, X13, X14, X15, X16, X17), F2 (X1, X2, X6, X7), F3 (X8, X9, X19), F4 (X10, X11), F5 (X18).

Таким образом, выделены следующие факторы: фактор F1 – производственные, факторы F2 - торговые, фактор F3 – транспортная и складская доступность, фактор F4 - географические (время и расстояния), фактор F5 – экологические.

Содержания факторов F1, F3 и F5 определяют сводную характеристику хранения продукции в регионе: количество производителей продукции, объем производства и грузоперевозки, объемы производства в натуральном выражении, твердые отходы и выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.

Содержания факторов F2 и F4 характеризуют возможности распределения и торговли в регионе: численность и доход на душу населения региона, объем торговли и инвестиции в инфраструктуру, время и расстояния перевозки грузов в регионе.

Содержание фактора F2 характеризует возможности торговли в регионе: численность и доход на душу населения региона, объем торговли и инвестиции в инфраструктуру.

Связь между переменными и главной компонентой представлены следующей зависимостью:

F1=0,856*X3+0,854*X4+ 0,835*X5 + 0,739*X12+0,728*X13 +0,7*X14 +0,726*X15 +0,828*X16 + 0,698*X17

F2=0,826*X1+0,753*X2+0,972*X6+0,954*X7

F3=0,924*X8+0,922*X9+0,719*X19

F4=0,979*X10 +0,976*X11

F5=0,854*X18

Решением уравнения главных компонент явилось построение матрицы значений факторов F1, F2, F3, F4 и F5 для 204 объектов исследования, которая стала основанием для проведения кластерного анализа с целью дифференциации регионов по уровню готовности к размещению логистической инфраструктуры.

1.5. Для изучения территориального распределения сельскохозяйственного производства районы Казахстана были разбиты на группы с помощью метода кластерного анализа. Были использованы статистические данные за 2019-2023гг., обработка произведена с использованием программы SPSS 21.0. С целью определения значимости главных компонент, обуславливающих кластеризацию, использовался *F*-критерий. Чем больше его значение, тем больший вклад вносит главная компонента в кластеризацию (таблица 6).

Таблица 6 -Значения *F*-критерия главных компонент за 2021-2023 годы

Значение *F*-критерия	Главная компонента				
	F1	F2	F3	F4	F5
	51.39	58.15	37.69	24.08	8.77
Примечание: Получено на основе расчета моделей F1- F5 по данным таблицы 5					

Основными переменными, определяющими группировку, явились те, что относятся к торговым факторам, производственным факторам, транспортной и складской доступности. Также кластеризацию определяют результаты переменных социального, производственного и, меньше всего, экологических факторов главной компоненты. Это отражает государственную политику развития торговой инфраструктуры агропродовольственного рынка на сельских территориях и районах.

Из всех имеющихся методов проведения кластерного анализа был выбран самый популярный метод *k*-средних. Из проведенного разведывательного анализа оптимальным явилось разбиение регионов на шесть кластеров, которые включают в себя административно-территориальные районы, качественно различающиеся между собой.

Принадлежность территорий к кластерам имеет следующие особенности.

В первый кластер вошли 7 районов, которые имеют развитое многоотраслевое сельское хозяйство с производством растениеводческой продукции. В нем производится 5% объема сельскохозяйственной продукции (в стоимостном выражении), 11% - картофеля, 36% - яиц, 5,1% - молока, 4,1% мяса (в натуральном выражении).

Во второй кластер вошли районы, которые имеют в большей степени животноводческую направленность, а также развитое растениеводство, картофелеводство и овощеводство. В данный кластер вошли 159 районов всех областей. В нём производится 67,0% сельскохозяйственной продукции Казахстана (в стоимостном выражении), из них мясо -79,7%, молоко -71,8%, картофель - 66,2%, зерновые – 55,5%, овощи - 49,9%, фрукты и ягоды - 54,9% (в натуральном выражении).

Третий, пятый и шестой кластеры образуют районы и городские округа с низким уровнем развития сельского хозяйства с долей объема производства продукции - 2,0; 4,7 и 2,3% соответственно.

В третьем кластере находится одна территория (Енбекшиказахский район Алматинской области), где преобладают фрукты и ягоды -16,9%, овощи и бахчевые - 4,1%.

В четвертый кластер входят районы с выраженным развитием отрасли растениеводства, особенно производство сои и зерновых культур (37,8%) и картофелеводство (16,3%), а также животноводство мясного и молочного направления: мя-

со - 10,4%, молоко - 15,8%, яйца - 7,3%, фрукты и ягоды - 6,4%. В нем производится 18,9% сельскохозяйственной продукции Казахстана (в стоимостном выражении).

В пятом кластере развито растениеводство: фрукты и ягоды -17,9% всех кластеров, овощи и бахчевые - 22,0%, картофель - 2,9%, молоко - 3,5%, мясо - 2,6%, яйца - 3,8%. Доля объема производства сельскохозяйственной продукции в стоимостном выражении составляет 4,7%. В данный кластер вошли районы южных областей Казахстана, производящие в основном овощи и фрукты.

В шестом кластере развиты овощеводство и бахчевые - 18,4% всех кластеров. Доля объема выпуска продукции в стоимостном выражении - 2,3%. В данный кластер вошли южные регионы, производящие бахчевые.

Полученные результаты кластеров обобщены по производственным и региональным потенциальным характеристикам инфраструктуры в итоговой таблице 7.

Таблица 7 - Характеристика логистической инфраструктуры в зависимости от выделенных кластеров РК

Номер кластера	Количество районов	Характеристика производственного потенциала	Потенциальные характеристики инфраструктуры
1	8	Растениеводство (картофель) и зерновые, мясо и молоко, яйца	зерно- и картофелехранилища, холодильное оборудование для молока и мяса животных и птиц
2	159	Животноводство молочного направления, пчеловодство, растениеводство (соя, овес, кукуруза, гречиха), картофелеводство, овощеводство	зерно- и картофелехранилища, холодильное оборудование для молока и мяса животных и птиц, фрукто- и ягодохранилища, овощехранилища
3	2	Фрукты и ягоды, овощи и бахчевые, картофель, мясо, молоко	картофелехранилища, фрукто- и ягодохранилища, овощехранилища, холодильное оборудование для молока и мяса животных
4	27	Животноводство мясо-молочного направления, птицеводство, растениеводство (соя, пшеница, овес, кукуруза, гречиха), картофелеводство, овощеводство	зерно- и картофелехранилища, холодильное оборудование для молока и мяса животных и птиц, фрукто- и ягодохранилища
5	5	Растениеводство (соя, овес, кукуруза, гречиха), картофелеводство, овощеводство, фрукты и ягоды, птицеводство	крупные фрукто- и ягодохранилища, овощехранилища, картофелехранилища, а также холодильное оборудование для молока и мяса животных и птиц
6	3	Овощеводство и бахчевые	крупные овощехранилища, а также фрукто- и ягодохранилища, холодильное оборудование для молока и мяса животных

Результаты классификации кластеров: 1 кластер - зерно- и картофелехранилища, холодильное оборудование для молока и мяса животных и птиц. Для развития кластера потребуются элеваторы, картофелехранилища, холодильные оборудования для хранения молочной и мясной продукции.

2 кластер - зерно- и картофелехранилища, холодильное оборудование для молока и мяса животных и птиц, фрукто- и ягодохранилища, овощехранилища.

3 кластер – картофелехранилища, фрукто- и ягодохранилища, овощехранилища, холодильное оборудование для молока и мяса животных. Данному кластеру, в первую очередь, необходима инфраструктура растениеводства.

4 кластер - зерно- и картофелехранилища, холодильнее оборудование для молока и мяса животных и птиц, фрукто- и ягодохранилища.

5 кластер – крупные фрукто- и ягодохранилища, овощехранилища, картофелехранилища, а также холодильное оборудование для молока и мяса животных и птиц. Районам нужны универсальные ОРЦ для хранения.

6 кластер – крупные овощехранилища, а также фрукто- и ягодохранилища, холодильное оборудование для молока и мяса животных. Данные районы требует развития инфраструктуры хранения бахчевых и овощей.

Результаты классификации позволяют сделать вывод о том, что размещать универсальные хранилища для сельскохозяйственных продукции необходимо на территории районов, вошедших в 1-2, 4-5 кластеры.

2 и 3 кластеры – зернохранилища; 1, 2 и 4 кластеры – картофелехранилища; 1, 2 и 4 кластеры – холодильное оборудование для хранения мяса животных и птицы; 2 и 4 кластеры - холодильное оборудование для молока; 2, 3, 4 и 5 кластеры - фрукто- и ягодохранилища; 2, 3, 5 и 6 кластеры - овощехранилища. Данные районы обладают значительным производственным потенциалом и производят 95,7% сельскохозяйственной продукции РК.

3 и 6 кластеры, где преобладают фрукты и ягоды (16,9%), овощи и бахчевые (18,4%) с низкой долей населения. Эти районы следует обеспечить специализированными овоще-фруктовыми хранилищами.

1.6. Расчет интегрального показателя, дифференциация районов по уровню рейтингового значения

Интегральный рейтинг районов/городов определялся по средним значениям сгруппированных факторов F1-F5, скорректированным на их веса.

Указанные группы факторов F1, F2, F3, F4 и F5 явились основанием для выбора видов ОРЦ. Средние значение критериев F1, F2, и F3 - для выбора ОРЦ хранения, средние значения F2 и F4 – для выбора ОРЦ распределения и F3 – для выбора ОРЦ торговли.

Этап 2. Уточнение потенциальных мест размещения оптово-распределительных центров

На данном этапе уточнены потенциальные места размещения логистических интегрированных РЦ с учетом оптимальности расположения, минимизации транспортных расходов и потерь продукции.

2.1. Определение радиуса действия ОРЦ

Для уточнения радиуса действия ОРЦ использовали метод «центра тяжести», суть которого заключается в поиске места размещения ОРЦ таким образом, чтобы расстояние от сельскохозяйственного товаропроизводителя, привозящего свою продукцию в ОРЦ, и от ОРЦ до потребителя было минимальным. Расчеты центра тяжести для выбора радиуса действия ОРЦ показали, для каждого региона они находится в пределах от 142,2 км (Атырауская область) до 424,2 км (Акмолинская область), что говорит о большом разбросе (разница в 3 раза) потенциальных ОРЦ от потенциальных потребителей в областных центрах. Данное обстоятельство приводит к увеличению затрат на перевозки и увеличению потерь продукций при транспортировке, что также является не рациональным подходом. В этой связи мы использовали дифференцированный подход при выборе места размещения ОРЦ. К примеру, обслуживание регионов, которые находятся на большом радиусе обслуживания (например 424,2

км, Акмолинская), можно перевести в г.Астану, расположенную ближе (в радиусе до 150 км), а часть районов перевести в г.Павлодар (радиус около 250 км). Таким образом, можно оптимизировать зоны обслуживания районов с помощью рационального расположения ОРЦ и снижения затрат.

2.2. Определение потенциальных мест размещения ОРЦ

Проведенные расчеты позволили уточнить степень влияния выбранных точек формирования ОРЦ на близлежащие территории и создать круг потребителей услуг ОРЦ.

Расчет рейтингов субъектов региона по F1-F5 позволил выделить основные территории, где размещение ОРЦ наиболее благоприятно. Для формирования крупного ОРЦ с последующим включением в национальную сеть предлагается использовать территории близлежащих к городам республиканского значения: Алматы, Астана (ОРЦ торговли и распределения), Шымкент (ОРЦ торговли), а также крупные РЦ - в городах Актобе и Караганда (ОРЦ торговли).

ОРЦ распределения (Алаколь, Жезказган, Бейнеу, Аягуз, Курчум) следует разместить ближе к крупным областным центрам, имеющим высокие рейтинги (по F2 и F4); ОРЦ хранения - в местах сосредоточения сельскохозяйственного производства и переработки продукции – в сельских районах, имеющих высокие рейтинги или в близлежащих городских агломерациях по F1, F3 и F5.

В целом сложилось 25 ОРЦ, из них: ОРЦ хранения - 13 единиц, ОРЦ распределения - 7 единиц, ОРЦ торговли - 5 единиц.

Этап 3. Определение зоны обслуживания ОРЦ

3.1. Зоны обслуживания ОРЦ определяются (группы сельскохозяйственных районов) в соответствии с потенциальными местами размещения на территории районов и городских агломераций.

Логистическая сеть сельскохозяйственных РЦ в РК будет представлена следующим образом.

- Сельскохозяйственные РЦ должны обслуживать от 142 километровой зоны (Атырауская) до 424 километровой зоны (Акмолинская), исходя из расстояния районов до областного центра, где предполагается создание ОРЦ или оптового рынка. При этом, при определении зоны обслуживания каждого ОРЦ, нужно учитывать полученные результаты по центрам тяжести, которые определены строго по каждому региону (области) раздельно. Для этого можно использовать онлайн карты местности и на основе этого районам, находящимся далеко от центра потребления, необходимо выбрать ОРЦ, находящийся поблизости, но относящийся к другой области.

- ОРЦ хранения (13 ОРЦ), кроме выполнения основных функций, должны стать перевалочной базой для крупных районов областей. Потоки сельскохозяйственной продукции и сырья могут быть направлены на перерабатывающие предприятия в городских агломерациях.

3.2. Экономическая интерпретация полученных результатов

В результате формирования и дальнейшего функционирования сельскохозяйственных РЦ в Казахстане будет создана более эффективная система распределения сельскохозяйственного сырья и продовольствия на основе организованного рынка, произойдет постепенное упорядочение бессистемной деятельности различных посредников. Реализация системы развития сельскохозяйственных РЦ позволит на основе экономического стимулирования сельскохозяйственных товаропроизводителей увеличить объемы производства и повысить качество продукции, осуществить наполнение продовольственного рынка страны товарами отечественного производства и улучшить социально-экономическую ситуацию в целом по АПК региона. Решение вышеперечисленных задач будет способствовать реализации мультипликативного (умножающего) эффекта: снижению потерь продукции производителей, увеличению притока налоговых поступлений, созданию новых рабочих мест, сокращению расходов населения на приобретение социально-значимых продовольственных товаров.

Предварительные расчеты показывают, что создание системы оптового продовольственного рынка в Казахстане целесообразно, как по эконо-

мическим показателям эффективности, так и по социальному значению.

Проведение типизации основано на расчете интегрального показателя, позволяющего выявить территории, относящиеся к неблагоприятным для ведения сельскохозяйственного производства.

К районам, определенным как наиболее благоприятные для развития растениеводства (картофель) и зерновых, мяса и молока, яиц (кластеры 1, 3, 5 и 6), также должны быть предъявлены особые условия, заключающиеся не только в повышенной государственной помощи в построении специализированных складских хранилищ, таких как зерно- и картофелехранилища, фрукто- и ягодохранилища, овощехранилища, холодильное оборудование, но и в разработке для данных районов программных документов, развивающих предпринимательскую инициативу с учетом повышенных рисков ведения сельскохозяйственного производства, а также особые условия взаимодействия данных районов с торговыми сетями. Это может касаться быстрой и бесперебойной доставки в течение года, финансирования торговых сетей хозяйственных субъектов по выращиванию сельскохозяйственной продукции.

К районам, определенным как наиболее благоприятным для развития животноводства молочного направления, пчеловодства, растениеводства (кластеры 2 и 4), также должны быть представлены условия построения и развития универсальных сельскохозяйственных РЦ. В районах, входящих в данные кластеры, должны быть созданы условия для совместного использования торгово-сбытовой инфраструктуры ввиду их многочисленности (159 территорий из 204).

Проведение анализа с использованием собственной методики позволило разделить исследуемые районы на 6 кластеров, в зависимости от специализации производства и инфраструктуры сбыта сельскохозяйственной продукции.

Рейтинговая оценка, определенная на основе интегрального показателя, выделила регионы-лидеры.

Реализация концептуальных положений механизма функционирования рынка сбыта агропродовольственной продукции требует изменения традиционных подходов к оценке его выбора и размещения. На региональном уровне критерии оптимальности и эффективности размещения целесообразно измерять с использованием интегрального мультипликативного показателя.

Результаты классификации позволяют делать вывод о том, что размещать универсальные сельскохозяйственные РЦ необходимо на территории районов, вошедших в 1, 2, 4, 5 кластеры.

Районы, входящие в 3 и 6 кластеры, где преобладает производство фруктов и ягод (16,9%), овощей и бахчевых (18,4%), наблюдается низкая доля населения, следует обеспечить специализированными овощно-фруктовыми ОРЦ.

Расчет по представленной методике с использованием статистических данных и данных онлайн карты транспортных сетей регионов позволил определить потенциальные регионы, наиболее подходящие для строительства ОРЦ хранения, ОРЦ распределения и ОРЦ торговли в различных регионах Казахстана. К примеру, по фактору F3 нами выбраны 5 ОРЦ торговли в крупных городах Казахстана: Алматы, Астана, Шымкент, Актобе и Караганда.

На основе полученных результатов расчета определены количество, потенциальные места размещения, а также зоны обслуживания ОРЦ хранения, ОРЦ распределения, ОРЦ торговли. Полученные результаты согласуются с деятельностью Правительства РК по созданию товаропроводящей системы, в рамках которой планируется создание овощехранилищ и сети ОРЦ, где предусмотрено строительство 24 ОРЦ общей стоимостью 273 млрд тг. [1].

Выводы. В статье исследована проблема создания логистической инфраструктуры по распределению, хранению и торговле сельхозпродукцией. Использование автором собственного методологического подхода позволило определить месторасположение ключевых объектов логистической инфраструктуры на территории Казахстана.

Предлагаемый методологический подход со-

стоит из трех этапов. На первом этапе определяются территории (районы и городские агломерации), где целесообразно размещение ключевых объектов логистической инфраструктуры. Для решения данной задачи авторы предлагают подход, основанный на использовании совокупного потенциала двухэтапного кластерного, факторного анализа и метод рейтинга. Согласованность результатов совместного использования указанных методов продемонстрирована автором на примере Казахстана. На втором этапе осуществляется географическая привязка объектов логистической инфраструктуры на местности. Для этого используется метод центра тяжести для определения оптимальных мест размещения инфраструктуры с учетом времени и расстояния перевозки автотранспортом. Соответствующие задачи оптимизации решаются с целью минимизации затрат на продвижение материального потока от поставщиков к потребителям. На третьем этапе определяются зоны обслуживания ОРЦ, исходя из минимизации затрат на обслуживание каждого района.

Отличительная особенность предлагаемой методики состоит в том, что при формировании логистической инфраструктуры возникает возможность одновременного учета целевого назначения и вида товароносителя: хранение, сбыт, торговля. Исходя из этого возможен выбор необходимых мощностей, типов холодильного и вентиляционного оборудования, специализированных транспортных средств (рефрижераторы, фургоны изотермические) и т.д.

Автор полагает, что следующие направления исследования могут быть связаны с определением мощности логистических инфраструктур по мере накопления информации по объемам потребления, производства, импорта и экспорта в каждом регионе. Будущие исследования могут быть улучшены за счет включения более специфических факторов, таких как климатические факторы, которые, на наш взгляд, также могут влиять на выбор места размещения и их мощности.

Финансирование. *Данное исследование выполнялось в рамках грантового проекта, финансируемого Комитетом по науке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (AP19677634 «Развитие логистической инфраструктуры и устойчивых цепей поставок скоропортящейся продовольственной продукции на территории Казахстана», 2023 – 2025 гг.).*

Литература

1. Концепция государственной программы развития торговли Республики Казахстан на 2021-2025 годы: Постановление Правительства Республики Казахстан от 2 марта 2020 года. -Дата обращения: 21.11.2024.

2. Государственная программа развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2017 – 2021 годы: Постановление Правительства Республики Казахстан от 12 июля 2018 года № 423. Дата обращения: 25.11.2024.

3. Feng Y.Q., Liu Y.K., Chen Y.J. Distributionally robust location-allocation models of distribution centers for fresh products with uncertain demands // Expert Systems with Applications. - 2022. - Vol.209. - P.518-531. DOI 10.1016/j.eswa.2022.118180

4. Дыбская В.В. Управление складированием в цепях поставок. - М.: Альфа-Пресс, 2009. – 720 с. ISBN 978-5-94280-355-1

5. Baker P., Canessa M. Warehouse design A structured approach // European Journal of Operation Research. – 2009. – Vol.193(2). - P.425 – 436. DOI 10.1016/j.ejor.2007.11.045

6. Anil Varghese Mangalan, Sandeep Kuriakose, H. Mohamed, A. Ray. Optimal location of warehouse using weighted MOORA approach // International Conference on Electrical, Electronics and Optimization Techniques (ICEEOT).-2016. DOI 10.1109/ICEEOT.2016.7754764

7. Волхин Е.Г. Модели размещения распределительных центров // Управленец. - 2018. –Т.9. - №2. – С.54 – 60. DOI 10.29141/2218-5003-2018-9-2-9

8. Daskin M. Network and Discrete Location: Models, Algorithms and Applications (2nd Edition). - New York: John Wiley & Sons Inc, 2013. – 544 p. ISBN 978-0-470-90536-4

9. Daskin M. Network and Discrete Location, Models, Algorithms, and Applications. -Hoboken: John Willey & Sons Ltd, 1995. DOI 10.1002/9781118032343

10. Geoffrion A.M., Morris J., Webster S. Distribution System Design. Facility Location: A Survey of Applications and Methods. – New York: Springer, 1995. -P.181–198. ISBN 0387945458.

11. Romeijn H.E., Shu J. & Teo C.-P. Designing Two-Echelon Supply Network // European Journal of Operational Research. -2007. -Vol.178(2). -P.449–462. DOI 10.1016/j.ejor.2006.02.016

12. Попов П. В. Методология построения логистической инфраструктуры на территории региона / П. В. Попов, И. Ю. Мирецкий // Экономика региона. - 2019. - Том 15, вып.2. -С.483-492. DOI 10.17059/2019-2-13

13. Erlebacher S.J., Meller R.D. The interaction of location and inventory in designing distribution systems // IIE Transactions. -2000. -Vol. 32. -P.155-166. DOI 10.1023/A:1007614431718

14. Tuti Sarma Sinaga, Yosi Agustina Hidayat, Rachmawati Wangsaputra, Senator Nur Bahagia. The development of a conceptual rural logistics system model to improve products distribution in Indonesia // Journal of Industrial Engineering and Management. – 2022. – Vol.15(4). – P. 670-687. DOI 10.3926/jiem.4011

15. Lu L. and Qin J. Multi-regional logistics center location algorithm based on improved K-means clustering // Computer system application – 2019. – Vol.28(8). – P.251–255.

16. Musolino G., Rindone C., Polimeni A. & Vitetta A. Planning urban distribution center location with variable restocking demand scenarios: general methodology and testing in a medium-size town // Transport Policy. -2019. -Vol.80. -P.157-166. DOI 10.1016/j.tranpol.2018.04.006

17. Ozmen M.Ë. and Aydoˇgan E.K. Robust multi-criteria decision making methodology for real life logistics center location problem // Artificial Intelligence Review. –2020. –Vol.53(12). -P.725-751. DOI 10.1007/s10462-019-09763-y

18. Sharma R. & Sungheetha A. Analysis of influencing factors of logistics center location based on comprehensive quality training // Indian Journal of Public Health Research & Development. – 2018. – Vol.4(12). – P.289-293. DOI 10.25236/ISMEEM.2019.006

19. Rao C., Goh M., Zhao Y. and Zheng J. Location selection of city logistics centers under sustainability // Transportation Research. -2015. -Vol.36. -P.29-44. DOI 10.1016/j.trd.2015.02.008

20. Mieczyrnska M. and Czarnowski I. K-means clustering for SAT-AIS data analysis //WMU Journal of Maritime Affairs. -2021. -Vol.20(3). - P.377-400. DOI 10.1007/s13437-021-00241-3

21. Gurrala, K., Hariga, M. Key Food Supply Chain Challenges: A Review of the Literature and Research Gaps // Operations and Supply Chain Management. – 2022. – Vol.15(2). – Pp.441-460. DOI 10.31387/oscm0510358

References

1. Koncepcija gosudarstvennoj programmy razvitija torgovli Respubliki Kazahstan na 2021 2025 gody: Postanovlenie Pravitel’ stva Respubliki Kazahstan ot 2 marta 2020 goda. https://www.gov.kz Data obrash-henija: 21.11.2024. [in Russian]

2. Gosudarstvennaja programma razvitija agropromyshlennogo kompleksa Respubliki Kazahstan na 2017 – 2021 gody: Postanovlenie Pravitel' stva Respubliki Kazahstan ot 12 ijulja 2018 goda № 423. https://adilet.zan.kz -Data obrashhenija 25.11.2024. [in Russian].

3. Feng Y.Q., Liu Y.K., Chen Y.J. Distributionally robust location-allocation models of distribution centers for fresh products with uncertain demands // Expert Systems with Applications. - 2022. - Vol.209. - P.518-531. DOI 10.1016/j.eswa.2022.118180

4. Dybskaja V.V. Upravlenie skladirovaniem v cepjah postavok. - M.: Al' fa-Press, 2009. – 720 s. ISBN 978-5-94280-355-1. [in Russian]

5. Baker P., Canessa M. Warehouse design A structured approach // European Journal of Operation Research. – 2009. – Vol.193(2). - P.425 – 436. DOI 10.1016/j.ejor.2007.11.045

6. Anil Varghese Mangalan, Sandeep Kuriakose, H. Mohamed, A. Ray. Optimal location of warehouse using weighted MOORA approach // International Conference on Electrical, Electronics and Optimization Techniques (ICEEOT).-2016. DOI 10.1109/ICEEOT.2016.7754764

7. Volhin E.G. Modeli razmeshhenija raspredelitel' nyh centrov // Upravlenec. - 2018. -Tom 9. - №2. – S.54 – 60. DOI 10.29141/2218-5003-2018-9-2-9. [in Russian]

8. Daskin M. Network and Discrete Location: Models, Algorithms and Applications (2nd Edition). - New York: John Wiley & Sons Inc, 2013. – 544 p. ISBN 978-0-470-90536-4

9. Daskin M. Network and Discrete Location, Models, Algorithms, and Applications. -Hoboken: John Willey & Sons Ltd, 1995. DOI 10.1002/9781118032343

10. Geoffrion A.M., Morris J., Webster S. Distribution System Design. Facility Location: A Survey of Applications and Methods. – New York: Springer, 1995. -P.181–198. ISBN 0387945458.

11. Romeijn H.E., Shu J. & Teo C.-P. Designing Two-Echelon Supply Network // European Journal of Operational Research. -2007. -Vol.178(2). -P.449–462. DOI 10.1016/j.ejor.2006.02.016

12. Popov P. V. Metodologija postroenija logisticheskoj infrastruktury na territorii regiona / P. V. Popov, I. Ju. Mireckij // Jekonomika regiona. - 2019. – T.15, vyp.2. -S.483-492. DOI 10.17059/2019-2-13. [in Russian]

13. Erlebacher S.J., Meller R.D. The interaction of location and inventory in designing distribution systems // IIE Transactions. -2000. -Vol.32. -P.155-166. DOI 10.1023/A:1007614431718

14. Tuti Sarma Sinaga, Yosi Agustina Hidayat, Rachmawati Wangsaputra, Senator Nur Bahagia. The development of a conceptual rural logistics system model to improve products distribution in Indonesia // Journal of Industrial Engineering and Management. – 2022. – Vol.15(4). – P. 670-687. DOI 10.3926/jiem.4011

15. Lu L. and Qin J. Multi-regional logistics center location algorithm based on improved K-means clustering // Computer system application – 2019. – Vol.28(8). – P.251–255.

16. Musolino G., Rindone C., Polimeni A. & Vitetta A. Planning urban distribution center location with variable restocking demand scenarios: general methodology and testing in a medium-size town // Transport Policy. -2019. -Vol.80. -P.157-166. DOI 10.1016/j.tranpol.2018.04.006

17. Ozmen M.Ë. and Aydo˘gan E.K. Robust multi-criteria decision making methodology for real life logistics center location problem // Artificial Intelligence Review. –2020. –Vol.53(12). -P.725-751. DOI 10.1007/s10462-019-09763-y

18. Sharma R. & Sungheetha A. Analysis of influencing factors of logistics center location based on comprehensive quality training // Indian Journal of Public Health Research & Development. – 2018. – Vol.4(12). – P.289-293. DOI 10.25236/ISMEEM.2019.006

19. Rao C., Goh M., Zhao Y. and Zheng J. Location selection of city logistics centers under sustainability // Transportation Research. -2015. -Vol.36. -P.29-44. DOI 10.1016/j.trd.2015.02.008

20. Mieczyгnska M. and Czarnowski I. K-means clustering for SAT-AIS data analysis //WMU Journal of Maritime Affairs. -2021. -Vol.20(3). - P.377-400. DOI 10.1007/s13437-021-00241-3

21. Gurrala, K., Hariga, M. Key Food Supply Chain Challenges: A Review of the Literature and Research Gaps // Operations and Supply Chain Management. – 2022. – Vol.15(2). – Pp.441-460. DOI 10.31387/oscm0510358

Сведения об авторе

Сыздыкбаева Б.У. – д.э.н., профессор Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: bakyt_syzdykbaeva@mail.ru.

Information about the author

Syzdykbayeva B.U. - doctor of economic sciences, professor of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: bakyt_syzdykbaeva@mail.ru.

IRSTI 06.71.07 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-798**

THE MARKET OF MILK AND DAIRY PRODUCTS: GLOBAL TRENDS AND DEVELOPMENT PROSPECTS FOR KAZAKHSTAN

[1]A. Baiguzhinova, [2]A. Baidalinova, [2]Zh. Baigireeva

[1]Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,
[2]Esil University, Astana, Kazakhstan

Corresponding author: aynur.sultanovna@mail.ru

The purpose of this article is to analyze the key trends in the development of the global milk and dairy products market, as well as to determine the prospects for Kazakhstan. The article analyzes the main trends in the development of milk production in the world and the current state of the milk and dairy products market in the Republic of Kazakhstan. The main directions and causes of changes in the production, number, and productivity of dairy animals, as well as the peculiarities of the transformation of dairy farms in the world and the Republic of Kazakhstan, have been identified. The causes of fluctuations in purchase prices on the world market and their reflection on the domestic market are determined. The article uses methods of general scientific and economic research that contribute to the comprehensive achievement of goals and objectives. The generalization method provided an in-depth analysis of the materials and the development of the research structure, in contrast, the methods of interpretation and comparison allowed us to evaluate the opinions of researchers and identify the main characteristics of the development of the milk and dairy products market. Based on the data analysis and statistical conclusions, conclusions were drawn about the current state of the milk market in the Republic of Kazakhstan, factors affecting product quality were identified, and recommendations for its improvement were proposed.

Keywords: dairy products, milk and dairy products market, cow population, dairy herd productivity, consumption, development, global market, prices, forecast.

СҮТ ЖӘНЕ СҮТ ӨНІМДЕРІ НАРЫҒЫ: ӘЛЕМДІК ҮРДІСТЕР МЕН ҚАЗАҚСТАННЫҢ ДАМУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

[1]А.Ж. Байгужинова, [2]А.С. Байдалинова, [2]Ж.З. Байгиреева

[1]С.Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан,
[2]Esil University, Астана, Қазақстан,
e-mail: aynur.sultanovna@mail.ru

Бұл мақаланың мақсаты сүт және сүт өнімдері жаһандық нарығын дамытудың негізгі үрдістеріне талдау жүргізу және Қазақстан үшін перспективаларды айқындау болып табылады. Мақалада әлемдегі сүт өндірісін дамытудың негізгі тенденциялары және Қазақстан Республикасындағы сүт және сүт өнімдері нарығының қазіргі жағдайы талданған. Сүтті сиырлар саны мен өнімділігіндегі, сүт өндірісіндегі өзгерістердің негізгі бағыттары мен себептері, сондай-ақ әлемдегі және ҚР-дағы сүт фермаларының өзгеру ерекшеліктері анықталды. Әлемдік нарықтағы сатып алу бағасының ауытқу себептері және олардың отандық нарыққа әсері қарастырылды. Мақалада қойылған мақсаттар мен міндеттерге жан-жақты қол жеткізуге ықпал ететін жалпы ғылыми және экономикалық зерттеу әдістері қолданылады. Жалпылау әдісі материалдарды терең талдауды және зерттеу құрылымын дамытуды қамтамасыз етті, ал интерпретация және салыстыру әдістері зерттеушілердің пікірлерін бағалауға және сүт және сүт өнімдері нарығының дамуының негізгі сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік берді. Деректер мен статистикалық қорытындыларды талдау негізінде Қазақстан Республикасындағы сүт нарығының ағымдағы жай-күйі туралы тұжырымдар жасалды, өнім сапасына әсер ететін факторлар анықталды және оны жақсарту бойынша ұсыныстар анықталды.

Түйін сөздер: сүт өнімдері, сүт және сүт өнімдері нарығы, сауынды сиыр саны, сүт өнімділігі, тұтыну, даму, әлемдік нарық, бағалар, болжам.

РЫНОК МОЛОКА И МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ: МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ДЛЯ КАЗАХСТАНА

[1]А.Ж. Байгужинова, [2]А.С. Байдалинова✉, [2]Ж.З. Байгиреева

[1]Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан,
[2] Esil University, Астана, Казахстан,
e-mail: aynur.sultanovna@mail.ru

Цель данной статьи состоит в проведении анализа ключевых тенденций развития глобального рынка молока и молочной продукции, а также в определении перспектив для Казахстана. В статье проанализированы основные тенденции развития производства молока в мире и современное состояние рынка молока и молочных продуктов в Республике Казахстан. Выявлены основные направления и причины изменений в производстве, численности и продуктивности молочных животных, а также особенности трансформации молочных ферм в мире и в РК. Определены причины колебаний закупочных цен на мировом рынке и их отражение на отечественном рынке. В статье применены методы общенаучного и экономического исследования, которые способствуют всестороннему достижению поставленных целей и задач. Метод обобщения обеспечил глубокий анализ материалов и разработку структуры исследования, в то время как методы интерпретации и сопоставления позволили оценить мнения исследователей и выделить основные характеристики развития рынка молока и молочной продукции. На основании анализа данных и статистических выводов были сформированы выводы о текущем состоянии рынка молока в Республике Казахстан, выявлены факторы, влияющие на качество продукции, и предложены рекомендации по его улучшению.

Ключевые слова: молочные продукты, рынок молока и молочной продукции, поголовье коров, продуктивность молочного стада, потребление, развитие, мировой рынок, цены, прогноз.

Introduction. The market of milk and dairy products plays an important role in ensuring the food security of the state and sustainable development of the agro-industrial complex worldwide. In the context of globalization and the growing demand for quality food products, the dairy industry is becoming one of the fastest-growing industries. Growing urbanization, changes in consumption patterns, innovations in milk production and processing technology, and the pursuit of environmental sustainability have a significant impact on the national and global milk market.

In modern conditions, it is important not only to increase the volume of food production but also to guarantee balanced nutrition for the state' s population. This is a key factor in increasing the life expectancy of the population. Milk and dairy products occupy a special place in food consumption. Milk is a special product that contains nutrients necessary for the growth, development, and maintenance of human health. It has a balanced composition that makes it one of the most valuable foods. Eating milk and dairy products has a positive effect on the health of both children and adults, strengthening their immune systems, increasing efficiency and physical endurance, and improving mood. Milk is also a therapeutic product that helps to eliminate toxins and radionuclides from the body [1].

Kazakhstan, as a country with significant agrarian potential, the development of the dairy sector is a strategically important area. The country faces both internal challenges - lack of raw material base, logistical difficulties, seasonal fluctuations in production - and prospects related to export and integration into international supply chains.

The purpose of the article is to analyze the main trends in the formation of the global market of milk and dairy products, as well as to determine the prospects for Kazakhstan.

The objectives of the research in this article:

1. To analyze the main trends in the formation of milk production in the world, as well as their characteristics in the dairy market of Kazakhstan;

2. To determine the main directions and causes

of changes in production, number, and productivity of dairy animals, as well as the features of transformation of dairy farms in the world and Kazakhstan.

3. To determine the causes of fluctuations in purchase prices in the world market and their reflection in the domestic market.

The object of the study is the world market of milk and dairy products, as well as the national milk market of Kazakhstan.

Hypothesis of the study: Kazakhstan has the potential for successful development of the dairy sector, provided that world trends are adapted to local characteristics and effective development strategies are developed.

Materials and methods. The article applies the methods of general scientific and economic research, which contribute to the comprehensive achievement of the set goals and objectives. The method of generalization provided an in-depth analysis of materials and the development of the research structure. In contrast, the methods of interpretation and comparison allowed us to assess the opinions of researchers and highlight the main characteristics of the development of the market of milk and dairy products. Based on data analysis and statistical conclusions were formed about the current state of the milk market in the Republic of Kazakhstan, factors affecting the quality of products, and proposed recommendations for improvement.

The research applied methods of content analysis and analysis of statistical data based on data from official sources of information and scientific publications on the topic of the article. The main indicators of the market of milk and dairy products were analyzed. The empirical base of the study was made up of data collected from industry reviews, and scientific articles by domestic and foreign experts. This allowed for a comprehensive review of key aspects, problems, and prospects for the development of the topic under study.

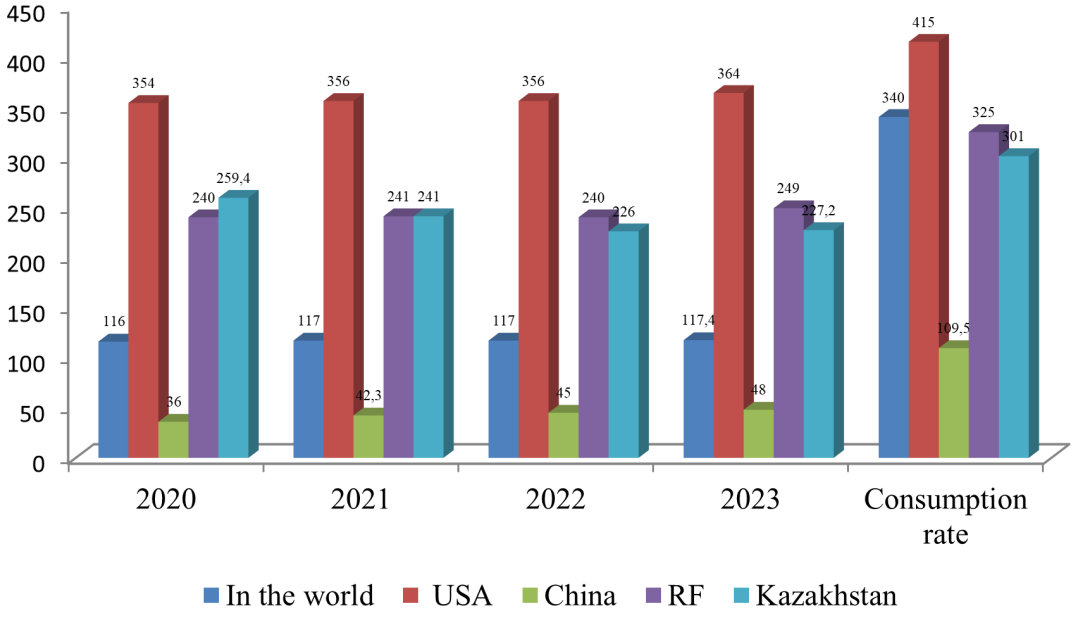


Fig.1 - Dynamics of consumption of milk and dairy products per capita in 2020-2023, kg

Note – compiled by the authors on the basis of past research

Results and Discussion. According to the recommendations of the World Health Organization, the optimal norm of consumption of milk and dairy products is 330-340 kg per year. At the same time, according to the scientifically based physiological norms of food consumption, approved

by the order of the Minister of National Economy of the Republic of Kazakhstan in 2016, the average per capita consumption rate of milk and dairy products in the country is - 301 kg/year [2].

However, in most countries, the actual level of consumption does not reach 300 kg per year. For example, in 2022 this indicator amounted to 258 kg in Armenia and Azerbaijan, 295 kg in the USA, 213 kg in Kyrgyzstan, and 241 kg in Russia.

In Kazakhstan, according to the results of 2022, the average per capita consumption of milk and dairy products reached 226 kg. It should be noted that for the last 5 years, the highest level of consumption of milk and dairy products in the country was recorded in 2020 and amounted to 259.4 kg per capita. In 2023, the per capita consumption of milk and dairy products was - 227.2 kg/year. Including an average consumption of 13 liters of kefir, 4.2 kilograms of cottage cheese, and 3.8 kilograms of sour cream. For comparison, in New Zealand, the consumption of milk and dairy products is 366 kg per capita, and in some European countries, the figures are even higher: in Austria - 401 kg, Germany - 428 kg, Finland - 434 kg [3].

The main determinants of demand in the dairy market in different countries are: the income level of the population, availability of dairy products, and pricing policy [4]. The level of consumption of milk and dairy products is significantly influenced by government programs aimed at promoting dairy products as components of a healthy diet (China, Brazil, and the USA). In Russia, an example of such a program is the information and education program of the National Union of Milk Producers “Three dairy products per day”. In Kazakhstan in 2024, within the framework of the Technical Cooperation Program of FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) began the development of a long-term sectoral program for the development of dairy farming with the provision of technical support from the organization [5].

In recent years, global raw milk production has shown an average annual growth rate of 2-5 %(Figure 2). In 2022, global milk production growth was the slowest year-on-year, driven by rising production costs, raw material constraints, labor and logistics challenges, tightening EU environmental regulations, and adverse weather conditions in several countries.

Achievement of 2023 figures was possible due to a combination of factors: growth of livestock in India, and Pakistan; urbanization and increased domestic demand in India; growth of dairy productivity in the EU, USA, and Brazil, favorable weather (New Zealand, Australia, and Brazil); growth of external demand (New Zealand).

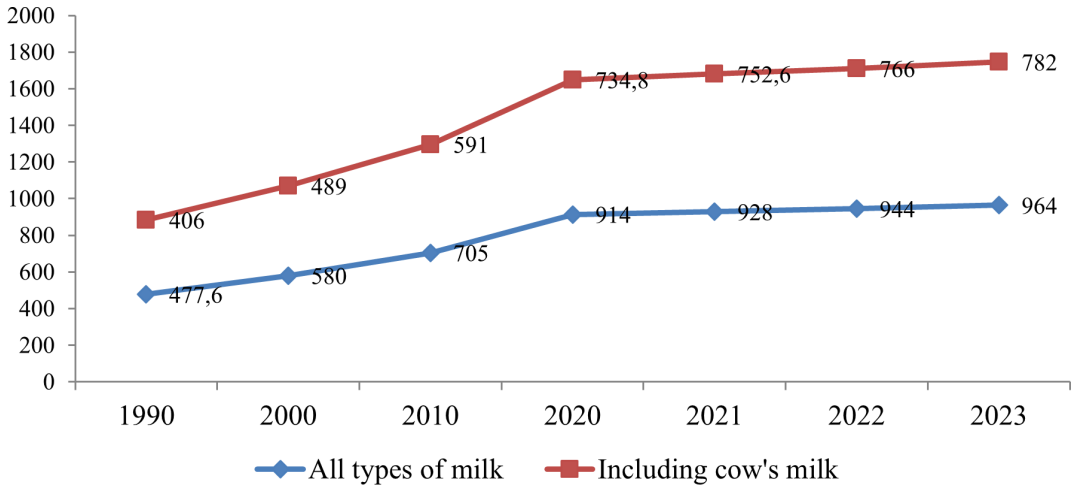


Fig.2 -Dynamics of global production of raw milk, million tons

Note – compiled by the authors on the basis of past research

India is one of the world' s largest producers of milk and dairy products, accounting for about 23% of global milk production (Figure 3). The Indian livestock population accounts for 38.7% of the global total. There are more than 60 million dairy farms in the country, most of which are small and medium-sized family farms with an average herd size of 2.3-2.5 cows. The largest milk producing state is Uttar Pradesh, which accounts for 17.22% of the national milk production, equivalent to 23.33 million tons per annum.

According to Jordbrukare analytics, the most promising segment of the Indian dairy market in terms of consumer demand and profitability is the cheese market, which is in the early stages of development. There is also an increase in demand for butter and ghee.

China is rapidly developing its dairy industry, and the country' s raw milk production is projected to reach 41.7 million tons by 2023. Currently, China has about 1 million small dairy farms, each with an average of 4.5 cows. However, the prospects for growth in dairy production are limited by a number of key factors, such as lack of drinking water and quality feed. China' s self-sufficiency in milk and dairy products is 75%. At the same time, the country has seen an increase in the consumption of cheese and pasteurized milk, which was particularly noticeable during the pandemic.

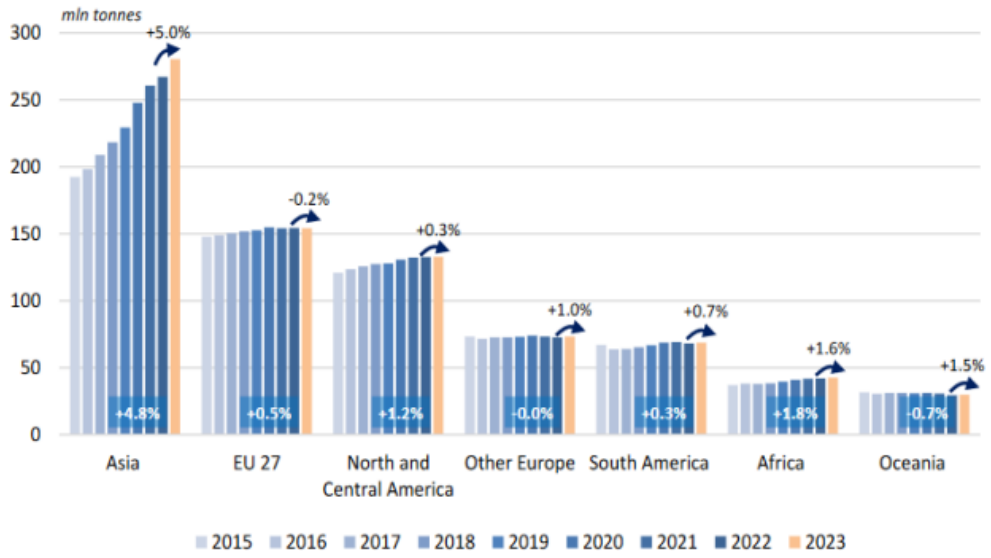


Fig.3 - Major global milk producers in 2015-2023, million tons [6]

The dairy market is projected to undergo significant changes over the next decade, influenced by various factors including consumption trends, production dynamics, and global trade patterns. Key forecasts point to a steady growth in global milk demand along with challenges such as price fluctuations and resource costs. Global consumption of dairy products is expected to grow due to population growth and increased health awareness.

Production will be concentrated on fewer large farms, especially in developed countries, leading to increased efficiency. The average farm size is increasing and the number of dairy farms is decreasing, reflecting the trend towards industrialization (Kozak & Hryschenko, 2022) [7]. Although the dairy market shows promising growth, it is important to consider the potential volatility and external factors that may affect these forecasts. The relationship between demand, production efficiency, and market risks will be critical in shaping the future landscape of the dairy industry.

Several megatrends are influencing the development of the dairy market, including changes in production and consumption, technological

advancements, and changing consumer preferences. All these factors combine to shape the future of the dairy industry, highlighting both opportunities and challenges.

Megatrends in dairy production and consumption:

- Geographic changes: there is a marked shift in dairy production from the Global North to the Global South, driven by growing demand in developing countries.

- Consumer preferences: the emergence of non-dairy alternatives is changing the market dynamics and encouraging traditional dairy producers to adapt (Bojovic & McGregor, 2022) [8].

- Technological advances: innovations in breeding, nutrition, and herd management improve production efficiency and sustainability (Thornton, 2010) [9].

- Market demand: the dairy sector is growing rapidly due to increased consumer demand and improved supply chain (Fuller et al., 2015) [10].

- Environmental impact: The dairy industry is subjected to scrutiny of environmental impact, so a balance between production and sustainability is necessary (Bojovic & McGregor, 2022).

Although the dairy market is poised for growth, it needs to overcome challenges such as competition from plant-based products and the need to adopt sustainable practices. The future remains uncertain due to socio-economic factors and changing consumer values (Thornton, 2010).

One of the key indicators reflecting the efficiency of dairy farming is productivity. In agricultural organizations of Kazakhstan, the productivity of cows exceeded 5 thousand kg of milk with a fat content of 3.8%. This positive dynamics was the result of comprehensive measures to develop dairy farming, including increasing the level of production culture and improving the quality of fodder [11].

Table 1 - The efficiency of milk and dairy products production by category of farms in Kazakhstan for 2022-2023

Indicato	All categories of households			Including								
				agricultural enterprises			individual entrepreneurs and peasant or farm enterprises			households of population		
	2023	2022	2023 in % to 2022	2023	2022	2023 in % to 2022	2023	2022	2023 in % to 2022	2023	2022	2023 in % to 2022
Cattle	8608852	8538050	100,8	864530	806691	107,2	3582638	3373880	106,2	4161684	4357479	95,5
of which are cows	4765683	4462000	106,8	333142	317231	105	2 037603	1881588	108,3	2394938	2263181	105,8
Cow's milk production, thousand tons	6503,2	6320	102,9	602,4	522,7	115,2	1427,6	1367	104,5	4473,1	4430,6	101
Average milk yield per dairy cow, kg	2 409	2 395	100,6	5 543	5 128	108	1 849	1 860	99,4	2 459	2 459	100

Note - compiled by the authors on the basis of the conducted research [11].

The next most important indicator of dairy cattle breeding development is the volume of marketable milk. The main growth of this indicator is associated with the growth of milk yield in peasant/farmer farms and in subsidiary farms of the population, although the level of average milk yield is higher in agricultural organizations (Table 1).

Prospective development of the raw milk market in Kazakhstan requires attention to improving the material and technical base of dairy cattle breeding.

This is due to the slow introduction of innovative technologies in this sector, which makes it one of the most labor- and capital-intensive among livestock breeding areas. Despite the mechanization of some labor-intensive processes, the level of labor productivity remains low. For example, in foreign countries there are 35-40 cows per employee, while in Kazakhstan this indicator is only 13-16 cows. As a result, labor inputs for production of 1 centner of milk on mechanized farms abroad are 0.6-0.6 person-hours, while in Kazakhstan this indicator is 4 times higher and reaches 2.5-3.0 person-hours.

Conclusion. Key factors negatively affecting the development of the dairy subcomplex in Kazakhstan include: the low competitiveness of products due to weak scientific and technical equipment, the consequences of structural changes in the agro-industrial complex in the 1990s, which led to a reduction in milk production, and lower efficiency of the industry, the dependence of the dairy subcomplex on climatic conditions affecting the formation of the fodder base.

The Republic of Kazakhstan has developed state support measures, such as the "National Project for the Development of the Agro-Industrial Complex of the Republic of Kazakhstan for 2021-2030". The main attention is paid to raw milk producers: subsidies are provided for investment projects, short-term loans, construction of dairy farms, and increasing the productivity of dairy cattle. However, milk processors are left out of direct financial support, which creates an imbalance in the development of the production and marketing chain [12, 13]. Unlike the EU and the USA, where there are mechanisms of fair distribution of income between producers of raw materials and, processors and trade, in Kazakhstan there is no regulatory mechanism to avoid price conflicts. This leads to the fact that raw material producers and processors are forced to sell products below cost, and small and medium-sized enterprises face pressure from network trade.

We offer the following recommendations for the development of the dairy subcomplex of Kazakhstan, based on successful international practices, including the following areas:

1. Introduction of carbon-neutral farms. In the EU countries, New Zealand and Canada are actively developing projects of carbon-neutral agriculture, based on technology that reduces greenhouse gas (methane) emissions, and the creation of waste treatment systems. In Kazakhstan, it is necessary to stimulate farms to install biogas plants that convert livestock waste into energy, develop a support program for the introduction of technologies to reduce emissions, through changing the diet of cows or the use of special feed additives that reduce methane emissions, the introduction of carbon subsidies for farmers who modernize their farms to meet environmental standards.

2. Creating dairy innovation hubs. In the Netherlands and Denmark, there are specialized hubs where farmers, researchers, and companies cooperate to develop and test new technologies. In Kazakhstan, the creation of such hubs is possible at agrarian universities and research centers with the involvement of international experts and private investors. In these hubs, farmers will be able to test new technologies, and receive consultations on their implementation and adaptation.

3. Development of contract farming. India, Brazil, and Kenya are actively developing contract farming, where processing companies enter into long-term contracts with farms, ensuring fixed prices for their products. The introduction of contract farming in Kazakhstan will allow processing companies, and retailers to provide farmers with seeds, feed, and equipment in exchange for a commitment to supply milk at fixed prices. This measure will be possible only based on a developed legislative framework to protect the interests of both parties.

4. Application of blockchain technology in supply chains. In the USA and Australia, blockchain technologies are actively used for supply transparency, tracing the origin of products and quality control. In Kazakhstan, it is necessary to create a platform that integrates all participants in the chain: farmers, processors, logistics companies and retailers. The introduction of this technology in Kazakhstan will help guarantee the quality and safety of products and increase consumer confidence.

5. Development of digital markets for farmers. India and Kenya have introduced digital platforms for farmers, allowing them to sell directly to consumers and processors, bypassing intermediaries. The creation of Kazakhstan' s digital platform for farmers, where they can place offers to sell milk, fodder, or equipment, as well as the development of a mobile application with the functions of monitoring market prices and receiving a subsidy will reduce the dependence of farmers on intermediaries and increase their income.

6. Transition to pasture-based livestock production. In New Zealand and Australia, most of the milk is produced on pasture farms, which reduces feed costs and improves milk quality. In Kazakhstan, the implementation of this measure is possible based on pasture modernization programs: their reclamation, planting of grasses resistant to Kazakh climatic conditions, development of pasture rotation systems to prevent land degradation, introduction of subsidies for farmers switching to pasture-based animal husbandry.

7. Product diversification and development of niche markets. In the EU countries, niche areas are successfully developing organic milk, lactose-free products, and functional nutrition. In Kazakhstan, it is necessary to develop measures to support producers of organic and specialized dairy products through subsidies and grants, training of farmers and processors of organic production standards, promotion of niche products in foreign markets under the national brand.

The results of the implementation of these measures will reduce the environmental load and increase the competitiveness of Kazakhstani products in international markets, where environmental sustainability is increasingly valued, accelerate the introduction of advanced technologies and improve the interaction between science and practice, reduce financial risks for farmers, sustainability of raw material supplies for processors and increase price transparency, increase confidence in Kazakhstani dairy products in international markets and optimize internal processes, reduce dependence on dairy products, and improve the quality of dairy products.

Thus, increasing the economic efficiency of the dairy subcomplex requires a comprehensive approach, including reforms at the level of individual economic entities and improvement of government policy. Adaptation of advanced technologies and strategies to national conditions will ensure the competitiveness of Kazakhstani products in the world market and strengthen the country' s position in the agro-industrial sector.

References

1. Bartosz Mickiwicz, Katsiaryna Volkava Clobal Consumer Trends for Sustainable Milk and Dairy Production// VUZF Review.-2022.-Vol.7(2).-P.183-192. DOI 10.38188/2534-9228.22.2.9

2. Ob utverzhdenii nauchno obosnovannyh fiziologicheskih norm potreblenija produktov pitanija //Prikaz Ministra nacional' noj jekonomiki Respubliki Kazahstan ot 9 dekabrja 2016 goda № 503. Zaregistrirovan v Ministerstve justicii Respubliki Kazahstan 13 janvarja 2017 goda № 14674. - https://adilet.zan.kz - Date of address: 02.01.2025. [in Russian]

3. Kazahstan obespechivaet sebja molochnymi produktami, bez ucheta svezhego moloka, na 82,5% - Economic Research Institute. https://dairynews.today - Date of address: 02.01.2025.[in Russian]

4. Suraj, N.M. Mirovoj i otechestvennyj opyt v razvitii rynka moloka i molochnyh produktov/ N.M.Suraj [i dr.]// Jekonomicheskie nauki. 2019. № 171. S.71–79. DOI 10.14451/1.171.71.[in Russian]

5. The World Dairy Situation Report 2023. https://milksa.co.za . - Date of address: 02.01.2025.

6. FAO. Available at: URL: https://www.fao.org - Date of address: 02.01.2025.

7. Kozak O., Grishhenko,O. Rinok moloka i molochnih produktiv: svitovi tendencii rozvitku ta perspektivi dlja Ukraïni. Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences.-2022.- T.308(4).- S.90-96.

DOI 0.31891/2307-5740-2022-308-4-14 [in Ukrainian}

8. Bojovic, M., & McGregor, A. (2022). A review of megatrends in the global dairy sector: what are the socioecological implications?// Agriculture and Human.-2022.-Vol.40(3) DOI 10.1007/s10460-022-10338-x

9. Philip, K., Thornton. (2010). Livestock production: recent trends, future prospects. Phil Trans R Soc B//Philosophical Transactions.-2010.-Vol.365(1554).-P.2853-2867 DOI 10.1098/RSTB.2010.0134

10. Frank, H., Fuller., Jikun, Huang., Hengyun, Ma., Scott, Rozelle. The Rapid Rise of China' s Dairy Sector: Factors Behind the Growth in Demand and Supply // American Journal of Agricultural Economics.-2005.- 38 p. DOI 10.22004/AG.ECON.18456

11. Bjuro nacional' noj statistiki RK. https://stat.gov.kz .- Date of address: 02.01.2025. [in Russian]

12. Nacional' nyj proekt po razvitiju agropromyshlennogo kompleksa RK na 2021-2025 gody» (Postanovlenie Pravitel' stva RK ot 12.10.2021 №732) Date of address: 02.01.2025. [in Russian]

13. «Koncepcija razvitija agropromyshlennogo kompleksa Respubliki Kazahstan na 2021 - 2030 gody» (Postanovlenie Pravitel' stva RK ot 30.12.2021 № 960) Date of address 02.01.2025. [in Russian]

Information about the authors

Baiguzhinova A.- senior lecturer, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan e-mail: alma.b.78@mail.ru;

Baidalinova A.- PhD, Acting Associate Professor, Department of Management, Esil University, Astana, Kazakhstan, e-mail: aynur.sultanovna@mail.ru;

Baigireeva Zh.- PhD, Acting Associate Professor, Department of Management, Esil University, Astana, Kazakhstan, e-mail: zhanaruskaman@mail.ru.

Сведения об авторах

Байгужинова А.Ж. – сениор-лектор, Восточно-Казахстанский университет имени С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: alma.b.78@mail.ru;

Байдалинова А.С.-PhD, и.о. доцента кафедры «Менеджмент», Esil University, Астана, Казахстан, e-mail: aynur.sultanovna@mail.ru;

Байгиреева Ж.З.- PhD, и.о. доцента кафедры «Менеджмент», Esil University, Астана, Казахстан, e-mail: zhanaruskaman@mail.ru.

МРНТИ 06.75.07 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-789**

КУРОРТНЫЕ ЗОНЫ ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ: ОЦЕНКА МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

[1]К.А. Омарова, [1]К.П. Мусина, [2]С.М. Рустемова, [2]Е.Б. Абеуханова

[1]ЕНУ им. Л.Н.Гумилева Астана, Казахстан,
[2]КазУТБ им. К.Кулажанова Астана, Казахстан

Корреспондент-автор: omarova820204@mail.ru

Статья посвящена исследованию мест размещения, расположенных в Туркестанской и Сарыагашской курортных зонах Казахстана. В этих регионах наблюдается рост туризма, что ставит перед гостиничным сектором задачу повышения качества обслуживания, особенно в контексте гостиниц без официальной категории. Важность работы заключается в анализе ключевых показателей гостиничного бизнеса, таких как заполняемость номеров, количество сданных номеров, средняя стоимость койко-суток. Это позволит выявить текущие тенденции и факторы, влияющие на экономическую эффективность мест размещения и сформулировать рекомендации для оптимизации их функционирования.

Основной целью исследования является выявление особенностей работы гостиниц без категории, что является актуальной проблемой для развития туристической отрасли Казахстана. Гостиничные объекты без категории часто не подлежат жесткому контролю качества и стандартам, что снижает уровень обслуживания и конкуренции. Таким образом, важным аспектом исследования является анализ факторов, влияющих на экономические показатели гостиниц, таких как привлечение туристов, стоимость услуг, уровень заполняемости номеров и другие параметры.

В ходе работы использованы методы статистического и сравнительного анализа, а также экономического анализа данных, полученных от мест размещения в Туркестанской и Сарыагашской курортных зонах. Особое внимание уделяется сравнению экономических показателей этих регионов, с показателями по республике, что позволяет выявить сильные и слабые стороны функционирования гостиниц. Полученные результаты направлены на улучшение функционирования гостиничного бизнеса и повышение конкурентоспособности гостиниц без категорий, что, в свою очередь, способствует улучшению качества обслуживания туристов и развитию внутреннего туризма в Казахстане.

Ключевые слова: гостиничные объекты, курортные зоны, Туркестан, Сарыагаш, заполняемость номеров, стоимость койко-суток, гостиничные услуги, туризм.

ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫНЫҢ КУРОРТТЫҚ АЙМАҚТАРЫ: ОРНАЛАСТЫРУ ОРЫНДАРЫ ЖӘНЕ ЭКОНОМИКАЛЫҚ ТИІМДІЛІКТІ БАҒАЛАУ

[1]К.А. Омарова, [1]К.П. Мусина, [2]С.М. Рустемова, [2]Е.Б. Абеуханова

[1]Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан,
[2]Қ.Құлажанов атындағы ҚазТБУ, Астана, Қазақстан,
e-mail: omarova820204@mail.ru

Бұл мақала Қазақстанның Түркістан және Сарыағаш курорттық аймақтарында орналасқан орналастыру орындарын зерттеуге арналады. Бұл аймақтарда туризмнің өсуі байқалады, бұл қонақүй секторына қызмет көрсету сапасын арттыру міндетін қояды, әсіресе ресми санатқа ие емес қонақүйлер контекстінде. Жұмыстың маңыздылығы қонақүй бизнесінің негізгі көрсеткіштерін, мысалы, нөмірлердің толымдылығы, тапсырылған нөмірлер саны, бір койканың орташа құны сияқты көрсеткіштерді талдауда. Бұл қазіргі үрдістер мен орналастыру орындарының экономикалық тиімділігіне әсер ететін факторларды анықтауға және олардың жұмысын оңтайландыру үшін ұсыныстар жасауға мүмкіндік береді.

Зерттеудің негізгі мақсаты - категориясыз қонақүйлердің жұмыс ерекшеліктерін анықтау, бұл Қазақстанның туристік саласының дамуындағы өзекті мәселе болып табылады. Санатсыз қонақүйлер көбінесе сапа мен стандарттарға қатаң бақылауға алынбайды, бұл қызмет көрсету деңгейін және бәсекелестікті төмендетеді. Сондықтан зерттеудің маңызды аспектісі - қонақүйлердің экономикалық көрсеткіштеріне әсер ететін факторларды, мысалы, туристерді тарту, қызметтердің құны, нөмірлердің толымдылығы деңгейі және басқа да параметрлерді талдау болып табылады.

Жұмыста Түркістан және Сарыағаш курорттық аймақтарынан алынған орналастыру орындарының деректерін статистикалық және салыстырмалы талдау әдістері, сондай-ақ экономикалық талдау әдістері қолданылды. Аймақтардың экономикалық көрсеткіштерін республикалық көрсеткіштермен салыстыруға ерекше көңіл бөлінеді, бұл қонақүйлердің жұмысын талдаудағы күшті және әлсіз жақтарды анықтауға мүмкіндік береді. Алынған нәтижелер қонақүй бизнесінің жұмысын жақсартуға және категориясыз қонақүйлердің бәсекеге қабілеттілігін арттыруға бағытталған, бұл өз кезегінде туристерге қызмет көрсету сапасын жақсартуға және Қазақстандағы ішкі туризмнің дамуына ықпал етеді.

Кілт сөздер: қонақүй объектілері, курорттық аймақтар, Түркістан, Сарыағаш, нөмірлердің толымдылығы, төсек-тәуліктің құны, қонақүй қызметтері, туризм.

RESORT ZONES OF TURKESTAN REGION: ASSESSMENT OF ACCOMMODATION AND ECONOMIC EFFICIENCY

[1]K.A. Omarova✉, [1]K.P. Musina, [2]S.M. Rustemova, [2]E.B. Abeukhanova

[1]L.N. Gumilyov ENU, Astana, Kazakhstan,
[2]K. Kulazhanov KazUTB, Astana, Kazakhstan,
e-mail:omarova820204@mail.ru

This article is dedicated to the study of accommodation facilities located in the resort zones of Turkestan and Saryagash in Kazakhstan. These regions are experiencing growth in tourism, which presents a challenge for the hotel sector to improve service quality, especially in the context of hotels without official classification. The importance of this work lies in the analysis of key indicators of the hotel business, such as room occupancy, the number of rooms rented, and the average cost per bed-night. This will help identify current trends and factors affecting the economic efficiency of accommodation facilities and formulate recommendations for optimizing their operation.

The main objective of the research is to identify the characteristics of the operation of non-classified hotels, which is a relevant issue for the development of the tourism industry in Kazakhstan. Non-classified hotels often do not undergo strict quality control and standards, which reduces the level of service and competition. Thus, an important aspect of the research is the analysis of factors affecting the economic performance of hotels, such as attracting tourists, service costs, room occupancy rates, and other parameters.

The study used statistical and comparative analysis methods, as well as economic data analysis obtained from accommodation facilities in the Turkestan and Saryagash resort zones. Special attention is given to comparing the economic indicators of these regions with the national averages, allowing for the identification of the strengths and weaknesses of hotel operations. The results aim to improve the functioning of the hotel business and enhance the competitiveness of non-classified hotels, which in turn will contribute to improving service quality for tourists and the development of domestic tourism in Kazakhstan.

Keywords: hotel facilities, resort zones, Turkestan, Saryagash, room occupancy, cost per bed-night, hotel services, tourism.

Введение. Актуальность выбранной темы исследования определяется быстро развивающимся туристическим сектором Казахстана, особенно в курортных зонах. Курортные зоны Туркестанской области имеют большой туристский потенциал благодаря историческим и природным достопримечательностям, однако они сталкиваются с рядом проблем в сфере гостиничного обслуживания.

В курортных зонах Туркестанской области (Туристская зона Туркестан и Сарыагашская курортная зона) отсутствуют гостиницы с категориями, места размещения представлены только гостиницами без категорий и прочими местами размещения, поэтому в дальнейшем при рассмотрении курортной зоны Туркестанской области, мы будем использовать только эти 2 категории размещения. Гостиницы без официальной категории, прочие места размещения затрудняют контроль качества и стандартизацию услуг, а также снижает привлекательность этих объектов для туристов. В связи с этим возникает необходимость проведения анализа мест размещения без категорий, прочих мест размещения с целью выявления факторов, влияющих на их экономическую эффективность, таких как заполняемость номеров, стоимость койко-суток и средняя стоимость койко-суток.

Выбор темы обусловлен отсутствием достаточного количества исследований, посвященных именно гостиничным объектам без категории и прочим местам размещения в курортных зонах Казахстана. Ранее работы, посвященные гостиничной индустрии, в основном фокусировались на категориях гостиниц и крупных туристических объектах, оставляя в тени гостиницы без категории и прочие места размещения, которые составляют значительную часть рынка размещения. В то же время развитие этих курортных зон требует объективной оценки их гостиничной инфраструктуры и выявления путей улучшения предоставляемых услуг.

Целью исследования является анализ мест размещения без категорий в Туристской зоне Туркестан и Сарыагашской курортной зоне, оценка их экономической эффективности и предложение рекомендаций для улучшения качества обслуживания. Для достижения поставленной цели задачи исследования включают анализ текущего состояния гостиничной инфраструктуры, оценку факторов, влияющих на экономические показатели гостиниц, а также выработку практических рекомендаций для повышения их конкурентоспособности.

Объектом исследования является гостиничный сектор в Туристской зоне Туркестан и Сарыагашской курортной зоне, а предметом — гостиничные объекты без категорий и прочие места размещения. В работе будут использованы методы статистического и сравнительного анализа для обработки данных о заполняемости номеров, стоимости койко-суток и других экономических характеристик.

Материалы и методы. В качестве исследовательского материала будут использованы статистические данные, предоставленные гостиничными объектами в Туркестанской области, а также результаты анкетирования. В исследовании будут рассмотрены следующие ключевые показатели: заполняемость номеров, количество сданных номеров, средняя стоимость койко-суток.

Методы исследования включают: статистический анализ, для обработки данных о заполняемости номеров, стоимости койко-суток и других показателей, сравнительный анализ — для сопоставления различных курортных зон по республике Казахстан и выявления ключевых различий, анализ экономических показателей — для оценки финансовой устойчивости мест размещения и их эффективности. В ходе исследования будут изучены как количественные, аспекты функционирования гостиниц без категорий в курортных зонах, что позволит более полно оценить их вклад в развитие туризма и определить пути для повышения конкурентоспособности, также была использована программа Power BI для составления диаграмм и анализа данных.

Результаты и обсуждение. В курортных зонах Казахстана широко распространены небольшие, частные гостиницы без категорий, санаторно-курортные организации, гостевые дома, апартаменты и т.д., которые не прошли сер-

тификацию или не хотят тратить средства на получение официальной категории.

Это часто встречается в развивающихся курортных зонах, где туристы ориентируются на низкие цены и непритязательность к условиям проживания. Множество несертифицированных объектов могут предоставлять гибкие условия для туристов, предлагая доступные цены и меньшее количество формальностей, что делает такие места популярными среди тех, кто ищет бюджетное и удобное размещение [1].

Прочие места размещения могут включать в себя такие объекты, как турбазы, кемпинги, хостелы и частные квартиры, что также отражает популярность нестандартных форм жилья среди туристов. Эти объекты зачастую дешевле и не требуют официальной категории, что делает их привлекательными для широкого круга путешественников, в том числе для местных туристов. В последние годы в Казахстане набирает популярность экотуризм и активный отдых, что способствует росту количества туристических баз и прочих вариантов размещения в природных и отдаленных местах. Эти объекты часто не поддаются сертификации по стандартам гостиничной классификации, но предоставляют удобные условия для специфической аудитории. Поскольку большое количество размещений без категорий и прочих типов ориентированы на более дешевый сегмент, предприниматели и гостиничные операторы, возможно, не видят смысла в создании гостиниц именно с категориями, так как есть более востребованные и прибыльные варианты (прочие места размещения, гостиницы без категорий) [2].

Курортные зоны представляют собой географические регионы, которые имеют специализированную инфраструктуру для обслуживания туристов, направленных на отдых, лечение и восстановление здоровья. Они включают природные, климатические и культурные ресурсы, которые служат основой для развития туристической и курортной индустрии [3].

Касательно курортных зон всего мест размещения на период с января по сентябрь 2024 года 1824 единицы, представленной в таблице 1.

Таблица 1 - Материально-техническая база гостиничного хозяйства по категориям гостиниц в курортных зонах

	Всего	В том числе					
		5*	4*	3*	2*	Гостиница без категорий	Прочие места размещения
Количество мест размещения, единиц	1 824	11	23	6	2	602	1 180
Заполняемость номеров, %	49,8	72,9	67,3	71,2	24,5	44,6	-
Количество сданных номеров, единиц	1 353 820	116 659	121 621	27 522	1 941	651 250	434 827
Средняя стоимость койко-суток, тенге	13 957	65 234	33 832	25 719	16 000	17 462	11 031
Примечание – составлено авторами на основе данных [4]							

В результате анализа мест размещения по курортным зонам Казахстана, можно сделать следующие выводы: всего мест размещения в курортных зонах рассматриваемый период с января по сентябрь 2024 года составляет 1 824 единицы, из которых распределены по категориям гостиниц следующим образом: 5-ти звездочные гостиницы 0,6%, 4-х звездочные - 1,%, 3-звездочные - 0,3%,

2-х звездочные - 0,1%, без категорий 33%, прочие места размещения – 64,7%. Таким образом, отмечаем низкую долю категорийных мест размещения в курортных зонах, составляющую всего 2,3% от общего числа, т.е. в курортных зонах наблюдается Казахстана наблюдается недостаток крупных гостиничных объектов с высокой категорией. Это может быть связано с нехваткой инвестиций в строительство таких отелей, что ограничивает развитие туристической инфраструктуры на высококачественном уровне. В курортных зонах может не хватать спроса на высококлассные гостиницы, особенно в местах, где основной туризм ориентирован на бюджетные варианты проживания. Это может быть связано с тем, что туризм в Казахстане пока недостаточно развит в плане привлечения высококлассных международных туристов, и большинство туристов ориентируются на более дешевые варианты. Процесс сертификации гостиниц, особенно в удаленных курортных зонах, может быть длительным и затратным, что мешает предпринимателям и инвесторам повышать уровень качества своих объектов и получать звезды.

Заполняемость номеров в курортных зонах Казахстана по категориям гостиниц демонстрирует значительные различия.

5-звездочные отели предлагают высокий уровень обслуживания, удобства, комфорт и дополнительные услуги (SPA, рестораны, бассейны, трансфер), что привлекает более обеспеченных туристов. Это объясняет высокую заполняемость — такие гостиницы обычно ориентированы на туристов с более высоким доходом, которые ценят качество и комфорт.

Эти отели часто ориентированы на международный рынок, который может быть более стабильным и менее подверженным сезонным колебаниям. Привлекательность высококлассных гостиниц также может объясняться их международным признанием и известностью.5-звездочные гостиницы чаще всего привлекают туристов с более высокими требованиями и готовы платить за комфорт и престиж, что делает их более заполняемыми [5].

4-звездочные отели в целом предлагают хороший уровень сервиса и удобства, при этом цены остаются значительно ниже, чем у 5-звездочных гостиниц. Это делает их привлекательными для более широкого круга туристов, в том числе для среднего класса и деловых путешественников, для туристов, которые хотят комфорт, но не готовы платить за премиум-услуги. Это способствует хорошей заполняемости, отели могут быть более гибкими в плане предложений для разных категорий путешественников, что также может объяснять их стабильную заполняемость.

3-звездочные отели предлагают довольно хорошие условия за более доступные цены. Этот сегмент привлекает массового туриста, включая семейных путешественников и туристов с умеренным бюджетом, стремятся предложить сбалансированный уровень качества и цен, что способствует их высокой заполняемости, особенно в пик туристического сезона.

2-звездочные гостиницы часто предлагают минимальные условия, которые могут не удовлетворять потребности более требовательных туристов. Низкий уровень заполняемости может быть связан с ограниченным сервисом и неудобствами, такими как отсутствие дополнительных услуг. Гостиницы ориентированы на бюджетных туристов, но из-за ограниченности удобств и сервиса могут не привлекать большое количество клиентов. В курортных зонах, где доступны более качественные варианты туристы могут выбирать другие отели с лучшим соотношением цены и качества, что снижает заполняемость 2-звездочных отелей [6].

Множество гостиниц без категории в курортных зонах могут включать в себя частные гостиницы, санаторно-курортные организации, гостевые дома, апартаменты и другие непрофессионально сертифицированные объекты. Такие места зачастую предоставляют низкие цены и гибкие условия, но не всегда обеспечивают высокий уровень сервиса. Гостиницы без категорий часто предлагают доступные тарифы, что привлекает туристов с ограниченным бюджетом, особенно в низкий сезон. Это может объяснять умеренную их заполняемость, однако несмотря на доступные цены, туристы, особенно международ-

ные, могут не предпочитать такие объекты из-за отсутствия стандартов и предсказуемости качества обслуживания.

По поводу количества сданных номеров по курортным зонам Казахстана за период с января по сентябрь 2024 года, можно сделать следующий анализ: 5-ти звездочные гостиницы составляют 8,6%, 4-х звездочные – 8,9%, 3-х звездочные - 2%, гостиницы без категорий – 48,1%, прочие места размещения – 32,1%. Несмотря на высокий уровень сервиса, 5-ти звездочные гостиницы составляют меньшую часть всего рынка (в процентном отношении). Их меньше по численности, но они обладают высокой заполняемостью в сезоны пиковой активности, что и объясняет количество сданных номеров (116 659). Заполняемость таких отелей также может быть связана с ростом интереса к Казахстану как туристическому направлению.

4-х звездочные гостиницы предлагают высококачественные условия, что делает их привлекательными для более широкого круга туристов, включая как местных, так и международных, что также способствует их высокой активности и числу сданных номеров (121 621).

3-х звездочные гостиницы предлагают хороший уровень качества за умеренную цену, на их долю приходится меньшее количество сданных номеров по сравнению с более дорогими гостиницами, так как туристы могут выбирать более бюджетные варианты или альтернативные формы размещения, (27522 номеров). Проблемы с конкуренцией со стороны гостиниц без категорий или прочих мест размещения могут ограничивать рост сданных номеров в этой категории.

2-х звездочные гостиницы курортных зонах Казахстана могут не соответствовать ожиданиям более требовательных туристов из-за ограниченных удобств и сервиса, они скорее ориентированы на местных путешественников с ограниченным бюджетом, поэтому низкий уровень спроса на 2-х звездочные гостиницы связан с тем, что более дешевые варианты предоставляют аналогичные условия за меньшую цену, что снижает спрос на отели низкой категории, (1941 номер).

В курортных зонах Казахстана широко распространены гостиницы без категории, такие как гостевые дома, мини-отели и апартаменты, санаторно-курортные организации. Эти объекты размещения обычно ориентированы на бюджетных туристов, а их высокое количество сданных номеров связано с доступностью и невысокой ценой, гибкими условиями, что способствует увеличению числа сданных номеров, (651250).

Прочие места размещения могут включать такие объекты, как турбазы, кемпинги, хостелы, апартаменты и другие формы жилья. Эти объекты обычно дешевле, чем традиционные гостиницы, и привлекают разнообразные категории туристов, что объясняет значительное количество сданных номеров в данной категории, (434827).

Таблица 2 - Основные показатели мест размещения по Республике Казахстан и курортным зонам Туркестанской области по состоянию на первые полугодия с 2021 - 2024гг.

Курортные зоны	**2021**	**2022г.**	**2023г.**	**2024г.**
Гостиницы без категорий	522	588	588	600
Среди них:				
Туристская зона Туркестан	31	39	40	48
Сарыагашская курортная зона	20	21	20	18
Прочие места размещения	927	988	995	1092
Среди них:				
Туристская зона Туркестан	7	17	18	17

Сарыагашская курортная зона	-	-	-	-
Заполняемость номеров, %	24,1	32,6	37,9	39,3
Среди них:				
Туристская зона Туркестан	33,1	28,0	18,9	22,2
Сарыагашская курортная зона	24,9	23,2	26,3	34,6
Средняя стоимость койко-суток, тенге	9451	11008	12974	14804
Среди них:				
Туристская зона Туркестан	7688	8027	10216	8955
Сарыагашская курортная зона	5567	6189	6779	7062
Примечание - составлено авторами на основе данных [7], [8], [9], [10].				

По средней стоимости койко-суток 5-звездочные отели имеют самую высокую среднюю стоимость койко-суток (65 234 тенге), что отражает их высокий уровень сервиса и инфраструктуры.4-звездочные и 3-звездочные отели имеют цену ниже (33 832 и 25 719 тенге соответственно), что делает их доступными для более широкой аудитории. Гостиницы без категорий (17 462 тенге) и прочие места размещения (11 031 тенге) ориентированы на туристов с ограниченным бюджетом.

Среди мест размещения в курортных зонах нами были изучены 2 типа размещений: гостиницы без категорий и прочие места размещений, так как в курортных зонах Туркестанской области отсутствуют гостиницы с категориями звезд.

По данным таблицы, нами составлены диаграммы с помощью программы *Power BI*

Республики Казахстан и курортных зон Туркестанской области были использованы данные за период первой половины 2021 – первой половины 2024 гг.

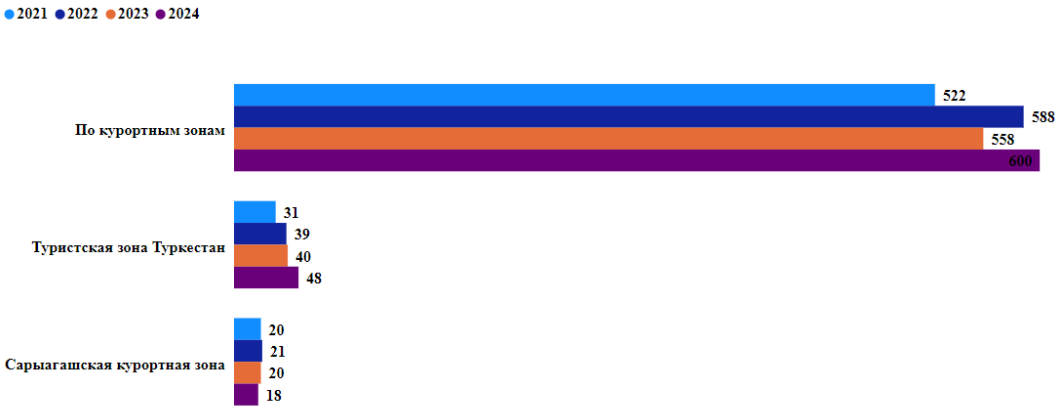


Рис.1 - Гостиницы без категорий, единицы

Примечание - Составлено авторами с помощью программы Power BI

Анализируя рисунок 1, приходим к следующим выводам: по курортным зонам Казахстана в период с первой половины 2021 года по первую половину 2022 года наблюдается рост гостиниц без категорий на 12,6%, в период с первой половины 2022 года до первой половины 2023 года

снижение на 5,1%, и в период с первой половины 2023 года до первой половины 2024 года рост на 7,5%. Общий рост по курортным зонам Казахстана с 2021 по 2024 год составил **14.94%.**

По туристской зоне Туркестан: в период с первой половины 2021 по первую половину 2024 года наблюдается динамика роста гостиниц без категорий на 54,84%. С периода первой половины 2021 года по первую половину 2022 года, рост составил 25,8%, в период с первой половины 2022 года по первую половину 2023 года – 2,6%, с первой половины 2023 до первой половины 2024 года – 20%. Гостиницы без категорий Туристской зоны Туркестан составляли в первой половине 2021 года, 5,9% общего количества гостиниц без категорий в курортных зонах, к первой половине 2024 года стали составлять 8%.

По Сарыагашской курортной зоне в период с первой половины 2021 года по первую половину 2024 года количество гостиниц без категорий, показывает противоречивые показатели снижение на 10%: с первой половины 2021 года по первую половину 2022 года – рост на 5%, с периода первой половины 2022 года по первую половину 2023 года – уменьшение на 4,8%, с первой половины 2023 года по первую половину 2024 года снижение на 10%. Гостиницы без категорий Сарыагашской курортной зоны относительно курортных зон Казахстана в первой половине 2021 года составляли 3,8% и 2024 годах составляют 3%.

Таким образом доля гостиниц без категорий курортных зон Туркестанской области, относительно курортов Казахстана составляла в первой половине 2021 года – 9,8%, в первой половине 2024 года 11%, увеличив долю на 1,2%.

По прочим местам размещения по показателям страны за период первой половины 2021 по первую половину 2024 года, отмечается рост, с 907 единиц до 1092 единицы, (17,8%), по курортам Туркестанской области в Сарыагашской курортной зоне отсутствуют прочие места размещения, данные представлены только Туристской зоной Туркестан, где рост с первой половины 2020 года до первой половины 2024 года составил 1 единицу (0,5%), доля Туристской зоны Туркестан в показателях Республики Казахстан составила в первой половине 2020 года и первой половине 2024 года (1,5%).

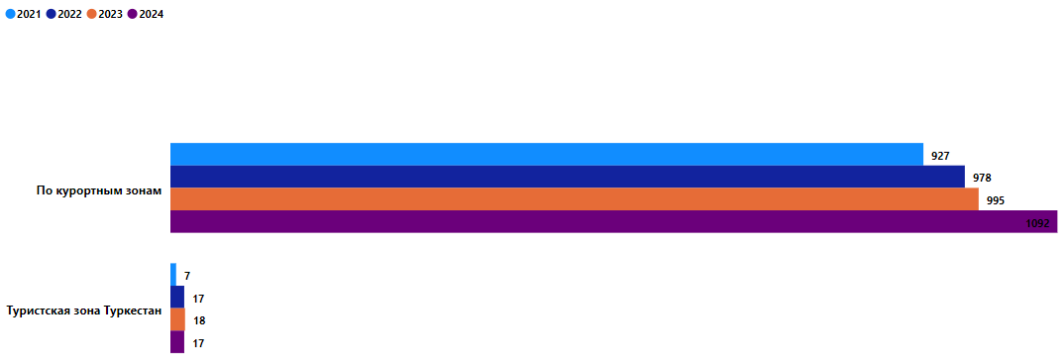


Рис.2 - Прочие места размещения, единицы

Примечание - Составлено авторами с помощью программы Power BI

Следуя данным таблицы 2 и рисунка 2, можно прийти к следующим выводам, прочие места размещения в курортных зонах Казахстана в период с первой половины 2021 года по первую половину 2024 года имеют постоянную положительную динамику, рост на 17,8%. С первой половины 2021 года по первую половину 2022 года рост составил 5,5%, с периода первой половины 2022 года по первую половину 2023 года, рост – 1,7%, с первой половины 2023 по первую половину 2024 го-

да, рост составил 9,7%,

Прочие места размещения в Туристской зоне Туркестан в период с первой половины 2021 по первую половину 2022 года рост составил 142%, в период с первой половины 2022 года по первую половину 2023 года, рост 5,9%, с первой половины 2023 года по первую половину 2024 года снижение на 5,6%, общий рост с первой половины 2021 по первую половину 2024 года составил 142,9%. Доля Туристской зоны Туркестан к курортным зонам Казахстана в первой половине 2021 года составила 0,75%, в 2024 году 1,56%, увеличив позиции на 0,81%.

Заполняемость номеров является важным показателем деятельности мест размещения, показывает оценку производительности мест проживания, финансовой стабильности мест проживания и уровень привлекательности, популярности для клиентов.

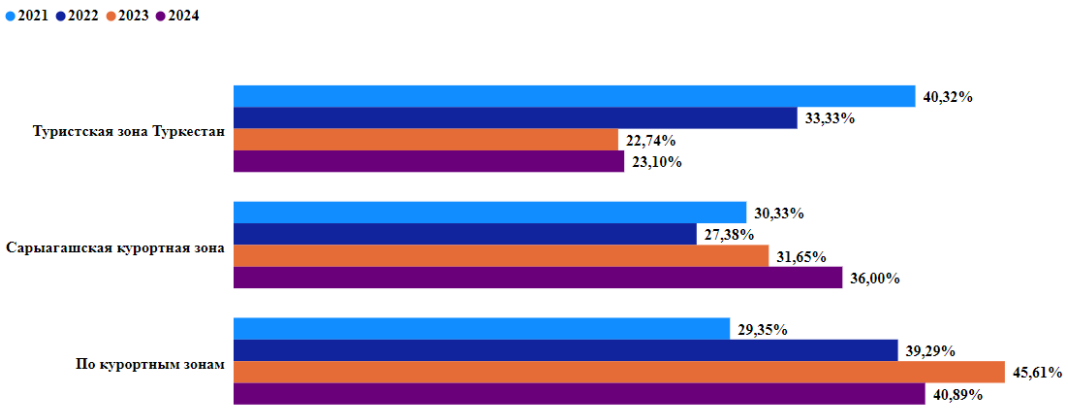


Рис.3 - Заполняемость номеров, %

Примечание - Составлено авторами с помощью программы Power BI

На основании таблицы 2 и рисунка 3, можно сделать следующие выводы: заполняемость в курортных зонах Казахстана в период с первой половины 2021 года по первую половину 2024 года составила 55,5%, что показывает рост популярности среди туристов, улучшение инфраструктуры, развитие санаториев и курортов. Заполняемость курортных зон Казахстана демонстрирует положительную динамику, что связано с учетом пандемии COVID-19 и ограничений на международные поездки, большое число туристов вернулось к исследованию своих стран, ремонт и модернизация старых объектов, строительство новых гостиниц, удобная транспортная доступность, а также из-за стремления людей улучшить здоровье и посетить лечебно-оздоровительные курорты.

По Туристской зоне Туркестан заполняемость номеров с периода первой половины 2021 года по первую половину 2024 года, снизилось и составило 42,7%. Возможно, это связано перенаправлением туристов в другие регионы, к примеру в Сарыагашскую курортную зону, а также инфраструктурные и сервисные проблемы, невысокий уровень обслуживания могли привести к снижению привлекательности региона для туристов.

По Сарыагашской курортной зоне заполняемость мест размещения в курортных зонах с первой половины 2021 по первую половину 2024 года составил 18,7%, осуществлялся стабильный рост, после снижения в первой половине 2022 года, причиной могут быть популярность санаторно-курортных организаций и увеличение числа посетителей данных организаций. Сарыагашская зона стабильно улучшает свои показатели, оставаясь востребованной у туристов, имеет хороший имидж в сфере лечебно-оздоровительного туризма, популяризация интереса к санаторному лечению, особенно в усло-

виях растущего спроса на восстановление после болезней и профилактические курсы. Сарыагашская курортная зона пользуется популярностью среди жителей Казахстана, благодаря доступным ценам и хорошей медицинской базе.

Средняя стоимость мест проживания постоянно должна увеличиваться в связи с ежегодным ростом инфляции, ростом издержек на содержание мест размещения, и сохраняющимся спросом среди посетителей. На рост цен влияет увеличение внутреннего спроса на курорты Казахстана и популярность внутреннего туризма, улучшением качества услуг, расширение инфраструктуры и комфортности проживания для туристов.

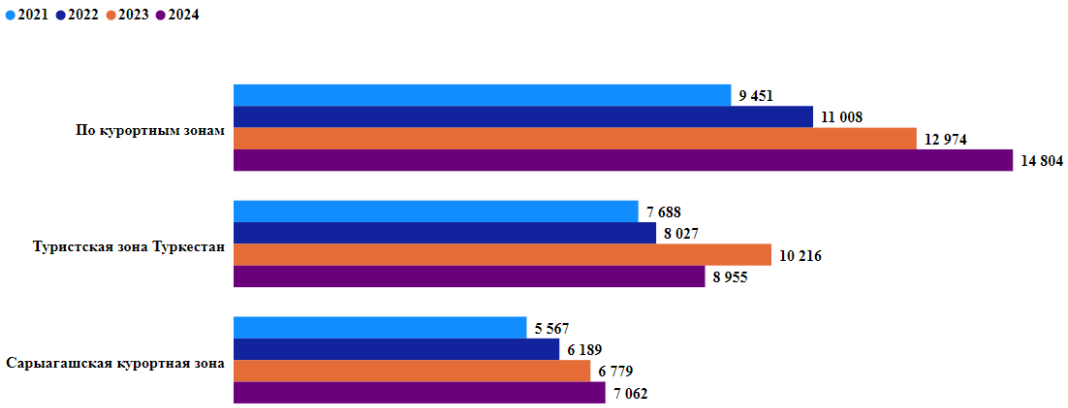


Рис.4 - Средняя стоимость койко-суток, тенге

Примечание - Составлено авторами с помощью программы Power BI Desktop

Согласно данным таблицы 2 и рисунка 4, следует: процентное изменение средней стоимости койко-суток в местах размещения по курортным зонам Казахстана за период первой половины 2021 по первую половину 2022 года рост цен составил 16,4%, в первых половинах 2022 – 2023 годов 17,9%, в первой половине 2023 года – первой половине 2024 года 14%. Общий рост по показателям Республики Казахстан составил – 56,3%.

По Туристской зоне Туркестан за рассматриваемый период первой половины 2021 – первой половины 2024 года отмечается незначительный рост цен на места размещения на 16%, в период первой половины 2021- первой половины 2022 года – 4,4%, в период первой половины 2022 года - первой половины 2023 года – 27,7%, резкий рост цен возможен из-за восстановления туристского потока после пандемии и повышенным спросом на услуги, в период первой половины 2023 – первой половины 2024 года снижение цен на 12,4%, что связано с падением популярности и заполняемости, перенаправление туристского потока и осуществлено с целью притока туристов.

В Сарыагашской курортной зоне отмечается рост цен в местах размещения в период с первой половины 2021 года по период первой половины 2024 года, на 26,9% т.е. стабильный рост цен, к чему повлекла популярность и спрос на услуги лечебно-оздоровительного туризма, повышение качества оказываемых услуг. За период первой половины 2021 года по период первой половины 2022 года – на 11,2%, в период первой половины 2022 года по период перовой половины 2023 года – на 9,5%, за период с первой половины 2023 по период первой половины 2024 года – на 4,2%.

Выводы. Исследование мест размещения без категорий в курортных зонах Туркестан и Сарыагаш позволило выявить ключевые проблемы и возможности, связанные с функционированием гостиничного сектора в этих регионах. Основными факторами, влияющими на экономическую эффективность гостиниц, являются заполняемость номеров, стоимость койко-суток и отсутствие стандартизации качества обслуживания.

Результаты исследования могут быть использованы для разработки рекомендаций по улучшению инфраструктуры и повышения конкурентоспособности гостиниц в курортных зонах.

Инфраструктура курортных зон в Казахстане представляет собой разнообразие мест размещения, где основная масса — это прочие места размещения и гостиницы без категорий. Высококатегорийные гостиницы имеют хороший уровень заполняемости и соответствующие цены, что делает их привлекательными для туристов с более высокими доходами. Высокая заполняемость гостиниц высококатегорийных гостиниц (от 67% до 72%) свидетельствует о наличии стабильного спроса на качественное размещение, причем отели обеспечивают хороший баланс цены и качества для различных типов туристов.

Заполняемость курортных зон Казахстана в целом увеличивается, что подтверждает положительные тренды для внутреннего туризма и развития курортных инфраструктур. Туристская зона Туркестан теряет популярность, что требует серьезного анализа причин и принятия мер для восстановления интереса. Сарыагашская зона стабильно улучшает свои показатели, оставаясь востребованной для туристов, особенно благодаря своему санаторно-курортному потенциалу и лечебно-оздоровительному направлению среди туристов, гибкой ценовой политике.

Для повышения конкурентоспособности курортных зон, привлечения туристского потока и обеспечения устойчивого роста гостиничного бизнеса в Туркестанской области (Сарыагашской курортной зоны и Туристской зоны Туркестан) мы предлагаем следующие рекомендации:

- развивать и сертифицировать дополнительные высококатегорийные гостиницы, улучшая условия для зарубежных туристов и поддерживая внутренний рынок;

- упрощение получения категорий для малых объектов размещения;

- создавать более разнообразные ценовые категории для разных групп туристов;

- аудит инфраструктуры и сервисного обеспечения;

- продолжить привлечение инвестиций в развитие Туркестана как культурного и туристического центра, улучшая условия для внутреннего и международного туризма;

- улучшение инфраструктуры;

- внедрение современных технологий;

- повышать уровень сервиса за счет привлечения высококвалифицированных специалистов;

- совершенствовать маркетинговые кампании для привлечения туристов из других регионов и стран, используя успешный опыт уже имеющихся курортных зон;

- развивать уникальные курорты и санатории с акцентом на лечебноо-оздоровительный туризм.

Таким образом, на сегодняшний день состояние рынка туристских услуг в курортных зонах Республики Казахстан остается на удовлетворительном уровне, необходимо обновление, совершенствование предоставления услуг, согласно требованиям туристов, устаревание зданий, транспортной инфраструктуры, техники, требует обновлений, контроля с государственной позиции категорий гостиниц и других мест размещения и питания, на уровень качества и соответствие предъявляемой категории. Вышеупомянутые меры необходимы для повышения конкурентоспособности туристских услуг во всех курортных зонах Казахстана.

Литература

1. Губа Д.В., Воронов Ю.С. Лечебно-оздоровительный туризм: курорты и сервис Издательство «Спорт», 2020, 240 с. ISBN 978-5-907225-06-0

2. Кизимбаева А., Уразбеков А.К., Булакбай Ж.М. Влияние рынка санаторно-курортных услуг на развитие экономики Казахстана // Вестник ЕНУ им. Л.Н.Гумилева. - №2. – 2024. – С.9-26. ISSN 2789-4320

3. Salman Majeed and Woo Gon Kim Emerging trends in wellness tourism: a scoping review // Journal of Hospitality and Tourism Insights// Emerald Publishing Limited 2023.-Vol.6.(2) - P.853-873. DOI 10.1108/JHTI-02-2022-0046.

4. Статистика туризма - Места размещения в курортных зонах по типам на январь-июнь 2024г. - [Электронный ресурс] - URL: https://stat.gov.kz .-Дата обращения: 26.12.2024.

5. Lina Zhong, Baolin Deng, Alastair M. Morrison, J. Andres Coca-Stefaniak and Liyu Yang Medical, Health and Wellness Tourism Research-A Review of the Literature (1970–2020) and Research Agenda// International Journal of Environmental Research and Public Health.- 2021.- Vol.18(20):10875. DOI 10.3390/ijerph182010875

6. Ветитнев А.М. Лечебный туризм: учебное пособие/ А.М. Ветитнев, А.С. Кусков - Москва: Форум, 2010.- 592 с. ISBN 978-5-91134-364-4.

7. Статистика туризма. Электронные таблицы О деятельности мест размещения в Республике Казахстан (январь-июнь 2021 года) - [Электронный ресурс] - URL: https://stat.gov.kz.- Дата обращения: 20.11.2024

8. Статистика туризма. Электронные таблицы.О деятельности мест размещения в Республике Казахстан (Январь-июнь 2022г.) - [Электронный ресурс] - URL: https://stat.gov.kz.-Дата обращения: 22.11.2024.

9. Статистика туризма. Электронные таблицы. О деятельности мест размещения в Республике Казахстан (январь-июнь 2023г.) - [Электронный ресурс] - URL: https://stat.gov.kz.- Дата обращения: 23.11.2024.

10. Статистика туризма. Электронные таблицы. О деятельности мест размещения в Республике Казахстан (январь-июнь 2024г.) - [Электронный ресурс] - URL: https://stat.gov.kz.- Дата обращения: 25.11.2024.

References

1. Guba D.V., Voronov Ju.S. Lechebno-ozdorovitel' nyj turizm: kurorty i servis Izdatel' stvo «Sport», 2020, 240 s. ISBN 978-5-907225-06-0. [in Russian]

2. Kizimbaeva A., Urazbekov A.K., Bulakbaj Zh.M. Vlijanie rynka sanatorno-kurortnyh uslug na razvitie jekonomiki Kazahstana // Vestnik ENU im. L.N.Gumileva. - №2. – 2024. – S.9-26. ISSN 2789-4320. [in Russian]

3. Salman Majeed and Woo Gon Kim Emerging trends in wellness tourism: a scoping review // Journal of Hospitality and Tourism Insights// Emerald Publishing Limited 2023.-Vol.6.(2) - P.853-873. DOI 10.1108/JHTI-02-2022-0046.

4. Statistika turizma - Mesta razmeshhenija v kurortnyh zonah po tipam na janvar'-ijun' 2024g. - Jelektronnyj resurs - URL: https://stat.gov.kz .-Data obrashhenija: 26.12.2024 [in Russian]

5. Lina Zhong, Baolin Deng, Alastair M. Morrison, J. Andres Coca-Stefaniak and Liyu Yang Medical, Health and Wellness Tourism Research-A Review of the Literature (1970–2020) and Research Agenda // International Journal of Environmental Research and Public Health.- 2021.- Vol.18(20):10875. DOI 10.3390/ijerph182010875

6. Vetitnev A.M. Lechebnyj turizm: uchebnoe posobie/ A.M. Vetitnev, A.S. Kuskov - Moskva: Forum, 2010.- 592 s. ISBN 978-5-91134-364-4. [in Russian]

7. Statistika turizma. Jelektronnye tablicy O dejatel' nosti mest razmeshhenija v Respublike Kazahstan (janvar'-ijun' 2021 goda) - Jelektronnyj resurs - URL: https://stat.gov.kz.- Data obrashhenija: 20.11.2024.

[in Russian]

8. Statistika turizma. Jelektronnye tablicy.O dejatel' nosti mest razmeshhenija v Respublike Kazahstan (Janvar'-ijun' 2022g.) - Jelektronnyj resurs - URL: https://stat.gov.kz.-Data obrashhenija: 22.11.2024. [in Russian]

9. Statistika turizma. Jelektronnye tablicy. O dejatel' nosti mest razmeshhenija v Respublike Kazahstan (janvar'-ijun' 2023g.) - Jelektronnyj resurs - URL: https://stat.gov.kz.- Data obrashhenija: 23.11.2024. [in Russian]

10. Statistika turizma. Jelektronnye tablicy. O dejatel' nosti mest razmeshhenija v Respublike Kazahstan (janvar'-ijun' 2024g.) - Jelektronnyj resurs - URL: https://stat.gov.kz.- Data obrashhenija: 25.11.2024. [in Russian]

Сведения об авторах

Омарова К.А.- докторант, Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, г. Астана, Казахстан, e-mail: omarova820204@mail.ru;

Мусина К. П. - кандидат экономических наук, ассоциированный профессор кафедры «Туризм» Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, г. Астана, Казахстан, e-mail: kamshatmussina@mail.ru;

Рустемова С.М. - магистр наук, сеньор-лектор кафедры «Туризм и сервис» Казахский университет технологии и бизнеса им. К.Кулажанова Астана, Казахстан, e-mail: sabiruwa1986@mail.ru;

Абеуханова Е.Б. - магистр экономических наук, сеньор-лектор кафедры «Туризм и сервис» Казахский университет технологии и бизнеса им. К.Кулажанова Астана, Казахстан, e-mail: erkejana77@mail.ru.

Information about authors

Omarova K.A. - main author, doctoral student, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: omarova820204@mail.ru;

Musina K. P. - candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Tourism, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: kamshatmussina@mail.ru;

Rustemova S.M. - Master of Science, Senior Lecturer of the Department "Tourism and Service" K.Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business Astana, Kazakhstan, e-mail: sabiruwa1986@mail.ru;

Abeukhanova Y.B. - Master of Economics, Senior Lecturer of the Department of Tourism and Service, K.Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business Astana, Kazakhstan, e-mail: erkejana77@mail.ru.

МРНТИ 06.71.07 https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-1011

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ СЕТЕЙ В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ КАЗАХСТАНА: ИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ

С.А. Юсупова, М.С. Толысбаева, А.Ж. Касенова, Г.К. Нарбаева

Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан,
Корреспондент-автор: Abay.saltanat@bk.ru

В данной статье рассматриваются ключевые факторы, которые могут повлиять на создание партнёрских сетей между предпринимателями в аграрной отрасли Казахстана. Исследование показало, что в настоящее время одной из главных проблем остается слабое взаимодействие между участниками отрасли, особенно среди небольших и средних хозяйств. У них зачастую отсутствует возможность выйти на рынок напрямую или участвовать в переработке продукции, что сильно ограничивает их потенциал.

Важно подчеркнуть, что ситуация в разных регионах страны складывается по-разному. В одних местах уже сформированы рабочие связи между производителями и переработчиками, тогда как в других — такого взаимодействия пока практически нет. Это позволяет предположить, что при разработке программ поддержки необходимо учитывать именно региональную специфику и текущий уровень кооперации.

Авторы проанализировали нормативные документы и статистику, чтобы обосновать ряд предложений по улучшению сложившейся ситуации. В частности, речь идёт о поощрении сотрудничества между хозяйствами, продвижении цифровых решений и совершенствовании механизмов кооперации на законодательном уровне.

В завершение стоит отметить, что переход к сетевой модели ведения агробизнеса может оказаться эффективным решением. Такой подход, как отмечают авторы, способен укрепить устойчивость аграрной отрасли и повысить ее конкурентоспособность, особенно в условиях современного рынка.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, сельхозформирования, кооперация, предпринимательские сети, инвестиции, цифровизация

ҚАЗАҚСТАННЫҢ АГРОӨНЕРКӘСІПТІК КЕШЕНІНДЕ КӘСІПКЕРЛІК ЖЕЛІЛЕРДІ ҚАЛЫПТАСТЫРУ: ИНСТИТУЦИОНАЛДЫҚ ЖӘНЕ ҰЙЫМДАСТЫРУШЫЛЫҚ АЛҒЫШАРТТАР

С.А. Юсупова, М.С. Толысбаева, А.Ж. Касенова, Г.К. Нарбаева

С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан,
e-mail: Abay.saltanat@bk.ru

Бұл мақалада Қазақстанның аграрлық саласында кәсіпкерлер арасында әріптестік желілерді құруға әсер етуі мүмкін негізгі факторлар қарастырылады. Зерттеу көрсеткендей, қазіргі уақытта негізгі мәселелердің бірі салаға қатысушылар арасындағы, әсіресе шағын және орта шаруашылықтар арасындағы әлсіз өзара әрекеттесу болып қала береді. Олар көбінесе нарыққа тікелей шығуға немесе өнімді өңдеуге қатысуға мүмкіндік бермейді, бұл олардың әлеуетін айтарлықтай шектейді.

Еліміздің әртүрлі өңірлеріндегі жағдай әртүрлі жолдармен қалыптасып жатқанын атап өту маңызды. Кейбір жерлерде өндірушілер мен қайта өңдеушілер арасында жұмыс байланыстары қалыптасқан, ал басқаларында мұндай өзара әрекеттесу әлі жоқ. Бұл қолдау бағдарламаларын әзірлеу кезінде кооперацияның аймақтық ерекшелігі мен ағымдағы деңгейін ескеру қажет екенін көрсетеді.

Авторлар жағдайды жақсарту бойынша бірқатар ұсыныстарды негіздеу үшін нормативтік құжаттар мен статистиканы талдады. Атап айтқанда, біз шаруашылықтар арасындағы ынтымақтастықты ынталандыру, цифрлық шешімдерді ілгерілету және заңнамалық деңгейде кооперация тетіктерін жетілдіру туралы айтып отырмыз.

Қорытындылай келе, агробизнесті жүргізудің желілік моделіне көшу тиімді шешім болуы мүмкін екенін атап өткен жөн. Авторлар атап өткендей, бұл тәсіл аграрлық саланың тұрақтылығын нығайтуға және оның бәсекеге қабілеттілігін арттыруға қабілетті, әсіресе қазіргі нарық жағдайында.

Түйін сөздер: агроөнеркәсіптік кешен, ауыл шаруашылығы құрылымдары, кооперация, кәсіпкерлік желілер, Инвестициялар, цифрландыру

FORMATION OF BUSINESS NETWORKS IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX OF KAZAKHSTAN: INSTITUTIONAL AND ORGANIZATIONAL BACKGROUND

S.A. Yussupova, M.S. Tolysbayeva, A.Zh.kasenova, G.K. Narbaeva

Kazak Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan,
e-mail: Abay.saltanat@bk.ru

This article examines the key factors that can influence the creation of partnership networks between entrepreneurs in the agricultural sector of Kazakhstan. The study showed that currently one of the main problems remains weak interaction between industry participants, especially among small and medium-sized farms. They often do not have the opportunity to enter the market directly or participate in product processing, which greatly limits their potential.

It is important to emphasize that the situation in different regions of the country is developing in different ways. In some places, working relationships between producers and processors have already been formed, while in others there is practically no such interaction yet. This suggests that when developing support programs, it is necessary to take into account regional specifics and the current level of cooperation.

The authors analyzed regulatory documents and statistics to substantiate a number of proposals to improve the current situation. In particular, we are talking about encouraging cooperation between farms, promoting digital solutions and improving cooperation mechanisms at the legislative level.

In conclusion, it is worth noting that the transition to a network model of agribusiness can be an effective solution. Such an approach, as the authors note, is able to strengthen the sustainability of the agricultural sector and increase its competitiveness, especially in the conditions of the modern market.

Keywords: agro-industrial complex, agricultural formations, cooperation, business networks, investments, digitalization

Введение. Сегодня все чаще поднимается вопрос о необходимости поиска новых форм развития агропромышленного комплекса страны, что связано конечно же не только с требованиями рынка и технологическими изменениями, но и с тем, что в отрасли до сих пор сохраняется разобщенность между производителями сельхозпродукции и перерабатывающими, научными финансовыми и иными организациями. Поэтому, на наш взгляд, в данной ситуации особенно важно находить подходы, которые бы позволили сгладить эти различия и способствовали бы выстраиванию более устойчивых связей.

По мнению авторов, решение обозначенных проблем напрямую связано с тем, насколько эффективно удастся выстроить механизмы взаимодействий между всеми участниками аграрного рынка. Именно в этом контексте партнерские предпринимательские сети начинают играть все более значимую и актуальную роль.

Партнерские предпринимательские сети в аграрной сфере охватывают широкий спектр взаимодействий между участниками, включая как производственные и сбытовые связи, так и со-

трудничество в области науки, образования, консалтинга и финансирования. Такие сети могут выступать как формализованные структуры, закрепленными в договорных или институциональных рамках, так и неформальными объединениями, возникающими на основе практической целесообразности и взаимной выгоды. В условиях ограниченного доступа к инновациям, кадровым ресурсам и инвестициям, подобные формы кооперации способствуют более эффективному использованию потенциала отрасли, снижению трансакционных издержек и повышению общей устойчивости аграрного сектора.

Целью настоящего исследования является осмысление и систематизация теоретических подходов к пониманию природы и структуры партнерских предпринимательских сетей в аграрной отрасли. Отдельное внимание уделяется анализу факторов, которые способствуют или, наоборот, препятствуют их формированию в условиях современной казахстанской экономики. Кроме того, в работе предложены практические рекомендации, касающиеся институционального оформления и возможных мер государственной поддержки таких форм кооперации между аграрными субъектами.

Материалы и методы. Методологическая база исследования основана на сочетании различных подходов, включая системный, сетевой и институционально-правовой. Такой междисциплинарный ракурс позволяет рассматривать формирование и развитие партнерских предпринимательских сетей не только как цепочку производственных процессов, ориентированных на создание качественной сельхозпродукция, но и как целостную социально-экономическую систему, в которой ключевую роль играют механизмы взаимодействия между участниками аграрного сектора. В этой связи в работе акцент сделан на факторах, которые либо способствуют, либо препятствуют развитию таких сетей в условиях казахстанской экономики.

Эмпирическая и нормативная база исследования охватывает широкий круг источников, включая законодательные акты, официальную статистику, стратегические документы и научные публикации. Среди ключевых документов, определяющих государственную политику в аграрной сфере, особое значение имеют Концепция развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021-2030 годы, утверждённая постановлением Правительства РК от 28 декабря 2021 года № 960 [1], и Закон Республики Казахстан «О сельскохозяйственных кооперативах» (№ 372-V ЗРК от 29.10.2015) [2]. Для оценки институциональных характеристик и динамики кооперативного развития использовался «Обзор развития сельского хозяйства в Казахстане» [3], содержащий данные по партнёрским взаимодействиям в агросфере.

Статистическая часть исследования базируется на официальных материалах Бюро национальной статистики Республики Казахстан за 2018–2023 годы. В частности, были проанализированы формы Т-03, Т-19, С-02, С-06, С-07 и Б-03 [4–8], отражающие показатели аграрного производства, переработки, инвестиционной активности и инновационного развития.

В отечественной научной литературе вопросы развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан находят широкое отражение в работах казахстанских учёных и исследователей. Анализ публикаций показывает, что одной из устойчивых проблем отрасли остается недостаточная согласованность между ее участниками и слабая институциональная устойчивость, ограничивающая возможности для кооперации и системного развития. Так, в исследовании У. К. Керимовой и Г. С. Касенбаева [9] предлагается системная оценка ключевых барьеров, сдерживающих продуктивность сектора. Среди них авторы выделяют недостаточное развитие кооперативных форм, низкий уровень технологического оснащения и ограниченный доступ к рынкам сбыта.

Проблемы функционирования сельскохозяйственных кооперативов также подробно рассматриваются в статье «Қазақстандағы ауыл шаруашылығы кооперативтері: даму жағдайы, мәселелері және дамыту тетіктері» [10], где подчеркивается их уязвимость в вопросах переработки, логистики и привлечения инвестиций. В свою

очередь, исследование «Развитие сельскохозяйственной кооперации в Казахстане» [11] акцентирует внимание на важности государственной поддержки для устойчивости малых сельхозпроизводителей и их интеграции в более широкие производственно-сбытовые сети.

Дополнительную аргументацию по данной теме содержит статья, опубликованная в журнале Problems of AgriMarket [12], где рассматриваются условия и механизмы развития сельскохозяйственной кооперации, а также ее потенциал в контексте глобальных вызовов и рисков, связанных с сетевыми формами взаимодействия.

Следует отметить, что вопросы формирования устойчивых агропредпринимательских структур находят отражение не только в казахстанской научной среде, посвященных странам евразийского региона.В частности, в российских публикациях кооперация рассматривается как один из ключевых факторов устойчивого развития сельской экономики. Так, в работе Д. А. Митина [13] подчеркивается значение кооперативных форм как инструмента самоорганизации сельхозпроизводителей и их роли в сохранение и воспроизводстве сельских территорий. В исследовании В. Я. Ахметова и соавторов [14] анализируются подходы к кооперации субъектов агробизнеса как механизму повышения конкурентоспособности сельских районов, на примере регионов Зауралья Республики Башкортостан.

Анализ приведенных оценок дал возможность увидеть, как специфика аграрной кооперации в Казахстане соотноситься с практиками соседних стран и какие факторы влияют на устойчивость предпринимательских сетей в переходной экономике.

Изучение зарубежной литературы позволило включить в анализ как общетеоретические подходы, так и практические примеры, отражающие особенности развития партнерских предпринимательских сетей в зарубежных странах. В ряде работ предпринимательские сети в аграрной сфере рассматриваются как способ адаптации к условиям неопределенности - институциональной, рыночной и экологической. В статье Kar, S., Das, S. и Kar, B. [15] рассматривается поведение агропредпринимателей в рамках сетевого взаимодействия. Авторы подчеркивают, что оно во многом определяется слабой инфраструктурой, ограниченным доступом к информации и высокой фрагментированностью аграрных рынков. В этих условиях сети выступают не просто как форма объединения, а как способ преодоления барьеров и адаптации к системным ограничениям.

Статья E. Karami и M. Keshavarz [16], опубликованная в рецензируемом журнале «Arid Environments», сыграла важную роль в обосновании методологических подходов настоящего исследования. В ней рассматриваются особенности сетевого взаимодействия между сельскохозяйственными кооперативами на примере аграрных сообществ Ирана. Авторы выделяют ряд факторов, которые способствуют успешному сотрудничеству - таких как доверие, прозрачность, взаимные обязательства и поддержка со стороны государства. Эти результаты были использованы как теоретическая основа для анализа возможностей создания устойчивых партнёрских сетей в условиях фрагментированного сельскохозяйственного производства.

В работе Klerkx, L., Aarts, N. и Leeuwis, C., опубликованной в статье «Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment» [17], рассматривается, каким образом сотрудничество между участниками аграрной сферы в области инноваций взаимодействует с внешними условиями и способствует устойчивым изменениям. Авторы подчеркивают, что успешное внедрение новых подходов требует гибкой модели управления, способной учитывать особенности взаимодействия между разными структурами и участниками в рамках предпримательских сетей.

Таким образом, изученные научные публикации позволили сформировать представление о ключевых теоретических подходах и практических аспектах формирования партнёрских предпринимательских сетей в аграрной сфере. Исследования из Казахстана и близлежащих стран акцентируют внимание на административных ограничениях, слабой кооперации и необходимости

государственной поддержки, в то время как зарубежные работы уделяют внимание значение гибкости, сетевого взаимодействия и социокультурных факторов в условиях неопределенности. Сопоставление этих взглядов позволило обозначить наиболее значимые факторы, которые следует учитывать при анализе и развитии устойчивых форм сотрудничества в агропромышленном секторе Казахстана.

При подготовке статьи авторский коллектив использовал цифровые инструменты, включая языковую модель ChatGPT, как вспомогательный ресурс на отдельных этапах работы. Искусственный интеллект применялся для стилистической обработки текста, генерации отдельных формулировок, уточнения формата представления данных и структурирования выводов.

Обсуждение и результаты. Состояние агропромышленного комплекса Республики Казахстан на текущем этапе формируется под влиянием целого ряда факторов - экономических, организационных и климатических. В результате складываются противоречивые тенденции, при которых количественный рост сопровождается качественной нестабильностью. Несмотря на увеличение объемов валовой продукции и рост инвестиционной активности, в отрасли сохраняется системная разрозненность: слабая интеграция участников в производственно-сбытовые цепочки, ограниченный доступ к инфраструктуре переработки и хранения, а также высокая зависимость от внешних и природных рисков.

При этом, несмотря на расширение мер государственной поддержки - в том числе субсидирование, стимулирование переработки и цифровизации - ключевые показатели эффективности отрасли демонстрируют признаки стагнации. Так, доля сельского хозяйства в валовом внутреннем продукте страны продолжает снижаться: с 4,4 % в 2019 году до 3,9 % в 2023 году (рисунок 1). Кроме того, индекс физического объёма сельхозпродукции по итогам 2023 года составил всего 91,7 % от уровня предыдущего года, что фактически означает сокращение производства.

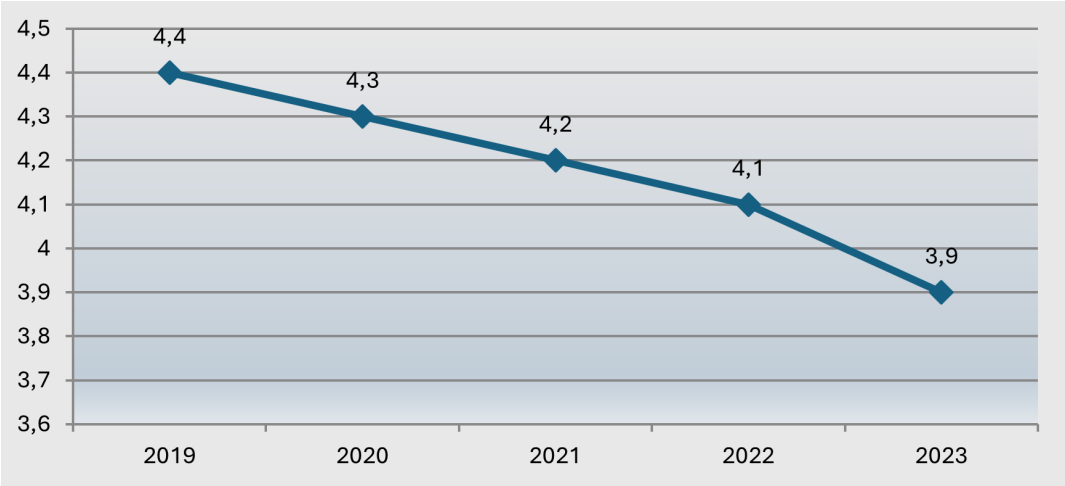


Рис.1 - Доля ВВП сельскохозяйственной отрасли

Примечание – составлено авторами на основании [5]

При этом валовой выпуск продукции сельского хозяйства за тот же период снизился до 7,6 трлн тенге, прервав восходящую динамику, зафиксированную в 2020–2022 годах (таблица 1).

Анализ динамики валового выпуска сельскохозяйственной продукции за 2018–2023 годы показывает, что с 2018 по 2022 год объемы выросли на 87 % - с 4,47 трлн. до 8,37 трлн. тенге. Главным источником этого роста стало растениеводство, где объёмы производства за указанный период более чем удвоились. Однако в 2023 году

общий выпуск сократился на 9,5 %, из них по растениеводству - на 1,26 трлн. тенге. На этом фоне наблюдается частичное восстановление животноводства, что указывает на смещение акцентов и внутренние дисбалансы в отраслевой структуре.

Таблица 1 - Валовой выпуск продукции сельского хозяйства Казахстана (в млн тенге)

Год	Валовой выпуск	Растениеводство	Животноводство	С/х услуги	Темп прироста (%)
2018	4 474 088	2 411 487	2 050 456	12 145	-
2019	5 151 163	2 817 661	2 319 497	14 006	15,1
2020	6 334 669	3 687 310	2 637 461	9 898	23
2021	7 515 433	4 387 237	3 116 974	11 223	18,6
2022	8 367 690	5 808 260	2 545 267	14 162	11,3
2023	7 576 534	4 552 417	3 012 510	11 607	–9,5
Примечание – составлено авторами на основании [5]					

При этом возвращение к прежним темпам роста без изменения самой модели организации агропроизводства выглядит маловероятным, что подтверждает необходимость глубоких преобразований, в том числе через объединение производителей в партнёрские и кооперативные структуры.

Сельскохозяйственные формирования являются не только основными производителями аграрной продукции, но и основой для создания устойчивых предпринимательских сетей. Именно на уровне этих хозяйств сосредоточены ключевые ресурсы: инициативность, труд, производственные мощности - все то, что может стать фундаментом для горизонтальных и вертикальных связей в агросекторе. По состоянию на 2023 год в Казахстане насчитывается более 330 тысяч таких формирований, причём подавляющее большинство из них — это малые хозяйства. Такая структура сама по себе несет ряд ограничений. Небольшие предприятия, как правило, не имеют достаточных ресурсов для модернизации, выхода на внешние рынки, участия в переработке или создания собственной логистики.

Распределение сельскохозяйственные формирования по регионам с учётом их специализации (растениеводство и животноводство) позволит точнее понять географическую структуру аграрного производства в Казахстане. В таблице 2 приведены данные о численности хозяйствующих субъектов по областям, с указанием преобладающего направления деятельности, что позволит увидеть региональные различия и оценить, где есть потенциал для создания предпринимательских сетей, соответствующих специфике местного сельского хозяйства.

Проведенный анализ показывает, что распределение сельхозформирований по регионам страны довольно неравномерный - как по количеству, так и по специализации. Больше всего хозяйств сосредоточено в Туркестанской - 32 910 единиц, Костанайской и Акмолинской 25 752 единиц и 23 932 единиц соответственно. Это во многом объясняется развитой системой землепользования и исторически сложившейся аграрной направленностью этих территорий.

Костанайская, Туркестанская, Северо-Казахстанская и Акмолинская области лидируют по специализации растениеводство и формируют основу зернового пояса Казахстана. В то же время животноводческие хозяйства занимают доминирующее положение в Жамбылской, Абайской и Алматинской областях - здесь на выбор специализации повлияли природные условия и наличие пастбищ.

Таблица 2 – Сельскохозяйственные формирования по регионам и видам деятельности, 2023 г.

Регион	Всего формирований	Растениеводство	Животноводство
Абай	7 244	2 056	5 188
Акмолинская	23 932	14 830	9 102
Актюбинская	7 572	5 013	2 559
Алматинская	22 642	13 058	9 584
Атырауская	3 483	1 219	2 264
Западно-Казахстанская	14 206	7 874	6 332
Жамбылская	21 147	9 012	12 135
Жетысу	11 435	5 525	5 910
Карагандинская	10 466	4 910	5 556
Костанайская	25 752	19 476	6 286
Кызылординская	11 017	8 013	3 004
Мангистауская	1 396	999	397
Павлодарская	8 366	5 686	2 680
Северо-Казахстанская	18 433	15 528	2 905
Туркестанская	32 910	27 167	5 743
Ұлытау	2 820	1 981	839
Восточно-Казахстанская	14 492	9 921	4 571
г. Астана	110	49	61
г. Алматы	86	23	63
г. Шымкент	178	58	120
Итого по РК	330 512	216 398	114 114
Примечание – составлено авторами на основании [5]			

В крупных городах — Астане, Алматы и Шымкенте - сельхозформирований немного, что конечно же связано с ограниченностью сельскохозяйственных земель и спецификой городской экономики.

Таким образом, сложившаяся региональная специализация аграрного производства позволяет выстраивать предпринимательские сети с учетом территориальной привязки и преобладающих направлений - зерноводство, овощеводство, молочное и мясное животноводство и т.д. При этом явный перекос в сторону растениеводства (на его долю приходится более 65 % всех формирований) указывает на необходимость выравнивания производственной структуры, особенно в части развития цепочек переработки и сбыта животноводческой продукции в южных и горных регионах страны.

Несмотря на большое количество сельхозпроизводителей, переработка продукции в стране попрежнему сосредоточена в относительно небольшом числе предприятий. По данным на 2023 год, в Республике Казахстан зарегистрировано около 3 273 юридических лиц, занимающихся производством продуктов питания — это менее 1 % от общего числа сельхозформирований. Такая дис-

пропорция указывает на сохраняющийся разрыв между первичным производством и переработкой (рисунок 2).

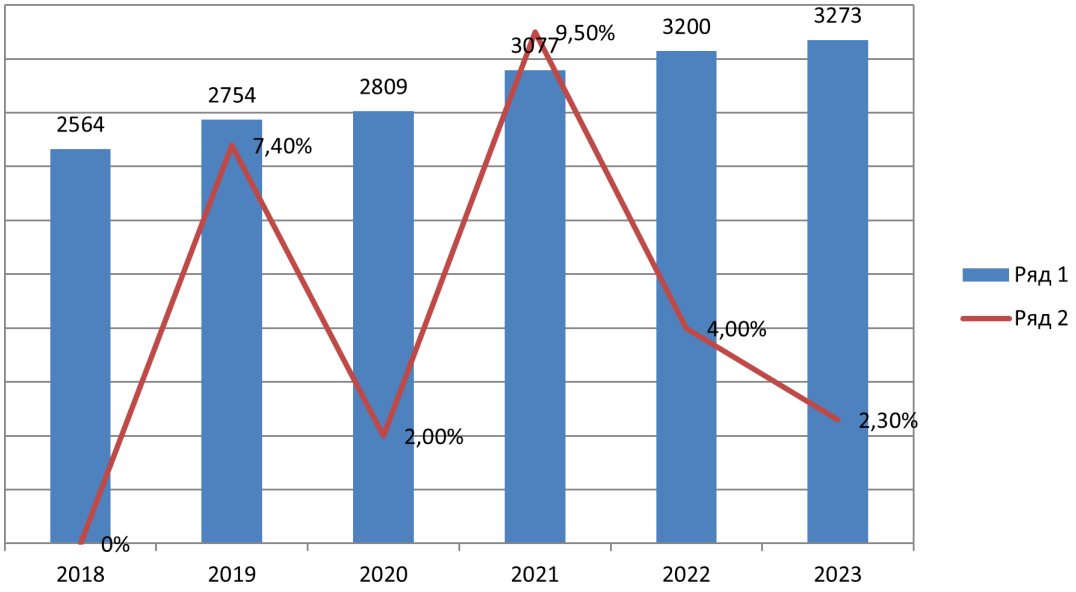


Рис.2 - Динамика и прирост количества предприятий пищевой промышленности в РК

Примечание – составлено авторами на основании [8]

Хотя общее количество перерабатывающих предприятий постепенно увеличивается, с 2021 года темпы этого роста замедлились до 2-4 % в год, что говорит о том, что вход в отрасль остаётся затруднённым из-за высокой капиталоёмкости, слабой логистической базы и недостаточной кооперации с сельхозпроизводителями. Без создания условий для вовлечения малых хозяйств в переработку через предпринимательские сети, потенциал развития пищевой промышленности будет использоваться не в полной мере.

Наибольшее число пищевых производств сосредоточено в Алматинской области - здесь развиты молочные, мясные и мукомольные направления. Зернопереработка и хлебобулочное производство наиболее активно развиваются в Костанайской и Карагандинской областях. В Туркестанской и Жамбылской областях преобладает переработка овощей, фруктов и безалкогольных напитков. Город Алматы остаётся важным центром выпуска упакованных продуктов питания и полуфабрикатов.

В то же время в таких регионах, как Мангистауская, Атырауская и Ұлытау, перерабатывающая отрасль развита слабо, что обусловлено как географическими условиями, так и нехваткой соответствующей инфраструктуры.

Инвестиционная активность - один из ключевых факторов, от которого напрямую зависит возможность формирования и устойчивого развития агропредпринимательских сетей. Без системного увеличения вложений в сельское производство, переработку, логистику и объекты хранения наладить прочные связи между хозяйствами и отраслями практически не возможно. Поэтому необходимо смысл проанализировать, как менялась динамика инвестиций в основной капитал в сельском хозяйстве и смежных сферах - это может служить косвенным показателем того, насколько отрасль готова к изменениям и к переходу к сетевым форматам взаимодействия.

Несмотря на рост в абсолютных значениях - с 12,6 трлн. тенге в 2019 году до 17,6 трлн. тенге в 2023 году - доля аграрного сектора в общем объёме инвестиций после 2021 года снижается - с 5,83 % до 5,12 % (рисунок 3). Это может свидетель-

ствовать о снижении привлекательности отрасли для инвесторов на фоне сохраняющихся барьеров.

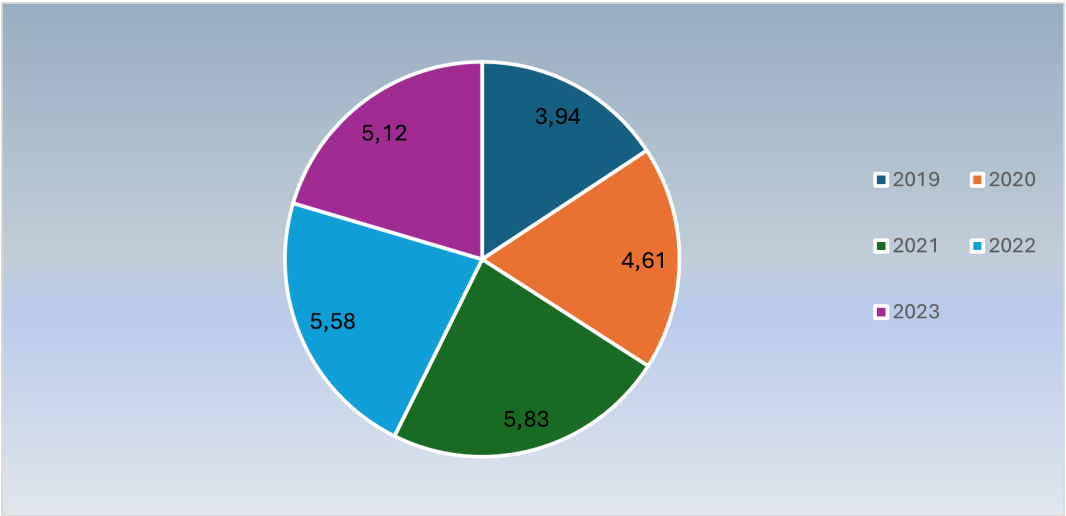


Рис.3 - Инвестиции в основной капитал агросектора в общем объёме инвестиций (2019–2023 гг.)

Примечание – составлено авторами на основании [7]

Анализ инвестиций показал, что особо остро нехватка инвестиций ощущается в сегменте переработки. Обрабатывающая промышленность, особенно ее пищевое звено, играет ключевую роль в агропромышленной цепочке, ведь именно здесь создается добавленная стоимость, а сельхозпродукция превращается в готовый продукт для рынка. Однако данные показывают, что на производство продуктов питания стабильно направляется менее 10 % от общего объёма инвестиций в обрабатывающую отрасль. Это говорит о том, что масштаб модернизации остается ограниченным и основной причиной является слабая интеграция с производственными организациями и нехватка устойчивых связей между фермерами и переработчиками.

Таблица 3 - Инвестиции в обрабатывающую промышленность по видам деятельности (2019–2023 гг.), млн тенге

Год	Обрабатывающая промышленность	Продукты питания	Напитки	Табачные изделия	Текстиль	Одежда	Кожаные изделия
2019	1 017 089	90 154	24 361	8 835	7 684	434	1 134
2020	1 077 819	109 055	21 908	10 104	2 905	1 218	1 229
2021	1 541 742	118 315	32 699	7 655	4 334	1 258	282
2022	1 586 872	140 439	26 234	9 578	5 075	1 325	623
2023	1 633 025	156 874	45 258	23 873	10 965	2 870	

Примечание – составлено авторами на основании [7]

Даже при наращивании финансирования ввод новых перерабатывающих мощностей остаётся точечным и ограниченным. В 2023 году, согласно данным по вводу объектов, новые производственные мощности появились лишь в отдельных секторах, преимущественно в форме малых предприятий (таблица 4)

Таблица 4 - Ввод в эксплуатацию перерабатывающих объектов в 2023 году

Вид объекта	Кол-во объектов	Совокупная мощность (тонн/год)	Основные регионы
Предприятия по производству мяса и мясопродуктов	4	8 152	Акмолинская, Алматинская, Жамбылская, Ұлытау
Рыбоводные хозяйства (товарная рыба)	3	1 220	Алматинская, Жамбылская, Костанайская
Предприятия по переработке и консервированию рыбы	2	213	Туркестанская, ВКО
Производство растительных и животных масел	1	6 336	Костанайская
Производство молочной продукции	3	885	Жамбылская, Кызылординская, Туркестанская
Примечание – составлено авторами на основании [8]			

Необходимо отметить, объемы производственных мощностей остаются сравнительно низкими, особенно с учётом масштабов сельскохозяйственного производства в стране. Это указывает на структурный разрыв между первичным производством и переработкой, который мог бы быть преодолен за счет расширения партнёрских предпринимательских сетей - особенно кооперативного типа, с возможностью коллективного инвестирования и совместного использования инфраструктуры.

Необходимо отметить, что объемы производственных мощностей остаются относительно низкими, особенно если учитывать масштабы отечественного сельскохозяйственного производства, что говорит о сохраняющемся разрыве между первичным производством и переработкой. Данную проблему возможно преодолеть за счет развития партнерских предпринимательских сетей, в первую очередь через кооперативные формы, где хозяйства могли бы вкладываться вместе и использовать инфраструктуру на правах партнерства.

Однако формирование устойчивых предпринимательских связей в агропромышленном комплексе требует не только инвестиций, но и научно-технической базу. Выстраивание эффективной системы координации и поддержки в аграрной сфере невозможно без системной поддержки научных исследований и технологической модернизации. В данном контексте, особенно важно состояние и структура внутренних

затрат на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. В 2023 году они составили 12,2 млрд. тенге, что составляет лишь 5,6% от общих затрат на НИОКР в стране. Из этой суммы 71,7% было направлено на оплату труда исследователей, тогда как на приобретение оборудования — менее 1% (рисунок 4).

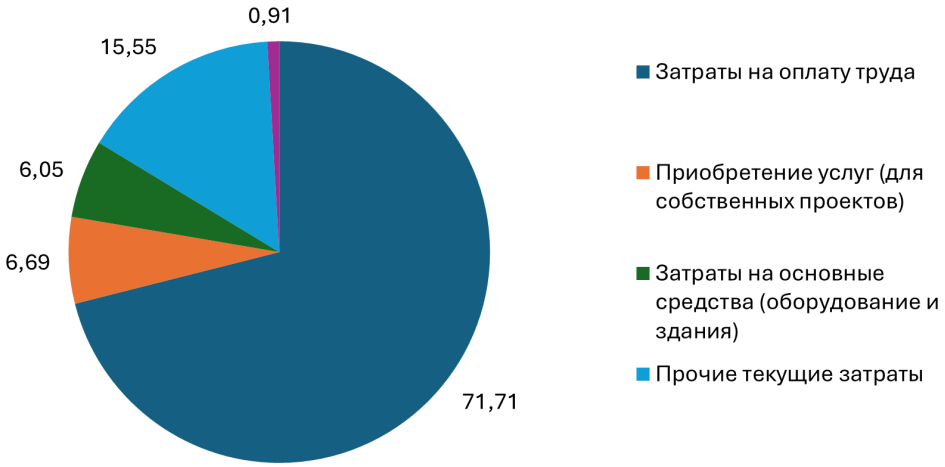


Рис.4 - Структура внутренних затрат на НИОКР по сельскохозяйственным наукам в 2023 году, тыс. тг

Примечание – составлено авторами на основании [8]

Несмотря на то, что сельское хозяйство считается важным для продовольствия и занятости, инновационная активность остается крайне низкой. По последним данным, только около 10% хозяйств пробовали внедрять те или иные инновационные методы и технологии в производстве, а доля такой продукции в общем выпуске - меньше 1%. И как показывает анализ, большая часть вложений в инновации направлены на улучшение бизнес-процессов (логистика, управление), а на новые технологии и товары - меньше 4 млрд тенге, и это еще раз подчеркивает, что на слабую ориентацию технологического обновления в аграрной сфере и отсутствие стимулов к внедрению агротехнологий. Все это сдерживает развитие партнерских предпринимательских сетей, в том числе тех, что могли бы строиться вокруг совместных инновационных решений.

Выводы. Результаты проведенного анализа позволяют авторам сделать вывод о наличии системных ограничений, тормозящих устойчивое развитие агропромышленного комплекса Казахстана. Можно отметить, что несмотря на то, что происходит рост производства и численности сельхозформирований, при этом сохраняется фрагментарность отрасли, присутствует слабая интеграция между производством, переработкой и сбытом, а также фиксируется недостаточная вовлеченность малых и средних хозяйств в инфраструктурные и инновационные процессы.

Обнаруженная исследователями несбалансированность в отраслевой структуре говорит о перекосе в сторону растениеводства при слабой развитости цепочек переработки животноводческой продукции. С точки зрения формирования устойчивых межхозяйственных и межотраслевых связей инвестиционная активность в аграрном секторе остается недостаточной, что особенно касается сегмента пищевой переработки, доля которой в общем объеме инвестиций в обрабатывающую промышленность низкая.

Инновационный потенциал сектора также реализуется слабо. Большая часть затрат, направленных на инновации, внедряется на улучшение бизнес-процессов, тогда как создание новых агротехнологий и инновационных продуктов эпизодические. Отсутствие каналов трансфера знаний,

слабая научная база и низкий уровень цифровизации в большинстве регионов усиливают институциональную уязвимость сектора.

В этих условиях формирование партнерских предпринимательских сетей представляет собой перспективный, но пока недостаточно реализованный механизм преодоления структурной разрозненности. Такие сети могут стать инструментом координации усилий между производителями, переработчиками, логистическими, научными и финансовыми структурами, а также основой для повышения устойчивости и конкурентоспособности агропромышленного комплекса в целом.

Литература

1. Концепция развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021–2030 годы, утверждённая постановлением Правительства РК от 28 декабря 2021 года № 960. URL: https://adilet.zan.kz .- Дата обращения: 05.06.2025

2. Закон Республики Казахстан «О сельскохозяйственных кооперативах» от 29 октября 2015 года № 372-V ЗРК. URL: https://adilet.zan.kz - Дата обращения: 05.06.2025

3. Обзор развития сельского хозяйства в Казахстане (FAO, 2022). URL: https://openknowledge.fao.org Дата обращения: 05.06.2025.

4. Сельское хозяйство Республики Казахстан (1 том, 2 том): Статистический сборник. – Бюро национальной статистики РК. - 2023. URL: https://stat.gov.kz -Дата обращения: 05.06.2025

5. О деятельности сельскохозяйственных кооперативов в Республике Казахстан за 2023 год. URL: https://stat.gov.kz -Дата обращения: 05.06.2025.

6. Инновационная активность организаций по видам экономической деятельности. Бюро национальной статистики РК. - 2023. URL: https://stat.gov.kz - Дата обращения: 05.06.2025

7. Инвестиционная и строительная деятельность в Республике Казахстан: статистический сборник. - Астана: Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. - 2023. URL: https://stat.gov.kz - Дата обращения: 05.06.2025

8. Показатели индустриально-инновационного развития Республики Казахстан: статистический сборник. - Астана: Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. - 2022. URL: https://stat.gov.kz - Дата обращения: 05.06.2025

9. Керимова У. К., Касенбаев Г. С. Ключевые проблемы развития агропромышленного комплекса в Казахстане и пути их решения // Вестник университета «Туран». – 2021. – №1(101). - С.85-92. DOI 10.46914/1562-2959-2021-1-4-85-92

10. Женсхан Д., Мусаева М. А., Сабырова М. Е., Қазкен Г. Д. Қазақстандағы ауыл шаруашылығы кооперативтері: даму жағдайы, мәселелері және дамыту тетіктері // Тұран университетінің хабаршысы. - 2025.- № 1(105).- С.168-180. DOI 10.46914/1562-2959-2025-1-1-168-180

11. Аймурзина Б. Т., Каменова М. Ж., Ержанова С. К., Спанова Б. К. Развитие сельскохозяйственной кооперации в Казахстане // Вестник Казахского университета экономики, финансов и международной торговли (КУЭФ). - 2022. - № 2. - С.4251. DOI 10.52260/2304-7216.2022.3(48).1

12. Абдыкалиева Ж.Ш., Казиева А.Н., Маевский Д.П. Сельскохозяйственная кооперация в Казахстане: состояние и потенциальные возможности// Проблемы агрорынка. - 2021. - № 2. - С.16-29. DOI 10.46666/2021-2.2708-9991.21

13. Митин Д. А. Сущность кооперации и её роль в развитии аграрного сектора экономики //Экономика и предпринимательство. - 2018.- № 12(89).- С.1013–1016.

14. Ахметов В. Я. Роль кооперации субъектов агробизнеса в повышении конкурентоспособности сельской экономики (на примере районов Зауралья Республики Башкортостан) // Российское предпринимательство. - 2015.- Т. 16 (10). - С.1505-1516. DOI 10.18334/rp.16.10.258

15. Kar S., Das S., Kar B. Networking Behaviour of Agri-entrepreneurs and Systematic Challenges. // SEDME (Small Enterprises Development, Management & Extension Journal). – 2024. - Vol.51(1). - P.323–342. DOI 10.1177/09708464241278463

16. Karami E., Keshavarz M. Collaborative Networking among Agricultural Production Cooperatives: Mechanisms and Development. Heliyon.- 2020. - 6(4), e03893. DOI 10.1016/j.heliyon.2020.e03893.

17. Klerkx L., Aarts N., Leeuwis, C. (2010). Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment. Agricultural Systems. - 2010. - Vol. 103(6). - P.390 - 400. DOI 10.1016/j.agsy.2010.03.012.

References

1. Koncepcija razvitija agropromyshlennogo kompleksa Respubliki Kazahstan na 2021–2030 gody, utverzhdjonnaja postanovleniem Pravitel' stva RK ot 28 dekabrja 2021 goda № 960. URL: https://adilet.zan.kz - Data obrashhenija: 05.06.2025. [in Russian]

2. Zakon Respubliki Kazahstan «O sel' skohozjajstvennyh kooperativah» ot 29 oktjabrja 2015 goda № 372-V ZRK. URL: https://adilet.zan.kz - Data obrashhenija: 05.06.2025. .[in Russian]

3. Obzor razvitija sel' skogo hozjajstva v Kazahstane (FAO, 2022). URL: https://openknowledge.fao.org - Data obrashhenija: 05.06.2025. .[in Russian]

4. Sel' skoe hozjajstvo Respubliki Kazahstan (1 tom, 2 tom): Statisticheskij sbornik. – Bjuro nacional' noj statistiki RK. - 2023. URL: https://stat.gov.kz -Data obrashhenija: 05.06.2025. .[in Russian]

5. O dejatel' nosti sel' skohozjajstvennyh kooperativov v Respublike Kazahstan za 2023 god. URL: https://stat.gov.kz - Data obrashhenija 05.06.2025. [in Russian]

6. Innovacionnaja aktivnost' organizacij po vidam jekonomicheskoj dejatel' nosti. Bjuro nacional' noj statistiki RK. - 2023. URL: https://stat.gov.kz - Data obrashhenija: 05.06.2025. [in Russian]

7. Investicionnaja i stroitel' naja dejatel' nost' v Respublike Kazahstan: statisticheskij sbornik. - Astana: Bjuro nacional' noj statistiki Agentstva po strategicheskomu planirovaniju i reformam Respubliki Kazahstan. - 2023. URL: https://stat.gov.kz - Data obrashhenija: 05.06.2025. [in Russian]

8. Pokazateli industrial' no-innovacionnogo razvitija Respubliki Kazahstan: statisticheskij sbornik. - Astana: Bjuro nacional' noj statistiki Agentstva po strategicheskomu planirovaniju i reformam Respubliki Kazahstan. - 2022. URL: https://stat.gov.kz - Data obrashhenija: 05.06.2025. [in Russian]

9. Kerimova U. K., Kasenbaev G. S. Kljuchevye problemy razvitija agropromyshlennogo kompleksa v Kazahstane i puti ih reshenija // Vestnik universiteta «Turan». – 2021. – №1(101). - S.85-92. DOI 10.46914/1562-2959-2021-1-4-85-92. [in Russian]

10. Zhenshan D., Musaeva M. A., Sabyrova M. E., Қazken G. D. Қazaқstandaғy auyl sharuashylyғy kooperativteri: damu zhaғdajy, məseleleri zhəne damytu tetikteri // Tұran universitetinің habarshysy. - 2025. - № 1(105).- S.168-180. DOI 10.46914/1562-2959-2025-1-1-168-180.[in Kazakh]

11. Ajmurzina B. T., Kamenova M. Zh., Erzhanova S. K., Spanova B. K. Razvitie sel' skohozjajstvennoj kooperacii v Kazahstane // Vestnik Kazahskogo universiteta jekonomiki, finansov i mezhdunarodnoj torgovli (KUJeF). - 2022. - № 2. - S.4251. DOI 10.52260/2304-7216.2022.3(48).1. [in Russian]

12. Abdykalieva Zh.Sh., Kazieva A.N., Maevskij D.P. Sel' skohozjajstvennaja kooperacija v Kazahstane:

sostojanie i potencial' nye vozmozhnosti// Problemy agrorynka. - 2021. - № 2. - S.16-29. DOI 10.46666/2021-2.2708-9991.21. [in Russian]

13. Mitin D. A. Sushhnost' kooperacii i ejo rol' v razvitii agrarnogo sektora jekonomiki //Jekonomika i predprinimatel' stvo. - 2018.- № 12(89).- S.1013–1016. [in Russian]

14. Ahmetov V. Ja. Rol' kooperacii sub#ektov agrobiznesa v povyshenii konkurentosposobnosti sel' skoj jekonomiki (na primere rajonov Zaural' ja Respubliki Bashkortostan) // Rossijskoe predprinimatel' stvo. - 2015. - T.16 (10). - S.1505-1516. DOI 10.18334/rp.16.10.258. [in Russian]

15. Kar S., Das S., Kar B. Networking Behaviour of Agri-entrepreneurs and Systematic Challenges. // SEDME (Small Enterprises Development, Management & Extension Journal). – 2024. - Vol.51(1). - P.323–342. DOI 10.1177/09708464241278463

16. Karami E., Keshavarz M. Collaborative Networking among Agricultural Production Cooperatives: Mechanisms and Development. Heliyon.- 2020. - 6(4), e03893. DOI 10.1016/j.heliyon.2020.e03893.

17. Klerkx L., Aarts N., Leeuwis, C. (2010). Adaptive management in agricultural innovation systems: The interactions between innovation networks and their environment. Agricultural Systems. - 2010. - Vol. 103(6). - P.390 - 400. DOI 10.1016/j.agsy.2010.03.012.

Сведения об авторах

Юсупова С.А. - к.э.н., ст.преподаватель кафедры Экономика, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: Abay.saltanat@bk.ru;

Толысбаева М.С. - асс. профессор кафедры Экономика, Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: tolysbayeva.m@mail.ru;

Касенова А. Ж. - к.э.н., асс.профессор кафедры Экономика, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: Kasenova_a@bk.ru;

Нарбаева Г.К. - старший преподаватель кафедры экономика, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: narbaeva_gulmira@mail.ru.

Information about the authors

Yussupova S. A. - PhD in Economics, Senior Lecturer Department of Economics, Kazak Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, e-mail: Abay.saltanat@bk.ru;

Tolysbayeva M.S. - Associate Professor of the Department of Economics, Kazak Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, e-mail: tolysbayeva.m@mail.ru;

Kasenova A. Zh.- Associate Professor of the Department of Economics, PhD in Economics, Kazak Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, e-mail: Kasenova_a@bk.ru;

Narbaeva G. K. - Senior Lecturer, Department of Economics, Kazakh Agrotechnical Research University named after S. Seifullin, Astana, Kazakhstan, e-mail: narbaeva_gulmira@mail.ru.

МРНТИ: 06.71.57 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-1055**

GOOGLE TRENDS ҚҰРАЛЫН ПАЙДАЛАНЫП, ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТУРИСТІК БАҒЫТТАРЫНА ЦИФРЛЫҚ ҚЫЗЫҒУШЫЛЫҚТЫ ТАЛДАУ

М.Б.Идрышов

С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен Қазақстан
Корреспондент-автор: immakhambet@gmail.com

Осы мақала Қазақстан Республикасындағы туристік бағыттарға деген цифрлық қызығушылықты Google Trends платформасының деректері негізінде талдауға арналған. Туризм бойынша өзекті өңірлік статистиканың шектеулі болуына байланысты пайдаланушылардың цифрлық іздерін қолдану мінез-құлықтық үрдістерді бақылау мен талдаудың маңызды құралына айналуда. Зерттеудің мақсаты – Алматы, Астана және Қазақстан бойынша негізгі бағыттарға деген қызығушылықты бағалау, сондай-ақ орыс және ағылшын тілдеріндегі сұраныс құрылымының ерекшеліктерін ескере отырып, Google Trends қолдану мүмкіндігін зерттеу. Зерттеу аясында туристік сұранысты бейнелейтін 240 сұраныстан тұратын дерекқор жасалды. Талдаудың сенімділігін арттыру үшін деректер екі кезеңде (2016–2022 және 2022–2025) жиналып, біртекті шкалаға келтіріліп, агрегацияланды. Корреляциялық талдау нәтижесінде ($r \geq 0.3$) тұрақты сұраныстар іріктеліп, әрбір бағыт пен тілдік топ бойынша қызығушылық индекстері жасалды. Талдау нәтижесінде ағылшын тіліндегі сұраныстардың басым бөлігі логистикаға (ұшақ билеттері, рейстер) қатысты екенін, ал орыс тіліндегі сұраныстарда туристік орындар мен қалалық инфрақұрылым элементтерінің атаулары жиі кездесетінін көрсетті. Бұл ішкі және халықаралық туризм арасындағы айырмашылықтарды, сондай-ақ ағылшын тілді пайдаланушылар арасында іскерлік сапарлардың басымдығын көрсетуі мүмкін. Зерттеу нәтижелері әдістемелік бейімделу жағдайында Google Trends құралын туристік сұранысты талдау құралы ретінде қолдануға болатындығын растады. Бұл жұмыс бағыттар бойынша қызығушылықтың мінез-құлықтық ерекшеліктерін көрсетіп, Қазақстанда туризмді дамыту стратегиясын қолдау үшін цифрлық деректерді пайдаланудың келешегін атап өтеді.

Түйін сөздер: Google Trends, цифрлық із, туристік сұраныс, агрегатталған қызығушылық индексі, корреляциялық талдау, Қазақстан, ішкі туризм, іскерлік туризм.

АНАЛИЗ ЦИФРОВОГО ИНТЕРЕСА К ТУРИСТИЧЕСКИМ НАПРАВЛЕНИЯМ КАЗАХСТАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ GOOGLE TRENDS

М.Б.Идрышов

НАО «Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова», Усть-Каменогорск, Казахстан,
e-mail: immakhambet@gmail.com

Настоящая статья посвящена анализу цифрового интереса к туристическим направлениям Республики Казахстан на основе данных платформы Google Trends. В условиях ограниченной доступности актуальной региональной статистики по туризму использование цифровых следов пользователей становится важным инструментом для мониторинга и анализа поведенческих тенденций. Целью исследования является оценка применимости Google Trends для анализа интереса к ключевым направлениям — Алматы, Астана и Казахстан в целом — с учётом различий между русскоязычным и англоязычным сегментами. В рамках работы была сформирована база из 240 поисковых запросов на русском и английском языках, отражающих интерес к туристическим поездкам. Для повышения достоверности анализа данные были собраны за два периода (2016–2022 и 2022–2025), приведены к единому масштабу и агрегированы. Далее с использованием корреляционного анализа были отобраны стабильные запросы ($r \geq 0.3$), по которым сформированы индексы интереса к каждому направлению и языковой группе. Итоговый анализ показал, что подавляющее большинство англоязычных

запросов касаются логистики (авиабилеты, перелёты), тогда как в русскоязычном сегменте преобладают названия конкретных достопримечательностей и элементов городской инфраструктуры. Это может указывать на различия между внутренним и международным типами туризма, а также на потенциальное преобладание деловых поездок среди англоязычных пользователей. Полученные результаты подтверждают применимость Google Trends как инструмента анализа туристического спроса при условии корректной методической адаптации. Исследование выявляет поведенческие особенности интереса к разным направлениям и подчёркивает перспективность использования цифровых данных для поддержки стратегий развития туризма в Казахстане.

Ключевые слова: Google Trends, цифровой след, туристический спрос, агрегированный индекс интереса, корреляционный анализ, Казахстан, внутренний туризм, деловой туризм.

ANALYSIS OF DIGITAL INTEREST IN TOURIST DESTINATIONS OF KAZAKHSTAN USING GOOGLE TRENDS

M.B.Idryshov

S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan,
e-mail: immakhambet@gmail.com

This article explores digital interest in tourist destinations in the Republic of Kazakhstan using data from the Google Trends platform. In the context of limited availability of up-to-date regional tourism statistics, the use of users' digital traces becomes an important tool for monitoring and analyzing behavioral patterns. The objective of the study is to assess the applicability of Google Trends for analyzing interest in key destinations—Almaty, Astana, and Kazakhstan as a whole—considering differences between Russian-speaking and English-speaking user segments. A dataset of 240 search queries in Russian and English related to tourism was compiled. To ensure the reliability of the analysis, data were collected across two periods (2016–2022 and 2022–2025), normalized, and aggregated. Based on correlation analysis ($r \geq 0.3$), stable queries were selected and used to construct interest indices for each destination and language group. The final analysis revealed that most English-language queries related to logistics (flights, travel), while the Russian-language queries mostly referenced specific tourist sites and elements of urban infrastructure. This may indicate differences between domestic and international tourism patterns and possibly a dominance of business travel among English-speaking users. The findings confirm the applicability of Google Trends as a tool for analyzing tourism demand, provided that the methodology is carefully adapted. The study highlights behavioral specifics in destination interest and emphasizes the potential of digital data to support tourism development strategies in Kazakhstan.

Keywords: Google Trends, digital trace, tourism demand, aggregated interest index, correlation analysis, Kazakhstan, domestic tourism,business tourism.

Введение. В последние годы наблюдается стремительный рост интереса к использованию больших данных в социально-экономических исследованиях. Одним из наиболее доступных и оперативных инструментов анализа пользовательского поведения выступает Google Trends - платформа, позволяющая отслеживать частотность поисковых запросов пользователей по различным темам. Это особенно актуально в условиях, когда традиционная туристическая статистика доступна с существенной временной задержкой, а поведение потребителей всё чаще начинает формироваться онлайн.

Несмотря на возрастающий интерес к цифровым источникам данных, их использование в академических и прикладных исследованиях в Казахстане остаётся фрагментарным. Между тем, в международной практике Google Trends активно используется для прогнозирования туристического спроса как на национальном, так и на региональном уровне [1, 2].

Подобные подходы начали применяться и в ис-

следованиях на постсоветском пространстве. В частности, в России Google Trends использовался для анализа ментальных связей между регионами [3], политических настроений [4], а также как инструмент веб-аналитики в прикладных социологических и маркетинговых работах [5]. Однако в туризме подобные исследования носят единичный характер и практически не касаются стран Центральной Азии, включая Казахстан, что подчёркивает научную новизну данного исследования.

При этом научное сообщество указывает на ряд методологических трудностей при работе с данными Google Trends - от ограниченного временного охвата и нормализации значений до необходимости корректной агрегации запросов и сглаживания сезонных искажающих эффектов [6]. Эти аспекты требуют критического подхода к интерпретации результатов и подчёркивают необходимость адаптации методик к региональной специфике.

Настоящее исследование фокусируется на интересе пользователей к туристическим направлениям Казахстана, таким как Астана, Алматы и страна в целом, с учётом языковой специфики запросов (русский и английский). Такой подход позволяет учесть как внутренний, так и потенциальный въездной туризм, зафиксированный в цифровом поведении пользователей.

Выбор темы исследования обусловлен необходимостью изучения новых подходов к анализу туристического спроса в Республике Казахстан, основанных на цифровых следах поведения пользователей. Несмотря на активное применение Google Trends в прогнозировании экономических индикаторов, таких как уровень безработицы, инфляция и потребительские настроения, его использование в сфере туризма, особенно в казахстанском контексте, всё ещё ограничено [7].

Актуальность темы подтверждается глобальной тенденцией цифровизации туристической отрасли, ростом числа онлайн-бронирований и поисковых запросов, отражающих намерения потенциальных туристов. Исследования показывают, что интерес к направлениям, выраженный через поисковые запросы, может выступать в качестве опережающего индикатора туристических потоков [7]. В условиях Казахстана, где официальная статистика по регионам может быть ограниченной, такой подход особенно ценен.

Объект исследования - туристический спрос в Республике Казахстан.

Предмет исследования - поисковая активность в Google как индикатор интереса к туристическим направлениям.

Цель исследования - определить потенциал использования данных Google Trends для анализа и прогнозирования интереса к различным туристическим направлениям в Казахстане.

Задачи исследования:

1. Провести сбор и агрегацию поисковых данных по ключевым туристическим направлениям;

2. Выделить наиболее популярные запросы и проанализировать их сезонную и географическую структуру;

3. Провести корреляционный анализ между поисковыми запросами;

4. Выявить ограничения и методические риски при использовании Google Trends в региональных исследованиях.

Гипотеза исследования заключается в том, что поисковые запросы пользователей в Google Trends демонстрируют устойчивые и повторяющиеся сезонные паттерны интереса к туристическим направлениям в Казахстане. Отдельной целью исследования выступает оценка применимости Google Trends как инструмента анализа интереса к туристическим направлениям в условиях Казахстана.

Научная и практическая значимость исследования проявляется в применении цифровых следов пользователей к анализу туристического спроса на уровне страны, что особенно важно в условиях ограниченной доступности оперативной официальной статистики.

Материалы и методы. Настоящее исследование направлено на выявление потенциала использования поисковой активности пользователей в Google как индикатора туристического спроса в Республике Казахстан. Вопрос исследования за-

ключается в следующем: может ли частотность поисковых запросов, зафиксированная в сервисе Google Trends, служить надёжной основой для анализа поведенческих тенденций, связанных с туристической активностью? Исходная гипотеза предполагает, что существует устойчивая взаимосвязь между цифровыми следами интереса к направлениям и реальным туристическим спросом, особенно в условиях ограниченной детализации официальной статистики.

В качестве исследовательского материала использовались данные поисковых запросов, выгруженные из Google Trends. Были выбраны три ключевых направления — Астана, Алматы и Казахстан в целом, а также включено отдельное направление «Нур-Султан» как промежуточное название столицы. Для каждого направления сформированы по 30 запросов на русском и английском языках, что в сумме дало 240 уникальных поисковых фраз. Все выгрузки проводились с использованием встроенной категории Google Trends «Путешествия», что обеспечило тематическую фильтрацию данных и исключило нерелевантные значения [8]. География запросов была установлена как ”по всему миру”, поскольку целью являлось выявление совокупного интереса к туристическим направлениям в Казахстане как со стороны внутренних, так и внешних пользователей.

При формировании набора поисковых фраз в исследование были включены только запросы на русском и английском языках. Это объясняется тем, что география выгрузки в Google Trends была установлена как «по всему миру», а русскоязычные и англоязычные формулировки обладают более широкой распространённостью и, как следствие, большей частотностью использования среди как внутренних, так и внешних пользователей. Поскольку казахский язык не является глобально распространённым и встречается значительно реже в открытом поисковом поведении, было принято решение не включать его на данном этапе анализа. Тем не менее, использование казахоязычных запросов может представлять интерес для локализованных будущих исследований с фокусом на внутри казахстанскую выборку.

Сами поисковые фразы были сформированы относительно рандомизированным образом с использованием возможностей языковой модели ChatGPT, выступающей в роли генератора вариантов на русском и английском языках по каждому направлению. Генерация базировалась на тематических подсказках (например, ”Алматы отдых”, ”Kazakhstan tour”, ”достопримечательности Астаны” и др.) и последующей автоматической вариативности модели. Далее полученные предложения подвергались ручной проверке и отбору с целью исключения неинформативных, повторяющихся или нерелевантных конструкций.

В связи с особенностями алгоритмов Google Trends, изменявшихся в 2016 и 2021 годах, данные собирались по двум временным периодам: с 1 января 2016 года по 31 декабря 2022 года и с 1 января 2022 года по 11 мая 2025 года [9]. Первый период представлен в формате месячных значений, второй - в недельном. Чтобы обеспечить возможность объединения этих периодов в непрерывный временной ряд, год 2022 был включён в оба периода в качестве перекрытия. Такое решение позволило рассчитать коэффициенты пересчёта между периодами на основе сопоставимых участков данных.

Для минимизации эффекта случайности, связанного с особенностями выдачи Google Trends, по каждому запросу в каждом периоде было выполнено по три выгрузки. Далее для каждого месяца вычислялось среднее значение, что позволило стабилизировать ряды [7]. Для второго периода, представленного в недельном формате, применялась агрегация на уровне месяца путём усреднения всех недель, начинающихся в пределах соответствующего месяца [10].

Поскольку данные Google Trends нормализованы внутри каждой выгрузки (максимум = 100), для приведения значений двух периодов к единой шкале по каждому запросу отдельно рассчитывался коэффициент пересчёта: среднее значение за первый период делилось на среднее значение за второй. Далее все значения второго периода умножались на этот коэффициент, в результате чего значения приобретали сопоставимость с первым периодом. Такой подход соответствует методике, предложенной France & Shi [6],

и позволяет устранять искажения, возникающие из-за внутренней нормализации данных в Google Trends.

После пересчёта и агрегирования все данные были объединены в единый временной ряд по каждому из запросов, охватывающий период с января 2016 года по апрель 2025 года. Недели мая, включённые в последнюю выгрузку, не учитывались, поскольку на момент сбора данных были доступны только первые две недели месяца, что не позволяло корректно сформировать полное месячное значение.

На следующем этапе был проведён корреляционный анализ Пирсона между временными рядами внутри каждой тематической подгруппы, определяемой направлением (Астана, Алматы, Казахстан) и языком запроса (русский, английский). Целью анализа являлась оценка степени согласованности поведения запросов, относящихся к одному направлению, но отличающихся по формулировке. Запросы, демонстрировавшие низкий уровень взаимной корреляции ($r \leq 0.3$) с остальными в подгруппе, исключались из дальнейшего анализа как нестабильные или нерепрезентативные [1].

Оставшиеся согласованные запросы использовались для построения агрегированных индексов интереса по каждому направлению и языковой группе. Индексы формировались путём усреднения нормализованных значений по каждому месяцу и отражали общий поведенческий интерес к соответствующему направлению. Такой подход позволил сгладить индивидуальные колебания по отдельным запросам и обеспечить репрезентативность итогового показателя интереса, соответствуя методике, рекомендованной France & Shi [6].

Таким образом, совокупность методических решений в исследовании направлена на повышение достоверности результатов анализа и адаптацию международных практик к специфике цифрового поведения в туристической сфере Казахстана.

Обсуждение и результаты. Проведённый анализ показал, что из 240 поисковых запросов (табл.1), сформированных по трём основным туристическим направлениям в Казахстане (Астана, Алматы, Казахстан в целом), только 21 запрос (табл.2) соответствовал критериям стабильности и содержательной релевантности. Остальные были исключены из-за высокой нестабильности значений между периодами, выраженных скачков, отсутствия повторяемости или избыточной фрагментарности данных. Это подтверждает ограниченность универсального применения Google Trends в регионах с меньшей плотностью запросов и подчёркивает необходимость индивидуального отбора и валидации терминов, как это также отмечается в работе Önder [7] и France & Shi [6].

При этом при формировании поисковых групп в рамках направлений «Астана» и «Алматы» в состав включались только те объекты, которые географически и семантически ассоциируются с указанным городом. Например, такие достопримечательности, как Медео, логично относятся к Алматы и были включены в соответствующую группу, тогда как Боровое, Кольсай, Чарын и другие природные объекты не были привязаны к направлениям «Астана» или «Алматы», поскольку не являются их административной или туристической частью. Эти объекты имеют собственную географическую и поисковую автономность и могли бы быть рассмотрены в отдельной группе анализа (например, «экотуризм» или «национальные парки»), что может стать направлением для будущих исследований.

Анализ исходного массива показал, что значительная доля поисковых запросов не удовлетворяла минимальным требованиям для включения в исследование. В одном из двух рассматриваемых периодов, а нередко и в обоих, Google Trends либо вовсе не предоставлял данные, сообщая об отсутствии достаточного количества информации для отображения интереса, либо выдавал неустойчивые ряды с единичными всплесками. Подобные ряды не позволяли достоверно интерпретировать поведение пользователей, так как они отражали, скорее всего, кратковременные медийные эффекты или случайные пики, не связанные с устойчивым интересом к направлению.

Таблица 1 - Полный перечень поисковых запросов, использованных в исследовании, по направлениям и языкам

Направление	Язык запросов	Запросы
Казахстан	Английский	Kazakhstan travel, Kazakhstan tourism, Kazakhstan tour, Visit Kazakhstan, Holiday in Kazakhstan, Trip to Kazakhstan, Tourism in Kazakhstan, Explore Kazakhstan, Travel to Kazakhstan, Kazakhstan vacation, Flights to Kazakhstan, Cheap flights Kazakhstan, Kazakhstan flight ticket, Kazakhstan airline, Kazakhstan international flights, Kazakhstan visa requirements, Kazakhstan tour packages, Best Kazakhstan tours, Adventure tour Kazakhstan, Cultural tours Kazakhstan, Charyn Canyon, Lake Kaindy, Kolsay Lakes, Burabay National Park, Altai Mountains Kazakhstan, Nomad festival Kazakhstan, Kazakhstan hotel, Where to stay in Kazakhstan, Kazakhstan travel blog, Kazakhstan itinerary
	Русский	Отдых в Казахстане, Туризм в Казахстане, Туры в Казахстан, Поездка в Казахстан, Каникулы в Казахстане, Путешествие по Казахстану, Казахстан как туристическое направление, Что посмотреть в Казахстане, Путешествие в Казахстан, В отпуск в Казахстан, Билеты в Казахстан, Дешевые билеты в Казахстан, Купить билет в Казахстан, Авиакомпании Казахстана, Международные рейсы в Казахстан, Виза в Казахстан, Чарынский каньон, Каинды, Кольсай, Боровое, Бурабай, Алтай Казахстан, Отели Казахстана, Где остановиться в Казахстане, Блог о путешествиях по Казахстану, Маршрут путешествия по Казахстану, Казахстан отзывы туристов, Интересные места в Казахстане, Достопримечательности Казахстана, Туроператоры Казахстан
Алматы	Английский	Almaty travel, Almaty tourism, Visit Almaty, Trip to Almaty, Explore Almaty, Almaty vacation, Holiday in Almaty, Travel to Almaty,Almaty travel guide, Almaty tourist places, Flights to Almaty, Almaty flight ticket, Cheap flights to Almaty, Almaty airport, Air Astana Almaty, Almaty hotels, Where to stay in Almaty, Best hotels in Almaty, Almaty hostels, Accommodation in Almaty, Things to do in Almaty, Almaty sightseeing, Almaty attractions, Medeu skating rink, Shymbulak ski resort, Kok Tobe Almaty, Big Almaty Lake, Almaty mountains, Almaty city tour, Almaty metro map
	Русский	Отдых в Алматы, Туризм в Алматы, Поездка в Алматы, Путешествие в Алматы, Что посмотреть в Алматы, Отпуск в Алматы, Каникулы в Алматы, Путеводитель по Алматы, Достопримечательности Алматы, Туристические места в Алматы, Авиабилеты в Алматы, Купить билет в Алматы, Дешевые билеты в Алматы, Аэропорт Алматы, Эйр Астана Алматы, Отели в Алматы, Где остановиться в Алматы, Лучшие отели Алматы, Хостелы Алматы, Жильё в Алматы, Чем заняться в Алматы, Экскурсии по Алматы, Интересные места Алматы, Медео, Шымбулак, Коктюбе/Коктобе/Кок-Тюбе, Большое Алматинское озеро, Горы Алматы, Экскурсия по Алматы, Метро Алматы
Астана	Английский	Astana tourism, Visit Astana, Trip to Astana, Explore Astana, Astana vacation, Holiday in Astana, Astana travel, Astana travel guide, Astana tourist places, Flights to Astana, Astana tickets,Cheap flights to Astana, Astana airport, Air Astana Astana, Astana hotel, Where to stay in Astana, Best hotels in Astana, Astana hostels, Accommodation in Astana, Things to do in Astana, Astana sightseeing, Astana attractions, Baiterek tower Astana, Khan Shatyr, Hazrat Sultan mosque, Astana city tour, Nur Alem pavilion, Astana Expo site, Astana events, Astana tourism
	Русский	Туризм в Астане, Поездка в Астану, Путешествие в Астану, Что посмотреть в Астане, Отпуск в Астане, Каникулы в Астане, Поездка в Астану, Путеводитель по Астане, Туристические места в Астане, Билет Астана, Астана самолет, Аэропорт Астана, Аэропорт Астаны, Эйр Астана Астана, Отель Астана, Где остановиться в Астане, Лучшие отели в Астане, Хостелы Астаны, Жильё в Астане, Чем заняться в Астане, Экскурсии по Астане, Интересные места в Астане, Байтерек, Хан Шатыр, Мечеть Хазрет Султан, Обзорная экскурсия по Астане, Павильон Нур Алем, Экспо Астана, События в Астане, Рестораны в Астане
Нур-Султан	Английский	Nur-Sultan travel, Nur-Sultan tourism, Visit Nur-Sultan, Trip to Nur-Sultan, Explore Nur-Sultan, Nur-Sultan vacation, Holiday in Nur-Sultan, Travel to Nur-Sultan, Nur-Sultan travel guide, Nur-Sultan tourist places, Flights to Nur-Sultan, Nur-Sultan flight ticket, Cheap flights to Nur-Sultan, Nur-Sultan airport, Air Astana Nur-Sultan, Nur-Sultan hotels, Where to stay in Nur-Sultan, Best hotels in Nur-Sultan, Nur-Sultan hostels, Accommodation in Nur-Sultan, Things to do in Nur-Sultan, Nur-Sultan sightseeing, Nur-Sultan attractions, Baiterek tower Nur-Sultan, Khan Shatyr Nur-Sultan, Hazrat Sultan mosque Nur-Sultan, Nur-Sultan city tour, Nur Alem pavilion Nur-Sultan, Nur-Sultan Expo site, Events in Nur-Sultan
	Русский	Поездка в Нур-Султан, Туризм в Нур-Султане, Посетить Нур-Султан, Путешествие в Нур-Султан, Что посмотреть в Нур-Султане, Отпуск в Нур-Султане, Каникулы в Нур-Султане, Поездка в Нур-Султан, Путеводитель по Нур-Султану, Туристические места в Нур-Султане, Авиабилеты в Нур-Султан, Купить билет в Нур-Султан, Дешевые билеты в Нур-Султан, Аэропорт Нур-Султана, Эйр Астана Нур-Султан, Отели в Нур-Султане, Где остановиться в Нур-Султане, Лучшие отели в Нур-Султане, Хостелы Нур-Султана, Жильё в Нур-Султане, Чем заняться в Нур-Султане, Экскурсии по Нур-Султану, Интересные места в Нур-Султане, Байтерек Нур-Султан, Хан Шатыр Нур-Султан, Мечеть Хазрет Султан, Обзорная экскурсия по Нур-Султану, Павильон Нур Алем Нур-Султан, Экспо Нур-Султан, События в Нур-Султане

Ситуация особенно часто наблюдалась в отношении конкретных фраз, содержащих уточняющие слова (например, «тур в Нур-Султан», «Астана экскурсия», «Kazakhstan mountains») или наименее распространённых англоязычных вариантов. Это подтверждает ранее выявленные ограничения использования Google Trends для запросов с низкой частотностью, о чём также сообща-

лось в работах Önder [7] и Bokelmann & Lessmann [1]. Как и в этих исследованиях, было зафиксировано, что снижение уровня интереса к теме или её формулировке влечёт за собой потерю данных или нарушение стабильности временного ряда, что делает невозможным применение таких запросов в количественном анализе.

Особый случай представляет направление «Нур-Султан». Несмотря на то, что это название официально использовалось для столицы Казахстана с 2019 по 2022 год, поисковые запросы, содержащие данное наименование, не прошли отбор на этапе предварительной фильтрации. Во всех случаях, как на русском, так и на английском языке, Google Trends либо не предоставлял данных вовсе, либо выдавал исключительно фрагментированные ряды с единичными всплесками, что не позволяло использовать эти данные в дальнейших вычислениях и анализе. Ни одна из выгрузок не достигла необходимого уровня стабильности.

Подобная картина может быть связана с тем, что название «Нур-Султан» не закрепилось в повседневном туристическом дискурсе. Это может объясняться непродолжительным сроком использования топонима, а также тем, что значительная часть пользователей продолжала использовать исторически устоявшееся название «Астана» — особенно в контексте поиска информации о поездках и достопримечательностях. Таким образом, слабая представленность «Нур-Султана» в данных Google Trends может отражать низкую интеграцию этого наименования в поисковое поведение пользователей, несмотря на его официальный статус в указанный период. Это наблюдение подчёркивает важность учёта поведенческого аспекта в интерпретации поисковых данных.

Таким образом, уже на этапе предварительного отбора было исключено более 90% изначально сформированных поисковых фраз. Это подчёркивает не только необходимость многоступенчатой фильтрации, но и демонстрирует высокую чувствительность Google Trends к формулировке и частоте запроса, особенно при работе с направлениями, расположенными вне глобальных туристических потоков.

Таблица 2 - Отобранные поисковые запросы, прошедшие фильтрацию и соответствующие критериям согласованности

Направление	Язык запросов	Запросы
Казахстан	Английский	Flights to Kazakhstan, Kazakhstan travel, Visit Kazakhstan
	Русский	Боровое, Каникулы в Казахстане, Кольсай, Чарынский каньон
Алматы	Английский	Air Astana Almaty, Almaty airport, Flights to Almaty
	Русский	Аэропорт Алматы, Метро Алматы, Отель Алматы
Астана	Английский	Air Astana Astana, Astana airport, Astana hotel, Flights to Astana
	Русский	Астана самолет, Аэропорт Астана, Билет Астана, Эйр Астана Астана

Следующий этап анализа был сосредоточен на тех поисковых запросах, которые прошли фильтрацию, были агрегированы в единый временной ряд и использованы для построения сравнительного анализа между направлениями и языковыми группами. В итоговый набор вошло 21 поисковое выражение, распределённое по трём основным направлениям - Казахстан, Алматы и Астана,- и двум языкам: русскому и английскому. Примечательно, что подавляющее большинство этих запросов касается не самих достопримечательностей или туристических объектов, а процесса поездки: бронирование билетов, поиск рейсов, аэропорты, транспорт, размещение. Это осо-

бенно ярко выражено в англоязычной группе по направлениям «Казахстан», «Алматы» и «Астана», где доминируют запросы типа ”Flights to Kazakhstan”, ”Almaty airport”, ”Air Astana Astana” и т.п.

Такой характер запросов может свидетельствовать о том, что пользователи, особенно международные, воспринимают Казахстан не как совокупность конкретных туристических дестинаций, а скорее, как обобщённую точку прибытия. Возможным объяснением такой структуры поисковой активности может быть то, что значительная часть визитов иностранных граждан в Казахстан может быть связана не с отдыхом, а с участием в форумах, переговорах и других бизнес-мероприятиях. Это соответствует статусу Астаны и Алматы как политического и экономического центра страны. Также подобная структура интереса может быть следствием ограниченной узнаваемости отдельных туристических объектов Казахстана на глобальном уровне, что особенно отчётливо видно в англоязычной группе: здесь полностью отсутствуют упоминания конкретных природных локаций, таких как Чарын, Кольсай или Боровое. Напротив, в русскоязычных запросах они присутствуют, что может отражать специфику внутреннего туризма, где названия таких мест хорошо известны и активно используются в поиске.

Аналогичная структура наблюдается и по направлению «Алматы»: англоязычные запросы вновь сосредоточены на рейсах и аэропорте, тогда как русскоязычные содержат также элементы городской инфраструктуры (метро Алматы, отель Алматы), что может свидетельствовать о более глубоком знакомстве с городом у русскоязычных пользователей и сформированном восприятии Алматы как конечной точки поездки. В направлении «Астана» схожая картина: в обеих языковых группах запросы ориентированы в первую очередь на авиаперелёты и инфраструктуру (аэропорт, самолёт, билет, Air Astana), что может быть следствием меньшей туристической привлекательности по сравнению с Алматы или просто специфики столичного восприятия как делового центра.

Таким образом, анализ распределения и содержания поисковых запросов, прошедших фильтрацию, демонстрирует важную поведенческую особенность: туризм в Казахстане, особенно на международном уровне, в значительной степени воспринимается как логистический процесс, а не как поиск конкретных достопримечательностей. Это открывает перспективу для будущих исследований, посвящённых брендингу конкретных локаций и развитию визуальной и тематической узнаваемости Казахстана в глобальном цифровом пространстве.

Для визуализации агрегированных индексов интереса было решено представить данные по направлениям с разделением по языковым группам. Такой подход позволил сравнить поведение русскоязычных и англоязычных пользователей внутри каждого направления - Алматы, Астаны и Казахстана в целом. Каждый график содержит две линии, отражающие динамику интереса на русском и английском языках соответственно. Это облегчает восприятие, предотвращает перегрузку визуальной информации и одновременно позволяет выявить возможные различия между внутренним и ближнезарубежным (русскоязычным) цифровым туризмом и внешним (англоязычным) интересом со стороны международной аудитории.

В результате корреляционного анализа из расчётов были исключены отдельные нестабильные запросы, такие как «Каникулы в Казахстане» и «Аэропорт Алматы», не продемонстрировавшие достаточной согласованности с другими запросами в своих подгруппах (табл.3).

На графике (рис.1) представлены агрегированные индексы интереса к направлению «Казахстан», сформированные на основе англоязычных и русскоязычных поисковых запросов. Индекс на русском языке демонстрирует ярко выраженную сезонность с устойчивыми пиками в летние месяцы (июнь–август) и спадами в зимний и осенний периоды. Это характерно для поведения внутреннего туриста, планирующего поездки в Казахстан в тёплое время года, что подтверждается сходными паттернами в исследованиях по другим странам (например, Hasyyati et al., 2019 для Индонезии).

Таблица 3 - Финальный список поисковых запросов, использованных для построения агрегированных индексов интереса

Направление	Язык запросов	Запросы
Казахстан	Английский	Flights to Kazakhstan, Kazakhstan travel, Visit Kazakhstan
	Русский	Боровое, Кольсай, Чарынский каньон
Алматы	Английский	Air Astana Almaty, Almaty airport, Flights to Almaty
	Русский	Метро Алматы, Отель Алматы
Астана	Английский	Air Astana Astana, Astana airport, Astana hotel, Flights to Astana
	Русский	Астана самолет, Аэропорт Астана, Билет Астана, Эйр Астана Астана

В то же время англоязычный индекс выглядит менее регулярным, с более сглаженной амплитудой и отсутствием отчётливой сезонности. В некоторые годы пики интереса приходятся на нестандартные месяцы, а в другие - отсутствуют вовсе. Это может быть связано с тем, что интерес иностранных пользователей к Казахстану менее стабилен и зависит от внешних факторов: новостей, событий, визовых режимов и т.д. Также нельзя исключать влияние делового туризма, о чём ранее говорилось в контексте характера англоязычных запросов.

Сопоставление двух индексов позволяет сделать вывод о разной природе интереса: русскоязычный сегмент отражает устойчивый и предсказуемый сезонный интерес к отдыху внутри страны, тогда как англоязычный интерес носит более эпизодический и фрагментарный характер.

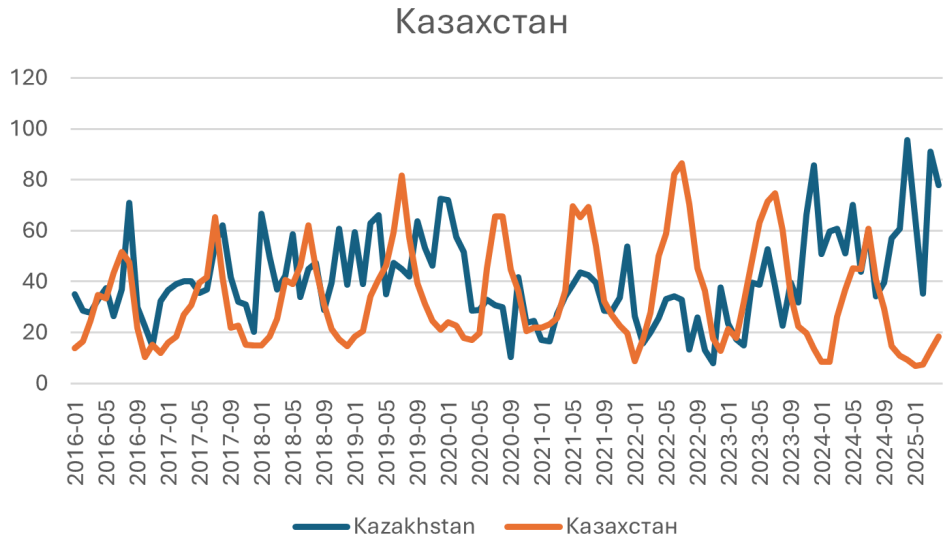


Рис.1 - Динамика агрегированных индексов интереса к направлению «Казахстан» (2016–2025)

В отличие от направления «Казахстан», где русскоязычные и англоязычные индексы отражали принципиально разные типы интереса (локальные достопримечательности против общей логистики), направления «Алматы» (рис.2) и «Астана» (рис.3) демонстрируют высокую степень согласованности индексов в допандемийный период (2016–2019). Это может быть связано с тем,

что оба города являются крупными центрами с узнаваемыми брендами, как внутри страны, так и за её пределами.

Для Алматы в до пандемийные годы характерен устойчивый рост интереса по обоим языковым сегментам, особенно в летние месяцы, что подтверждает сезонную природу внутреннего туризма. В русскоязычном индексе сезонность выражена сильнее, тогда как англоязычный интерес к городу остаётся более сглаженным. Астана, в свою очередь, демонстрирует меньшую сезонность и более ровную динамику, что, вероятно, связано с её восприятием как административного и делового центра, а не как туристической дестинации в привычном смысле.

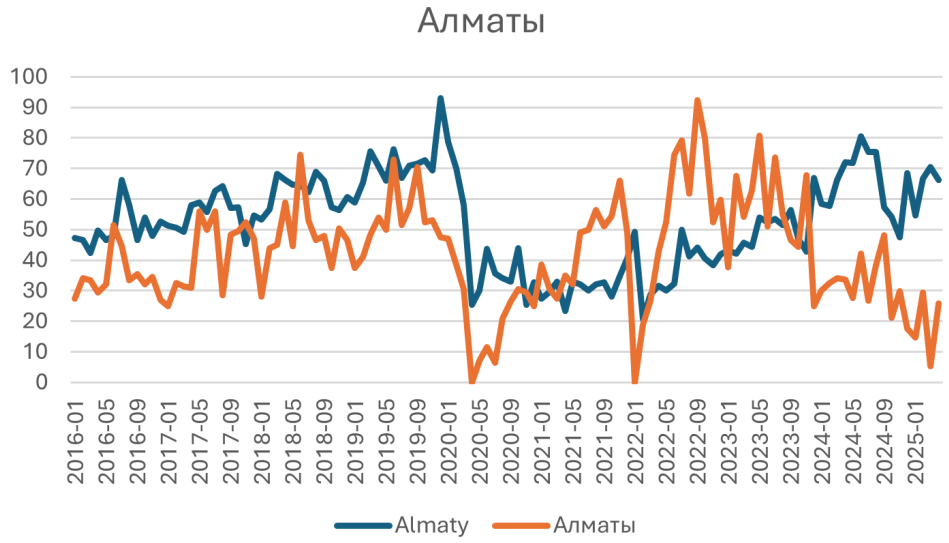


Рис.2 - Динамика агрегированных индексов интереса к направлению «Алматы» (2016–2025)

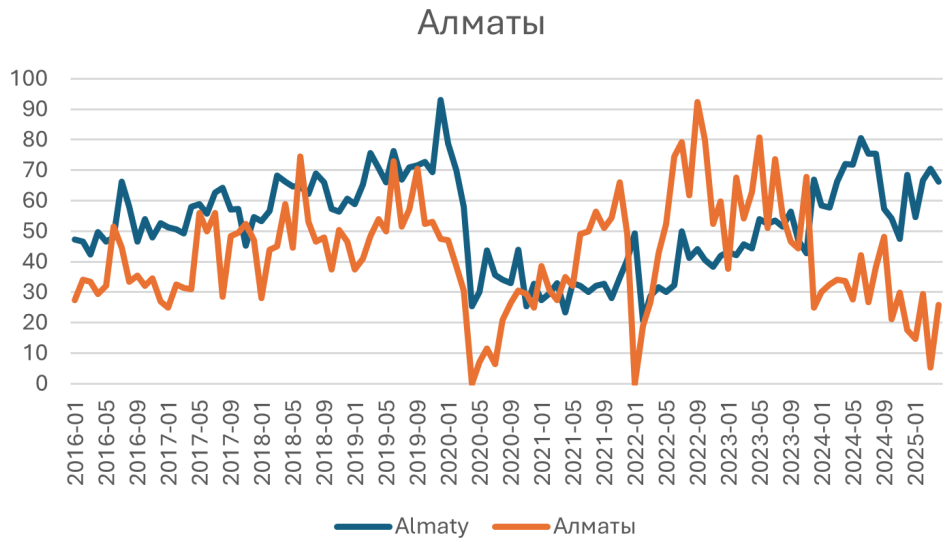


Рис.3 - Динамика агрегированных индексов интереса к направлению «Астана» (2016–2025)

Период 2020–2021 годов сопровождается резким снижением интереса к обоим направлениям на фоне пандемии COVID-19. Однако восстановление происходит с разной динамикой: для Алматы характерны выраженные сезонные всплески в 2022–2023 годах (особенно в русскоязычном

сегменте), в то время как англоязычный интерес к Астане восстанавливается более медленно, но стабильно. Возможно, часть всплесков интереса к столице в 2022 году в русскоязычном сегменте связана с внешнеполитическими событиями и миграцией, а не напрямую с туризмом.

Таким образом, внутренний интерес к Алматы носит преимущественно рекреационный характер с ярко выраженной сезонностью, тогда как интерес к Астане более деловой и менее подвержен сезонным колебаниям. Это подчёркивает различия в позиционировании и восприятии городов внутри и за пределами страны.

Выводы. Целью настоящего исследования было определение потенциала использования поисковых данных Google Trends для анализа интереса к туристическим направлениям в Казахстане. В качестве объекта исследования рассматривался туристический спрос в Республике Казахстан, а предметом — поисковая активность в Google как отражение цифрового поведения потенциальных туристов. Методологическая основа включала отбор и фильтрацию 240 поисковых запросов, их агрегирование, корреляционный анализ и последующее формирование индексов интереса к трем направлениям: Алматы, Астана и Казахстан в целом, с учётом различий между русскоязычной и англоязычной аудиторией.

Результаты анализа показали, что только 21 запрос соответствовал критериям стабильности и согласованности. Это подчёркивает ограниченность универсального применения Google Trends в региональных исследованиях и необходимость тщательной предварительной фильтрации данных. Среди отобранных запросов преобладали формулировки, связанные не с достопримечательностями, а с процессом поездки (аэропорт, авиабилеты, размещение), особенно в англоязычных группах, что может свидетельствовать о преобладании делового туризма или логистически ориентированного интереса со стороны международной аудитории.

Анализ индексов показал выраженные сезонные пики в русскоязычных запросах по направлениям «Казахстан» и «Алматы», что соответствует модели внутреннего рекреационного туризма. Напротив, интерес к Астане отличался большей стабильностью и меньшей подверженностью сезонным колебаниям, что может быть связано с её деловым и административным статусом. Также выявлена разница в восприятии направления «Казахстан» в зависимости от языка: англоязычные запросы фокусируются на поездке в страну в целом, тогда как русскоязычные — на отдельных природных локациях.

Таким образом, полученные результаты подтверждают исходную гипотезу о том, что поисковая активность в Google может отражать поведенческие паттерны, связанные с туристическим спросом, особенно при соблюдении корректной методики отбора и агрегации данных. В то же время применение Google Trends в условиях Казахстана требует адаптации и осторожной интерпретации из-за высокой чувствительности инструмента к формулировке запросов и языковым аспектам.

Перспективы дальнейших исследований включают:

- расширение анализа за счёт включения казахоязычных запросов в рамках локализованной выборки;

- формирование тематических подгрупп (например, экотуризм, медицинский туризм);

- сопоставление цифрового интереса с фактической статистикой туристических потоков (по возможности — в помесячной динамике);

- разработку индексов, интегрирующих поисковые данные с социальными медиа и системой бронирований.

- проведение регрессионного анализа для построения моделей прогнозирования туристического спроса на основе цифровых индикаторов — при наличии соответствующей статистики.

Результаты исследования могут быть использованы как основа для разработки инструментов мониторинга цифрового интереса к туристическим направлениям, а также для оценки эффективности мероприятий по продвижению туризма в Казахстане на национальном и региональном уровнях.

Литература

1. Bokelmann B., Lessmann S. Spurious patterns in Google Trends data: An analysis of the effects on tourism demand forecasting in Germany // Tourism Management. -2019. -Vol.75. P. -1-12. DOI 10.1016/j.tourman.2019.04.015

2. Cebrián E., Domenech J. Is it possible for Google Trends to forecast rural tourism? The situation in Spain // Journal of Tourism Management Research. – 2024. – Vol.11 (2). – P.302-312. DOI 10.18488/31.v11i2.3986.

3. Грибок М. В., Горбунова Т. Ю. Сервис Google Trends как источник данных для исследования ментальных связей между регионами России // Геополитика и экогеодинамика регионов. - 2019. - № 3. - С/256-262

4. Федорченко С. Н. Политический анализ через оптику Google Trends (кейсы Италии, США, России, Германии и Мексики) //Журнал политических исследований. - 2019. -Т.3 (4). С.142-156.

5. Соколов С.В. Применение веб-аналитического инструментария Google Trends в социогуманитарных и библиотековедческих исследованиях. Библиосфера.2018. - № 4:3-9. DOI 10.20913/1815-3186-2018-4-3-9.

6. France C., Shi Y. Aggregating Google Trends: Multivariate Testing and Analysis // Social Science Computer Review. - 2018.- Vol.36(4).- P. 460-475. DOI 10.48550/arXiv.1712.03152.

7. Onder I. Forecasting tourism demand with Google Trends: Accuracy comparison of countries versus cities // International Journal of Tourism Research. - 2017.-Vol.19(6). - P.671682. DOI 10.1002/jtr.2137.

8. Dinis G., Breda Z., Costa C., Pacheco O. Google Trends in tourism and hospitality research: A systematic literature review // Journal of Hospitality and Tourism Technology.- 2019. - Vol.10(4). -P.807-822. DOI 10.1108/JHTT-08-2018-0086.

9. Hasyyati A. N., Indriani R., Lestari T. K. Predicting Tourism Demand in Indonesia Using Google Trends Data.-arXiv:2211.13938- 2022. DOI 10.48550/arXiv.2211.13938

10. Fitriani Y., Setiawan A. A. Predicting Tourism Demand in Indonesia Using Google Trends Data // Indonesian Journal of Geography.-2021.-Vol.53(3).-P.422-431. DOI 10.48550/arXiv.2211.13938.

References

1. Bokelmann B., Lessmann S. Spurious patterns in Google Trends data: An analysis of the effects on tourism demand forecasting in Germany // Tourism Management. -2019. -Vol.75. P. -1-12. DOI 10.1016/j.tourman.2019.04.015

2. Cebrián E., Domenech J. Is it possible for Google Trends to forecast rural tourism? The situation in Spain // Journal of Tourism Management Research. - 2024. - Vol.11 (2). -P.302-312. DOI 10.18488/31.v11i2.3986

3. Gribok M. V., Gorbunova T. Ju. Servis Google Trends kak istochnik dannyh dlja issledovanija mental’ nyh svjazej mezhdu regionami Rossii // Geopolitika i jekogeodinamika regionov. - 2019. - № 3. - C.256-262.[in Russian]

4. Fedorchenko S. N. Politicheskij analiz cherez optiku Google Trends (kejsy Italii, SShA, Rossii, Germanii i Meksiki) //Zhurnal politicheskih issledovanij. - 2019. -T.3 (4). S.142-156.[in Russian]

5. Sokolov S.V. Primenenie veb-analiticheskogo instrumentarija Google Trends v sociogumanitarnyh i bibliotekovedcheskih issledovanijah. Bibliosfera.2018. - № 4:3-9. DOI 10.20913/1815-3186-2018-4-3-9.[in Russian]

6. France C., Shi Y. Aggregating Google Trends: Multivariate Testing and Analysis // Social Science Computer Review. - 2018.- Vol.36(4).- P. 460-475. DOI 10.48550/arXiv.1712.03152.

7. Onder I. Forecasting tourism demand with Google Trends: Accuracy comparison of countries versus cities // International Journal of Tourism Research. - 2017.-Vol.19(6). - P.671682. DOI 10.1002/jtr.2137.

8. Dinis G., Breda Z., Costa C., Pacheco O. Google Trends in tourism and hospitality research: A systematic literature review // Journal of Hospitality and Tourism Technology.- 2019. - Vol.10(4). -P.807-822. DOI 10.1108/JHTT-08-2018-0086.

9. Hasyyati A. N., Indriani R., Lestari T. K. Predicting Tourism Demand in Indonesia Using Google Trends Data.-arXiv:2211.13938- 2022. DOI 10.48550/arXiv.2211.13938

10. Fitriani Y., Setiawan A. A. Predicting Tourism Demand in Indonesia Using Google Trends Data // Indonesian Journal of Geography.-2021.-Vol.53(3).-P.422-431. DOI 10.48550/arXiv.2211.13938.

Сведения об авторе

Идрышов М. Б.- PhD student/докторант, лектор, НАО «Восточно-Казахстанский университет им. С.Аманжолова», Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: immakhambet@gmail.com.

Information about the author

Idryshov M.B.- PhD student, Lecturer, S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: immakhambet@gmail.com.

ҒТАМР 06.35.31 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-893**

СТРАТЕГИЯЛЫҚ БАСҚАРУ ЕСЕБІН ҰЙЫМДАСТЫРУ

М.С. Искакова, А.К. Ибраева, Д.М. Акишева
«Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, Семей, Қазақстан
Корреспондент-автор: mis0508@mail.ru

Стратегиялық басқару есебінің маңызды міндеті ұйымның көрсеткіштерінің орындалуын тұрақты бақылау және басшылықты шығындар тәртібі туралы ақпаратпен қамтамасыз ету мақсатында стратегиялық шығындарды есепке алу болып табылады.

Кәсіпорын қызметінің қаржылық нәтижелері стратегиялық есеп пен бақылаудың негізгі объектісі болып табылады, оның оңтайлы қалыптасуы кәсіпорынның миссиясын тиімді жүзеге асыруға, бәсекелестік жағдайын және қаржылық тұрақтылығын нығайтуға ықпал етеді.

Қаржылық нәтижелерді тиімді бақылау және реттеу мақсатында стратегиялық басқарушылық есеп жүйесінде стратегиялық бюджеттеудің, стратегиялық есеп пен талдаудың, стратегиялық контроллингтің заманауи технологиялары енгізілуі тиіс.

Ұйымның стратегиялық позицияларын нығайту теріс факторлар мен тәуекелдердің әсерін жою үшін шаруашылықтың сыртқы және ішкі жағдайларын кешенді бақылауды және реттеуді талап етеді. Стратегиялық менеджмент жүйесіндегі бұл тәсіл компанияның стратегиясын іске асыру тиімділігінің деңгейін, оның бәсекеге қабілеттілік деңгейін және қаржылық тұрақтылығын арттыруға мүмкіндік береді.

Шаруашылық субъектісінің стратегиялық позицияларын нығайту теріс факторлар мен тәуекелдердің әсерін жою үшін шаруашылықтың сыртқы және ішкі жағдайларын кешенді бақылауды және реттеуді талап етеді. Стратегиялық менеджмент жүйесіндегі бұл тәсіл компанияның стратегиясын іске асыру тиімділігінің деңгейін, оның бәсекеге қабілеттілік деңгейін және қаржылық тұрақтылықты арттыруға мүмкіндік береді.

Кәсіпорын қызметінің ең маңызды көрсеткіші оның қаржылық нәтижелері, кірістер мен шығыстар арасындағы айырмашылық болып табылады.

Стратегиялық менеджмент жүйесіндегі қаржылық нәтижелер ұйымның қаржылық жағдайының қалыптасуын және компанияның маңызды стратегиялық сипаттамасының көлемін - бизнестің нарықтық құнын анықтайтын негізгі факторды білдіреді.

Түйін сөздер: стратегиялық шығындар, бюджеттеу, басқарушылық шешімдер, талдау.

ОРГАНИЗАЦИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНЧЕСКОГО УЧЕТА

М.С. Искакова, А.К. Ибраева, Д.М. Акишева

НАО «Университет имени Шакарима города Семей», Семей, Казахстан,
e-mail: mis0508@mail.ru

Важной задачей стратегического управленческого учета является ведение стратегических затрат с целью постоянного контроля за выполнением показателей деятельности организации и предоставления руководству информации о динамике затрат.

Финансовые результаты деятельности предприятия являются основным объектом стратегического учета и контроля, оптимальное формирование которого способствует эффективной реализации миссии предприятия, укреплению его конкурентных позиций и финансовой устойчивости.

Для эффективного контроля и регулирования финансовых результатов в систему стратегического управленческого учета необходимо внедрять современные технологии стратегического

бюджетирования, стратегического учета и анализа, стратегического контроллинга.

Укрепление стратегических позиций организации требует комплексного мониторинга и регулирования внешних и внутренних условий экономики для устранения влияния негативных факторов и рисков. Такой подход к системе стратегического управления позволяет повысить уровень эффективности реализации стратегии компании, уровень ее конкурентоспособности и финансовую устойчивость.

Укрепление стратегических позиций хозяйствующего субъекта требует комплексного контроля и регулирования внешних и внутренних условий экономики для устранения влияния негативных факторов и рисков. Такой подход к системе стратегического управления позволяет повысить уровень эффективности реализации стратегии компании, уровень ее конкурентоспособности и финансовой устойчивости.

Важнейшим показателем деятельности предприятия является его финансовый результат — разница между доходами и расходами.

Финансовые результаты в системе стратегического управления представляют собой основной фактор, определяющий формирование финансового положения организации и величину важной стратегической характеристики компании – рыночной стоимости бизнеса.

Ключевые слова: стратегические затраты, бюджетирование, управленческие решения, анализ

ORGANIZING STRATEGIC MANAGEMENT ACCOUNTING

M.S. Iskakova✉, A.K. Ibraeva, D.M. Akisheva
NPJSC «Shakarim University of Semey», Semey, Kazakhstan,
e-mail:

An important task of strategic management accounting is the accounting of strategic costs for the purpose of continuous monitoring of the organization' s performance indicators and providing management with information on cost dynamics.

The financial results of an enterprise' s activities are the main object of strategic accounting and control, the optimal formation of which contributes to the effective implementation of the enterprise' s mission, strengthening its competitive positions and financial stability.

For effective control and regulation of financial results, it is necessary to introduce modern technologies of strategic budgeting, strategic accounting and analysis, and strategic controlling into the strategic management accounting system.

Strengthening the strategic positions of an organization requires comprehensive monitoring and regulation of external and internal economic conditions to eliminate the influence of negative factors and risks. This approach to the strategic management system allows increasing the level of efficiency of the company' s strategy implementation, its level of competitiveness and financial stability.

Strengthening the strategic positions of an economic entity requires comprehensive control and regulation of external and internal economic conditions to eliminate the influence of negative factors and risks. This approach to the strategic management system allows increasing the level of efficiency of the company' s strategy implementation, its level of competitiveness and financial stability.

Financial results in the strategic management system are the main factor determining the formation of the financial position of the organization and the value of an important strategic characteristic of the company - the market value of the business.

Keywords: strategic costs, budgeting, management decisions, analysis

Кіріспе. Басқару есебі өз мәнінде есеп процесі мен ұйымды басқару арасындағы байланыстырушы буын болып табылады. Ал ұйымды басқару жүйесіне қатысты стратегия - ұйымның миссиясы мен мақсатына жетуге арналған егжей-тегжейлі, кешенді жоспар.

Зерттеудің мақсаты - ұйымдарда стратегиялық басқару есебінің маңыздылығын анықтап, басшылықты тұрақты түрде ақпараттармен қамтамасыз ету мен оны өңдеу бойынша ұсыныстарды қарастыру.

Осы мақсатқа сәйкес бірнеше міндеттер қойылды:

- ұйымдарда әрекет етуші басқару есебінің теориялық негіздерін зерделеу;

- стратегиялық басқару есебінің басты функцияларын анықтау;

- ұйым стратегиясын іске асырғанда пайда болатын шығындарды бақылау;

- ұйымның бәсекеге қабілеттілігін арттыру мақсатында стратегиялық басқару есебін ұйымдастырудың оңтайлы әдістемесін ұсыну.

Материалдар мен әдістер. Стратегия - ұйымның миссиясын жүзеге асыруға және оны жаңа қалыпқа айналдыруға бағытталған басқару шешімдерінің жүйесі. Ұйымдастырушылық әлеуетті қалыптастыру және дамыту бағыттары; бәсекелестік артықшылықтарға қол жеткізу үшін нарықтағы қызметті жүзеге асыру әдістері осы стратегиялық есеп жүргізудің басымдықтары болып табылады.

Ұйымда стратегиялық басқару есебін жетілдіру мәселелерін қарастыру барысында зерттеудің мынадай әдістері қолданылды:

- стратегиялық басқару есебінің қажеттілігін негіздеуге бағытталған зерттеу мақсаты мен міндеттерін анықтау кезінде абстрактты-логикалық;

- стратегиялық басқару есебін жетілдіру мәселелерін қарастыру және оларды шешуге бағытталған ұсыныстарды өңдеу барысында монографиялық әдіс қолданылды.

Зерттеу барысында стратегиялық басқару есебіне сипаттама беріп, ұйымдағы қалыптасу жағдайына талдау жасау негізінде, оны жетілдіруге бағытталған ұсыныстар жұмыстың ғылыми жаңалығы болып табылады.

Нәтижелер және талқылау. Стратегиялық бюджеттеу, есепке алу және бақылау үлгілерінің әртүрлілігін ескере отырып, стратегиялық есеп объектісі ретінде қаржылық нәтижелерді көрсету әдістемесін әзірлеуге жүйелі көзқарас жеткілікті түрде әзірленбеген.

Басқарудың стратегиялық есебінің қажеттілігін сипаттайтын мына жағдайлардың болуы:

- бюджеттік жүйенің болмауы;

- ішкі есеп беру жүйесінің жетілмегендігі;

- қызметтің және өнімнің жекелеген түрлерінің табыстылығын талдау жүйесінің болмауы;

- баға белгілеуге, өндірістік бағдарламаларға, инвестициялық жобаларды бағалауға байланысты басқару шешімдерін талдау мен қабылдаудың жетілмегендігі;

- шығындарды азайту және операциялық тиімділікті арттыру үшін қызметкерлердің жауапкершілігі мен мотивациясының жеткіліксіз деңгейі;

- бақылау көрсеткіштері жүйесінің, оларды жоспарлаудың нормативтік құқықтық актілерінің болмауы.

Сонымен қатар, стратегиялық басқару есебінің қажеттілігі келесі себептермен түсіндіріледі:

- басқарушылық есептің жаңа әдістерінің пайда болуы;

- даму стратегиясын өзгерту қажеттілігін анықтау;

- операциялық және стратегиялық қызмет арасындағы байланыстың қажеттілігі;

- сыртқы орта өзгерген кезде басқару шешімдерін қабылдау жылдамдығын арттыру;

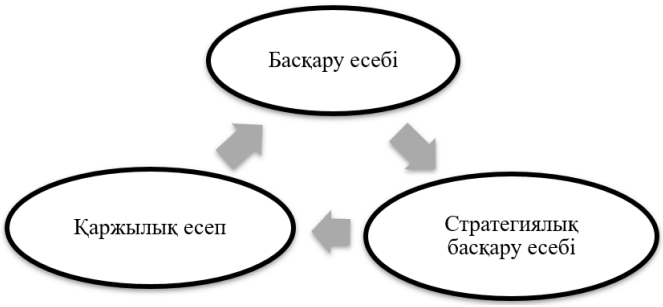
- талдау фокусын ішкі ортадан ұйым дамып жатқан немесе дамытуды көздеп отырған сыртқы іскерлік ортаға ауыстыру [1].

Стратегиялық шығындарды есепке алу жүйесі маңызды салаларды басқару шешімдерін қабылдау үшін ақпаратпен қамтамасыз етуге бағытталған. Стратегиялық басқару шешімдерінің түрлері тиісті стратегиялық басқарушылық есеп ақпаратын талап етеді.

Қазіргі заманғы кәсіпорынның басшылығы үнемі проблемаға тап болады

стратегиялық басқару шешімдерін қабылдау процесіне әсер ететін оңтайлы және нақты ақпаратты таңдау қажеттілігі, сондай-ақ бизнес жағдайларының өзгеруі кезінде шығындардың ерекшеліктерін ескеру қажеттілігі. Осы мәселелерге тиісті көңіл бөлу арқылы ғана белгілі бір ресурстары бар және оларды жеткілікті түрде ұтымды пайдаланатын кәсіпорынның пайдалы қызметіне қол жеткізуге болады [2].

Стратегиялық басқару шешімдерін қабылдау процесіне әсер ететін оңтайлы және нақты ақпаратты таңдау қажеттілігін, сондай-ақ бизнес жағдайларының өзгеруі кезінде шығындардың ерекшеліктерін ескеру қажеттілігін ескере отырып кәсіпорынның пайдалы қызметіне қол жеткізуге болады.



1 - сурет. Ұйымдағы бухгалтерлік есептің құрамдастары

Ескерту – [3] әдебиет негізінде құрастырылған

Сурет 1 -де көрсетілгендей ұйымдағы қаржылық, басқару, стратегиялық басқару есептері бірбірімен тығыз байланысты. Стратегиялық есеп – қаржылық, салықтық және басқарушылық есеп деректеріне негізделген, ұзақ мерзімді перспективаға бағытталған және сыртқы факторлардың әсерін есепке алатын есеп жүйесі.

Стратегиялық басқару есебі ұйымды басқару жүйесі элементтерінің бірі ретінде стратегиялық мақсаттар үшін пайдаланылатын белгілі бір уақыт кезеңінде алынған бухгалтерлік есепті, жоспарлау мен болжауды, нормативтік және басқа ақпаратты жинау, өңдеу және ұсыну тәртібін реттейді.

Стратегиялық басқару есебі мен стратегиялық талдау арасындағы байланыс алынған бухгалтерлік ақпаратты стратегиялық бағалау үшін талдамалық ақпаратқа айналдырып, трансформациялауға мүмкіндік береді.

Кәсіпорынның стратегиялық мақсаттарын жүзеге асыратын бюджеттеу, жоспарлау, талдау, бақылау және реттеуге басқару есебінің ақпараттық қамтамасыз етілуі тікелей әсер етеді. Ірі компанияларда жүргізілетін қаржылық талдаудың негізін құрайтын бухгалтерлік есеп деректерінсіз стратегияларды қалыптастыру мүмкін емес. Ұзақ мерзімді стратегиялық шешімдер ұйымның болашағын және оның одан әрі даму болашағын анықтайды.Тиімді басқару шешімдерін қабылдау, талдау үшін жедел және басқарушылық сенімді ақпаратты пайдалану керек [4].

Цифрлық технологиялардың қарқынды дамуы мен ақпараттық жүйелерді кеңінен қолданудың арқасында стратегиялық басқару есебінде қажетті ақпаратты өңдеу процесі жеделдетіледі және құжат айналымының еңбек сыйымдылығы төмендейді.

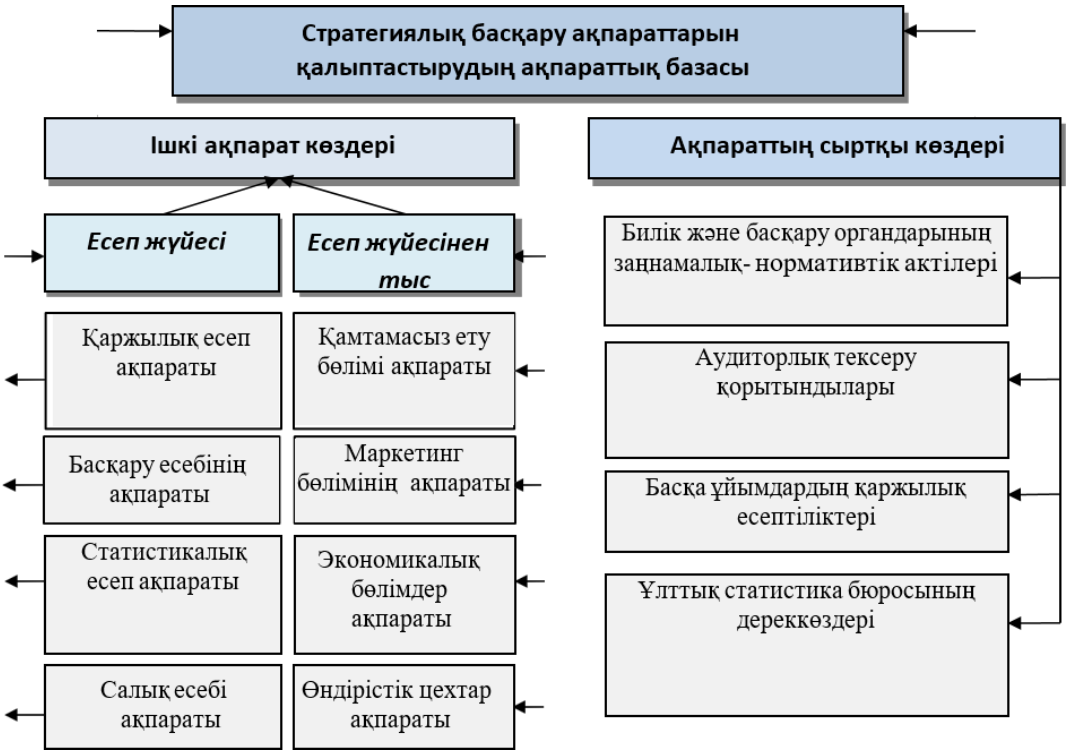
Стратегиялық басқару есебінде ұйым жұмыс істейтін іскерлік ортаның талдауы жүргізіліп, компанияның нарықтағы стратегиялық позициясы ескерілуі,өндірілген өнімді саралау мүмкіндігі қарастырылуы және функциялардың құн тізбегі құрылуы қажет. Құн тізбегі кәсіпорынның стратегиялық қызметі туралы түсінік береді және шығындар қозғалысын бақылауға мүмкіндік беріп, шығындарды азайтудың әлеует-

ті көздерін анықтауға және жеке операцияларды оңтайландыруға мүмкіндік береді, осылайша оның нарықтағы бәсекелестерінен артықшылықтарға ие болады. Мұның бәрі компанияның нарықта дұрыс орналасуына, оның тұрақты бәсекелестік артықшылығын сақтауға және дамытуға, ұзақ уақыт бойы жақсы қаржылық-экономикалық нәтижелерді сақтауға әсері бар.

Әлемдік экономиканың жаһандануы компаниялар үшін олардың институционалдық ортамен өзара әрекеттесуінің әртүрлі салаларына әсер ететін жаңа бәсекелестік артықшылықтар тудырады. Егер бұрын бәсекенің мақсаты компаниялар арасындағы пайданы көбейту үшін күрес болса, қазір әр тұтынушы үшін күрес, нарықтағы позицияны жоғарылату [5].

Басқарудың стратегиялық есебі кәсіпорынның ұйым шеңберінен шығып, нарықтық қатынастардың басқа субъектілерімен өзара әрекеттесу қажеттілігімен байланысты. Шығындарды азайту –компанияның өнімділікті арттыру, ысырапты жою және шығындарды қатаң бақылау арқылы бәсекелестеріне қарағанда төмен шығындарға ие болу мүмкіндігі. Өз саласында шығындарды азайту, бәсекелестік артықшылық беретін, бірегей өнімдер мен қызметтерге қарағанда төмен сату бағасы ұсыну - нарықтағы көптеген ұйымдар ұмтылатын әрекеттер. Кәсіпорынды басқарудың стратегиясы мен нәтижелері туралы әртүрлі көзқарастар, компанияның стратегиялық мәселелерді шешуі туралы әртүрлі идеялар бар. Тиімді нарыққа бағдарланған корпоративтік менеджментті құру түбегейлі жаңа құралдарды, демек, стратегиялық басқару есебінде қолданылатын заманауи әдістерді үнемі жетілдіруді және енгізуді талап етеді [6].

Жаһандық бәсекелестіктің, тұтынушылардың өнім мен қызметтерге деген талаптарының өсуі стратегиялық шығындарды басқарудың жаңа тәсілдерін пайдалану компанияға тұрақты бәсекелестік артықшылыққа және жоғары қаржылық және нарықтық көрсеткіштерге қол жеткізуге мүмкіндік береді.



2 - сурет. Стратегиялық басқару үшін ақпарат көздері

Ескерту – [7] әдебиет негізінде құрастырылған

2 -Суретте көрсетілгендей басқарудың стратегиялық есебін ұйымдастыру және оның әр бөлімімен байланыс жүйелілігі мен күрделілігі барлық деңгейлерде стратегиялық мақсаттарды анықтайды.

Стратегиялық басқару шешімдерін қабылдауға арналған ақпарат кәсіпорындағы өндіріс процесі мен оның нәтижелері туралы мәліметтерді қамтиды. Ұзақ мерзімді перспективада қажетті ақпаратпен қамтамасыз ете отырып, ұйымның жалпы бәсекелестік стратегиясын қолдауға бағытталуы керек.

Стратегиялық талдаудың негізгі әдістері мен жүйелеріне мыналар жатады:

Стратегиялық шығындарды басқару – компанияның ресурстық әлеуетін сыртқы ортаның мүмкіндіктері мен қауіптерімен салыстыру негізінде стратегиялық шығындар туралы шешімдерді қабылдау және жүзеге асыру процесі.

Стратегиялық бизнес бөлімдердің тұжырымы - қызметтің белгілі бір түріне жауапты немесе нақты функцияларды орындайтын компания бөлімшелерінің анықтамасы.

STEP талдау кәсіпорынның қызметіне әсер ететін әлеуметтік (S), технологиялық (T), экономикалық (E) және саяси (P) факторларды талдау құралы болып табылады. Талдаудың бұл түрі сыртқы орта деректері негізінде нарықта не болып жатқанын бағалауға мүмкіндік береді.

SWOT талдау –компанияның күшті және әлсіз жақтарын анықтайтын талдау әдісі, ол артықшылықтарды (Strength), кемшіліктерді (Weakness), сыртқы ортаның қолайлы факторларын (Opportunities) және сыртқы ортаның қауіптерін (Troubles) талдаудан тұрады.

Портердің құн тізбегі моделі – бұл құн өндірілетін және шығындар пайда болатын стратегиялық өзара байланысты тоғыз қызметтің тізбегі. Олардың ішінде бастапқы (жеткізу, инвентарлық қорлар, материалдар, өндіріс, сақтау және жылжыту, сату және маркетинг, дилерлік қолдау және сатудан кейінгі қызмет көрсету) және қосалқы (инфрақұрылым, жоспарлау, қаржы, ақпараттық және заң қызметтері; технология, ғылыми-зерттеу, өнімді әзірлеу, дизайн, адам ресурстарын дамыту) қызмет түрлері бар.

Қазіргі жоғары бәсекелестік жағдайында стратегиялық шешімдерді ақпараттық-талдамалық қамтамасыз ету үшін басқарушылық есептің жаңа әдістері қажет. Бұл әдістердің комбинациясы әдетте стратегиялық басқару есебі деп аталады. Оның басты ерекшелігі – ұйым қызметінің сыртқы факторларын талдауға және оның стратегиялық жоспарына бағытталған [8].

Біздің ойымызша, стратегиялық басқару есебінің қажеттілігін келесі себептермен түсіндіруге болады:

- талдау фокусын ішкі ортадан ұйымды жанжақты дамытуды көздеп отырған сыртқы іскерлік ортаға ауыстыру;

- сыртқы іскерлік ортаның өзгеруіне байланысты басқару шешімдерін қабылдау жылдамдығының артуы;

- кәсіпорынның ағымдағы және стратегиялық қызметі арасындағы мұқият ойластырылған қарым-қатынастың қажеттілігі, өйткені стратегиялық басқару есебі негізгі мақсаттарға қол жеткізуді нақты көрсеткіштер жүйесінде білдіреді;

- кәсіпорынның даму стратегиясын өзгерту қажеттілігін анықтау;

- басқарушылық есептің жаңа әдістерінің пайда болуы.

Стратегиялық басқарушылық есептің нарықтық бағыттылығы сыртқы ортаның бәсекелестік позициясы мен мүмкіндіктері туралы ақпаратты жүйелеуге, жинауға және өңдеуге қайта бағдарлануына ықпал етеді. Табысты стратегияның негізі - тұрақты бәсекелестік артықшылықтарды жасау және күтпеген жағдайларға, күшті бәсекелестікке, одан туындайтын ішкі мәселелерге қарамастан табысты жұмыс істей алатын кәсіпорын құру.

Стратегия бірнеше қажетті элементтерді қамтиды. Қазіргі уақытта стратегиялық басқарушылық есеп концепциясын бухгалтерлік және талдамалық тәсіл ретінде ғана емес, бизнесті одан әрі кеңейту және дамыту үшін жоғары сапалы және икемді басқарудың ажырамас элементі ретінде қарастыру керек [9].

Қорытынды. Стратегиялық басқару есебі күрделі сала болып табылады, өйткені

компания басшылығы көптеген дәстүрлі және жаңа есеп әдістерін түсінуі керек. Стратегиялық есепті жүзеге асыру кезінде компания басшылығы тап болуы мүмкін қиындықтар:

- басқарушылық есеп жүйесін автоматтандырудың төмен деңгейі;

- бухгалтерлік есеп пен жедел басқару шешімдерінің өзара байланысының нысандары мен көрсеткіштерін әзірлеудің күрделілігі;

- стратегиялық мақсаттар мен міндеттерді жүзеге асыру үшін ақпаратты таңдаудың еңбек сыйымдылығы.

Жүргізілген зерттеулер негізінде, стратегиялық басқару есебі ұйымның толыққанды қызметі үшін маңыздылығы анықталды:

- стратегиялық есеп пен талдау ұйымның бәсекеге қабілеттілігін арттырудың құралы болып табылады;

- бизнес жүргізу барысында есеп жүйесінің тиімділігі артады;

- стратегиялық есеп пен талдаудың әдістері мен тәсілдерін қолдану тиімділігі ұйымның іскерлік қызметте мақсаттарына қол жеткізуге мүмкіндік береді;

- ұйымның стратегиялық бағыттарының ақпараттық негізі болып табылады.

Стратегиялық есеп басқару есебінің маңызды бөлігі, ол кәсіпорын басшылығына компанияның дамуына әсер ететін ұзақ мерзімді шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді. Кәсіпкерге өз компаниясының жағдайын және дамуын генерациялау үшін ресурстарды қалай дұрыс бөлуге болатынын түсіну үшін де осы стратегиялық есептің маңызы ерекше. Стратегиялық есеп әрбір бизнес сегментінің қаржылық деректерін анықтайды және әр саланы дамытуға қанша қаражат жұмсалатынын, болжамды кіріс мөлшерін көрсетеді [10].

Осы деректерге сүйене отырып, басшылық рентабельді емес аймақтарды жабу, жарнамалық бюджетті қайта бөлу және кадрлық өзгерістер туралы шешім қабылдай алады. Стратегиялық басқару есебі күрделі сала, өйткені кәсіпорын басшылығы көптеген дәстүрлі және жаңа есеп әдістерін түсінуі керек.

Әдебиеттер

1. Глущенко А.В., Яркова И.В., Стратегический учет: учебник и практикум для бакалавриата, специалитета и магистратуры. -М.: Издательство Юрайт, 2017. - 240 с. ISBN 978-5-534-05061-5.

2. Dixon R., & Smith D., Strategic management accounting // Omega. -1993. -Vol.21(6). -P.605-618. DOI 10.1016/0305-0483(93)90003-4.

3. Попова Л.А.,Каренова Г.С.Управленческий учет -1 Учебник -Караганда: 2016. - 272 с. ISBN 978-601-80533-9-9.

4. Тайгашинова К.Т. Углубленный управленческий учет: учебник.- Алматы: Экономика, 2014. - 184 с. ISBN 978-601-225-625-3.

5. Нургазина Ж.К. Управленческий учет: Учебник – Астана, 2014. -411с. ISBN: 978-601-289-126-3.

6. Алданиязов К.Н. Управленческий учет и анализ: Учебное пособие. - Алматы: Нур-пресс, 2008. – 368 с. - ISBN 9965-813-32-9.

7. Кузьмина М.С., Акимова Б.Ж. Управление затратами предприятия (организации): учебное пособие. – М.: КНОРУС, 2015. - 310 с. ISBN 978-5-406-10524-5.

8. Тайгашинова К.Т. Управленческий учет - Алматы: ТОО «Издательство LEM», 2010. - 350 с. - ISBN 978-601-239-117-6.

9. Виханский, О.С. Стратегическое управление: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Гардарика, 1999. – 296 с. ISBN 5-8297-0021-2.

10. Казакова Н.А. Современный стратегический анализ: учебник и практикум - М. Издательство Юрайт, 2016. - 502 с. ISBN 978-5-9916-6785-2.

References

1. Glushhenko A.V., Jarkova I.V., Strategicheskij uchet: uchebnik i praktikum dlja bakalavriata, specialiteta i magistratury. -M.: Izdatel' stvo Jurajt, 2017. - 240 s. ISBN 978-5-534-05061-5 [in Russian]

2. Dixon R., & Smith D., Strategic management accounting // Omega. -1993. -Vol.21(6). -P.605-618. DOI 10.1016/0305-0483(93)90003-4 [in Russian]

3. Popova L.A.,Karenova G.S.Upravlencheskiy uchet -1 Uchebnik - Karaganda: 2016. – 272 s. ISBN 978-601-80533-9-9

4. Tajgashinova K.T. Uglublennyj upravlencheskij uchet: uchebnik.- Almaty: Jekonomika, 2014. – 184 s. ISBN 978-601-225-625-3

5. Nurgazina Zh.K. Upravlencheskij uchet: Uchebnik - Astana, 2014. -411s. ISBN: 978-601-289-126-3. [in Russian]

6. Aldanijazov K.N. Upravlencheskij uchet i analiz: Uchebnoe posobie. - Almaty: Nur-press, 2008. – 368 s. ISBN 9965-813-32-9

7. Kuz' mina M.S., Akimova B.Zh. Upravlenie zatratami predprijatija (organizacii): uchebnoe posobie. - M.: KNORUS, 2015. – 310 s. ISBN 978-5-406-10524-5

8. Taygashinova K.T. Upravlencheskiy uchet – Almaty: TOO «Izdatel' stvo LEM», 2010. - 350 s. - ISBN 978-601-239-117-6

9. Vihanskij O.S. Strategicheskoe upravlenie: Uchebnik. – 2-e izd., pererab. i dop. - M.: Gardarika, 1999. – 296 s. ISBN 5-8297-0021-2 [in Russian]

10. Kazakova N.A. Sovremennyy strategicheskiy analiz: uchebnik i praktikum – M. Izdatel' stvo Yurayt, 2016. - 502 s. ISBN 978-5-9916-6785-2

Авторлар туралы мәліметтер

Искакова М.С.- PhD, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, Семей, Қазақстан, email: mis0508@mail.ru;

Ибраева А.К. – экономика ғылымдарының кандидаты, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, Семей, Қазақстан, email: Zeretai@mail.ru;

Акишева Д.М. -PhD, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» КеАҚ, Семей, Қазақстан, email: Dana_m@mail.ru.

Information about the authors

Iskakova M.S. - PhD, Shakarim University of Semey, Kazakhstan, email: mis0508@mail.ru;

Ibraeva A.K. - candidate of economic sciences Shakarim University of Semey, Kazakhstan, email: Zeretai@mail.ru;

Akisheva D.M.- - PhD, Shakarim University of Semey, Kazakhstan, email: Dana_m@mail.ru.

МРНТИ 06.75.13 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-911**

ЦИФРОВИЗАЦИЯ КАК ФАКТОР УСПЕХА УПРАВЛЕНИЯ ИТ-ПРОЕКТАМИ В КАЗАХСТАНЕ

[1]А.У. Кукетаева✉, [1]Г.С. Муханова, [1]А.Ж. Турегельдинова, [2]А.К. Мустафина

[1]Satbayev University, Алматы, Казахстан,
[2]Международный Университет информационных технологий, Алматы, Казахстан
✉Корреспондент-автор: asel.k@mail.ru

На фоне стремительных изменений в сфере технологий цифровизация всё чаще рассматривается как один из ключевых факторов, влияющих на успешное управление ИТ-проектами. В казахстанском контексте особую роль в этом процессе играет государственная программа «Цифровой Казахстан». Её реализация способствует внедрению современных цифровых решений в различные секторы экономики. Вместе с тем, на практике цифровизация сопровождается рядом трудностей: ощущается нехватка профессиональных кадров, наблюдается дисбаланс в развитии цифровой инфраструктуры между регионами, а участие управленческого звена в цифровых инициативах остаётся на низком уровне.

Цель проведённого исследования - понять, как цифровизация влияет на эффективность управления ИТ-проектами в условиях Казахстана. В рамках работы был организован опрос среди специалистов в области проектного менеджмента, а для анализа данных использовались методы количественной статистики, в том числе регрессионный анализ, ANOVA и хи-квадрат. Результаты показали, что на уровень цифровизации существенно влияет вовлечённость руководства - этот фактор оказался гораздо более значимым, чем профессиональный опыт самих менеджеров проектов.

В итоге исследование подтверждает: без активной поддержки цифровых инициатив на уровне руководства трудно рассчитывать на успешную реализацию ИТ-проектов. Стратегическое участие управленцев способно ускорить внедрение цифровых решений и повысить общую результативность цифровой трансформации в Казахстане.

Ключевые слова: цифровизация, ИТ-проекты, управление проектами, Казахстан, цифровая трансформация, вовлеченность руководства, эффективность проектов.

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ IT-ЖОБАЛАРДЫ БАСҚАРУДЫҢ ТАБЫСТЫ ФАКТОРЫ РЕТІНДЕ ЦИФРЛАНДЫРУ

[1]Ә.У.Көкетаева✉, [1]Г.С.Муханова, [1]Ә.Ж.Төрегелдинова, [2]А.К.Мустафина

[1]Satbayev University, Алматы, Қазақстан,
[2]Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан,
e-mail: asel.k@mail.ru

Технологиялық өзгерістердің қарқыны күннен-күнге артып келе жатқан қазіргі жағдайда цифрландыру IT-жобаларды тиімді басқарудың негізгі тетіктерінің бірі ретінде алға шығады. Қазақстанда бұл үдеріс «Цифрлық Қазақстан» мемлекеттік бағдарламасы аясында жүзеге асырылып, ел экономикасын жаңғыртуға және заманауи цифрлық шешімдерді енгізуге айтарлықтай ықпал етуде. Алайда оң өзгерістерге қарамастан, цифрландыру бірқатар өзекті мәселелермен бетпе-бет келіп отыр. Атап айтқанда, жоғары білікті кадрлардың жетіспеушілігі, цифрлық инфрақұрылымның аймақтар арасында тең дәрежеде дамымауы және басшылық деңгейінде цифрлық бастамаларға жеткіліксіз қолдау көрсетілуі - бұл саланың дамуын тежейтін басты факторлар ретінде көрініс табуда.

Осы зерттеу жұмысы Қазақстандағы цифрландырудың IT-жобаларды басқару тиімділігіне нақты қандай әсер ететінін саралауға бағытталды. Жоба менеджерлері арасында сауалнама жүргізіліп, алынған деректер негізінде регрессиондық талдау, ANOVA және хи-квадрат секілді статистикалық әдістер қолданылды. Нәтижелер көрсеткендей, ұйым басшылығының цифрлық трансформация үдерісіне

белсенді араласуы цифрландыру деңгейіне тікелей ықпал етеді. Ал жобалық менеджерлердің кәсіби тәжірибесі жобаның табысына шешуші әсер ете бермейтінін аңғартты.

Жүргізілген зерттеу негізінде ұйымдардағы цифрландыру бастамаларын жоғарғы деңгейде қолдау қажеттігі анық байқалады. Бұл IT-жобалардың нәтижелілігін арттыруға және Қазақстанда цифрлық өзгерістерді жеделдетуге нақты мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: цифрландыру, IT-жобалар, жобаларды басқару, Қазақстан, цифрлық трансформация, басшылықтың қатысуы, жобалық тиімділік.

DIGITALIZATION AS A SUCCESS FACTOR IN IT PROJECT MANAGEMENT IN KAZAKHSTAN

[1]A.U.Kuketayeva✉, [1]G.S.Mukhanova, [1]A.Zh.Turegeldinova, [2]A.K.Mustafina

[1]Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,
[2]IITU, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: asel.k@mail.ru

In today' s landscape of rapidly evolving technology, digitalization has emerged as a significant factor contributing to the success of IT project management. Within Kazakhstan, the *Digital Kazakhstan* initiative has taken on a central role in driving economic transformation by enabling the adoption of cutting-edge digital tools and systems. Nonetheless, despite considerable progress, the digitalization journey continues to face a set of persistent challenges — notably, a lack of skilled professionals, disparities in digital infrastructure across regions, and limited involvement of senior management in digital transformation initiatives.

The purpose of this study is to explore how digitalization influences the effectiveness of IT project management in Kazakhstan. To achieve this, a survey was carried out targeting professionals in project management roles, and a range of statistical methods were employed to analyze the data - including regression analysis, ANOVA, and the chi-square test. The findings reveal that the active participation of management has a strong and measurable impact on the level of digitalization achieved, whereas the length of experience held by project managers does not appear to be a decisive factor.

Ultimately, the results highlight the importance of strategic engagement from leadership teams in supporting digital initiatives. Strengthening such support can improve the outcomes of IT projects and help accelerate the broader digital transformation across Kazakhstan.

Keywords: digitalization, IT project management, Kazakhstan, digital transformation, leadership engagement, project outcomes.

Введение. На фоне стремительного технологического прогресса цифровизация постепенно превращается в один из ключевых факторов, обеспечивающих устойчивость и конкурентоспособность организаций в самых разных сферах экономики. Сегодня успешная реализация ИТ-проектов практически невозможна без внедрения цифровых решений - они позволяют упростить внутренние процессы, повысить рациональность использования ресурсов и наладить более эффективное взаимодействие между всеми участниками проектов.

В казахстанских реалиях цифровизация получила статус одного из важнейших национальных приоритетов. Это отражено в государственной программе «Цифровой Казахстан», основная цель которой - не только ускорение темпов экономического роста, но и улучшение повседневной жизни населения. Программа охватывает широкий спектр направлений: от внедрения цифровых технологий в ключевые отрасли экономики до развития цифровых компетенций у граждан и создания современной инновационной инфраструктуры.

Тем не менее, несмотря на прикладываемые усилия, внедрение ИТ-проектов в условиях циф-

ровой трансформации сопровождается рядом существенных трудностей. Наиболее остро ощущается нехватка специалистов с актуальными цифровыми компетенциями, особенно в регионах, где развитие инфраструктуры зачастую отстаёт от потребностей. Также стоит отметить слабую интеграцию современных технологий в традиционные отрасли экономики, а в ряде случаев - и отсутствие достаточной нормативно-правовой базы, способной поддержать цифровые инициативы. Все эти факторы затрудняют реализацию ИТ-проектов и тормозят общее продвижение цифровизации.

Исследование данной темы представляется особенно важным в текущих условиях, поскольку своевременное выявление и устранение подобных барьеров может способствовать формированию более действенных подходов к управлению ИТ-проектами. Это, в свою очередь, повысит их эффективность и создаст условия для ускорения цифровых преобразований в Казахстане.

По своей сути цифровизация - это не просто внедрение технологий, а комплексный процесс, охватывающий все уровни организационной деятельности. Её задачи заключаются в том, чтобы повысить производительность, упростить внутренние процедуры и обеспечить более тесное взаимодействие между всеми участниками проектов. Особенно заметно её значение в управлении ИТ-проектами, где всё чаще применяются цифровые инструменты: автоматизированные системы, аналитические платформы и среды для совместной работы. Эти решения позволяют ускорить планирование, сделать контроль более прозрачным и упростить реализацию задач на каждом этапе проекта.

На международной арене уже накоплен значительный опыт, демонстрирующий преимущества цифровизации. Исследования показывают, что использование таких технологий, как искусственный интеллект, блокчейн, облачные платформы и системы анализа больших данных, существенно увеличивает вероятность успешного завершения проектов. Эти инструменты становятся неотъемлемой частью профессионального набора современного проектного менеджера.

Понятие критических факторов успеха (Critical Success Factors, CSF) охватывает ключевые условия, без которых трудно рассчитывать на положительный исход ИТ-проектов. В условиях активной цифровой трансформации к таким факторам всё чаще относят следующие элементы:

- наличие в организации чётко сформулированной цифровой стратегии;

- высокий уровень цифровой грамотности персонала;

- доступ к современным цифровым инструментам и платформам;

- эффективное управление изменениями, возникающими в процессе цифровизации;

- активное участие и поддержка со стороны топ-менеджмента.

Существующие проектные подходы - такие как PRINCE2, PMBOK и Agile - адаптируются к условиям цифровой среды, позволяя учитывать специфику новых технологий и ускоряющихся процессов.

Практика в разных странах демонстрирует, что цифровизация способна существенно повысить эффективность управления проектами. Ведущие технологические компании, включая Amazon и Google, активно используют цифровые инструменты и аналитические решения для планирования, контроля и реализации своих проектов. В государствах с развитой цифровой культурой, таких как Южная Корея и Сингапур, цифровые технологии стали неотъемлемой частью бизнес-процессов, включая управление ИТ-направлением. Для Казахстана изучение и адаптация таких успешных кейсов может сыграть важную роль в ускорении собственной цифровой трансформации.

Данная статья посвящена анализу того, как цифровизация влияет на эффективность управления ИТ-проектами в Казахстане. Особое внимание уделяется возможностям повышения результативности за счёт внедрения цифровых подходов и инструментов.

В рамках поставленной цели были определены

следующие задачи:

1. Рассмотреть теоретические основы цифровизации и её влияние на проектное управление в ИТ-сфере.

2. Оценить текущий уровень цифровизации в Казахстане и его отражение на ключевых элементах управления проектами.

3. Определить наиболее значимые факторы успеха ИТ-проектов, связанные с цифровыми преобразованиями.

4. Разработать практические рекомендации для казахстанских компаний по интеграции цифровых решений в проектную деятельность.

Литературный обзор. В последние годы цифровизация стала одним из ключевых факторов, влияющих на успешное управление ИТ-проектами в Казахстане. Данная статья рассматривает основные направления и результаты исследований в этой области. Программа «Цифровой Казахстан», утвержденная в 2017 году, направлена на ускорение темпов развития экономики и улучшение качества жизни населения через использование цифровых технологий. В рамках этой программы реализуются проекты, ориентированные на развитие цифровой инфраструктуры, повышение цифровой грамотности населения и внедрение инновационных решений в различных отраслях экономики [1]. Цифровизация оказывает значительное влияние на методы и подходы в управлении проектами.

В статье «Управление проектами в условиях цифровой трансформации Казахстана» [2] рассматриваются изменения, происходящие в подходах к управлению проектами в условиях активного внедрения цифровых технологий. Авторы обращают внимание на то, что традиционные методы управления требуют адаптации к новым условиям. Особый акцент сделан на необходимости интеграции цифровых инструментов и платформ, что, по мнению исследователей, способствует росту эффективности и гибкости проектного управления.

В свою очередь, работа под названием «IT-услуги в Казахстане: динамика и возможности цифровизации промышленности» [3] фокусируется на развитии ИТ-сектора и его влиянии на промышленную цифровизацию. В ходе анализа авторы приходят к выводу, что рост информационных и компьютерных услуг создаёт благоприятную основу для дальнейшей цифровой трансформации в промышленности. Тем не менее, несмотря на позитивную динамику, в процессе цифровизации сохраняются определённые сложности. К числу наиболее значимых проблем относятся дефицит квалифицированных ИТ-кадров, необходимость обновления существующей инфраструктуры, а также потребность в адаптации законодательных и регуляторных механизмов к новым технологическим условиям.

В статье «Цифровизация через призму проектного управления» [4] подчеркивается важность стратегического подхода и системного внедрения цифровых технологий для преодоления указанных препятствий. В исследовании «Оценка влияния информационных технологий на эффективность государственного управления» [5] анализируются теоретические и прикладные аспекты влияния ИТ на государственное управление. Исследования подчёркивают, что грамотное применение информационных технологий может значительно повысить как прозрачность, так и результативность государственных процессов.

Так, в работе «Влияние цифровых технологий на экономику Казахстана» [6] делается акцент на том, что цифровые решения играют принципиально важную роль в сохранении национального суверенитета - как в технологическом, так и в информационном аспекте. Авторы подчёркивают необходимость активного и продуманного внедрения цифровых инструментов, рассматривая это как основу для устойчивого экономического роста страны.

В другой публикации [7] рассматривается оригинальный подход к проектному управлению: предлагается модель, в которой распределение функций между цифровыми платформами и командой осуществляется более гибко. Такой подход, по мнению авторов, повышает шансы на успешную реализацию проектов в рамках цифрового менеджмента.

Авторы исследования [8] анализируют, как

цифровая трансформация влияет на организационные модели управления. Особое внимание они уделяют тому, насколько важна чёткая структура и адаптивность в условиях неопределённости, особенно на ранних стадиях проекта.

В статье [9] рассмотрен вопрос о том, как цифровизация и стандартизация процессов могут положительно сказаться на качестве выполнения проектов в различных отраслях. Авторы подчёркивают, что именно сочетание этих подходов обеспечивает более высокую управляемость и эффективность.

Обобщая имеющиеся публикации, можно заключить, что цифровизация действительно оказывает серьёзное влияние на успешность управления ИТ-проектами в Казахстане. Национальные программы и инициативы формируют благоприятную среду для развития цифровых процессов. Однако, чтобы этот потенциал реализовался в полной мере, необходимо преодолеть существующие ограничения: улучшить инфраструктуру, закрыть кадровые пробелы и привести нормативную базу в соответствие с требованиями времени. Продолжение интеграции цифровых решений в практику управления остаётся приоритетной задачей для устойчивого развития отрасли.

Материалы и методы. В исследовании использовалась онлайн-анкета. Опрос был анонимным и проводился в 2025 году январь/февраль. Исследовательская группа была проектные менеджера ИТ-проектов, с опытом работы более 3-х лет. Для сбора данных использовался инструмент Google Forms. В течение месяца было собрано 31 полностью заполненных электронных опросов. Респондентов попросили оценить представленные потенциальные элементы, влияющие на успех проекта.

Респондентам было предложено ответить о своем последнем завершённом ИТ-проекте. Анкета состояла из четырёх разделов и включала вопросы, направленные на анализ влияния цифровизации на успешность управления проектами.

Раздел 1. Общая информация о респонденте. Включал вопросы о профессиональном опыте, отрасли работы и используемых методологиях управления проектами.

Раздел 2. Влияние цифровизации на управление проектами.

Целью этого раздела было исследование степени цифровизации в организациях и определение её влияния на ключевые аспекты проектного управления. Опрос помог зафиксировать, как цифровые инструменты и процессы внедряются на практике и насколько они помогают в достижении проектных целей.

Раздел 3. Ключевые факторы успеха ИТ-проектов.

В этом блоке акцент был сделан на выявление наиболее значимых условий, способствующих успешной реализации ИТ-проектов. Участникам опроса предлагалось оценить влияние различных факторов, таких как доступ к технологиям, квалификация персонала, управленческие подходы и поддержка со стороны руководства.

Раздел 4. Заключительные вопросы.

Финальная часть анкеты включала открытые вопросы. Здесь респонденты могли свободно выразить свои взгляды на основные сложности, с которыми сталкиваются организации при цифровизации, и предложить конкретные пути улучшения управления ИТ-проектами в условиях казахстанской реальности.

Собранные ответы легли в основу анализа взаимосвязей между уровнем цифровой зрелости, управленческой поддержкой, профессиональной подготовкой сотрудников и конечной результативностью ИТ-проектов.

Для обработки и интерпретации данных были использованы различные методы: корреляционный анализ, SWOT-анализ, регрессионный анализ, а также дисперсионный анализ (ANOVA), что позволило оценить статистическую значимость выявленных зависимостей.

Гипотезы исследования:

- H1: Высокая вовлеченность руководства **положительно влияет** на успешность управления ИТ-проектами.

- H2: Развитая цифровая инфраструктура **способствует** успешному внедрению цифровых тех-

нологий.

- H3: Квалификация ИТ-специалистов **повышает** эффективность управления ИТ-проектами.

- H4: Опыт проектного менеджера **может усиливать** влияние цифровых факторов на успех проектов.

Для статистической обработки данных была рассмотрена исследовательская модель Рисунок 1.



Рис.1 - Исследовательская модель

Примечание - Разработано авторами

Таблица 1 - «Регрессионный анализ»

Переменная	Бета-коэффициент (β)	p-value	Значимость
Вовлеченность руководства	0.6607	0.0001	Статистически значимо
Цифровая инфраструктура	0.4213	0.003	Статистически значимо
Квалификация ИТ-специалистов	0.503	0.000	Статистически значимо
Опыт менеджера	0.189	0.213	Не значимо
Примечание – Разработано авторами			

Обсуждение и результаты. После обработки данных и проведения статистического анализа (корреляционный анализ, регрессионный анализ, ANOVA и хи-квадрат тест) мы можем сделать следующие выводы по каждой из гипотез:

H1: Высокая вовлеченность руководства положительно влияет на успешность управления ИТ-проектами. Подтверждено

Регрессионный анализ (Таблица 1) показал, что вовлеченность руководства оказывает силь-

ное положительное влияние на уровень цифровизации (коэффициент корреляции 0.725, p-value < 0.001). Это означает, что чем больше руководство поддерживает цифровизацию, тем выше вероятность успешного завершения ИТ-проекта. Руководителям организаций следует активно участвовать в процессах цифровизации, выделять ресурсы и стратегически поддерживать ИТ-инициативы.

H2: Развитая цифровая инфраструктура способствует успешному внедрению цифровых технологий - подтверждено.

Анализ показал, что уровень цифровизации напрямую связан с доступностью технологических решений и качеством существующей инфраструктуры. Там, где организации располагают современными цифровыми ресурсами, проекты в сфере ИТ демонстрируют значительно лучшие результаты (p-value < 0.05). Это подтверждает: для повышения эффективности ИТ-проектов компаниям стоит уделить внимание обновлению цифровой инфраструктуры, включая внедрение облачных сервисов, интернет-технологий и автоматизированных платформ.

H3: Квалификация ИТ-специалистов влияет на эффективность управления проектами - подтверждено.

Респонденты, обладающие более высокой цифровой компетентностью, как правило, давали положительную оценку цифровизации в своих организациях. В тех случаях, где уровень подготовки персонала оставался низким, внедрение технологий сопровождалось затруднениями. Таким образом, инвестиции в обучение сотрудников, развитие их цифровых навыков и реализация программ повышения квалификации являются необходимыми условиями для успешной цифровой трансформации.

H4: Опыт проектного менеджера усиливает влияние цифровых факторов на успех проекта - не подтверждено.

Результаты корреляционного анализа (см. Таблицу 2) показали, что стаж работы менеджера не оказывает существенного влияния на степень цифровизации или успех проекта (p-value > 0.05). Как опытные, так и менее опытные руководители демонстрировали схожие оценки. При этом наибольшее значение имели вовлечённость руководства, качество цифровой инфраструктуры и подготовленность специалистов. Следовательно, хотя управленческий опыт остаётся важным, он не является определяющим фактором в контексте цифровой трансформации.

Таблица 2 - «Корреляционный анализ»

Переменные	Коэффициент корреляции (r)	p-value	Вывод
Вовлеченность руководства → Уровень цифровизации	0.725	0.0001	Сильная положительная связь
Опыт менеджера → Уровень цифровизации	0.0387	0.8511	Связь отсутствует
Примечание – Разработано авторами			

Подтверждены гипотезы H1, H2 и H3 - вовлеченность руководства, цифровая инфраструктура и квалификация ИТ-специалистов значительно влияют на успешность управления ИТ-проектами.

H4 (влияние опыта менеджера) не подтверждена - опыт не является решающим фактором, а вовлеченность руководства играет более важную роль.

Результаты проведённого опроса показывают, что эффективность управления ИТ-проектами в Казахстане во многом определяется уровнем

цифровой зрелости организаций, степенью вовлечённости и стратегическим видением руководства, а также профессиональной подготовкой проектных команд. В то же время респонденты указали на наличие серьёзных ограничивающих факторов. В частности, были отмечены недостаточное финансирование и настороженное отношение к переменам, которое проявляется на разных уровнях.

Для того чтобы повысить успешность реализации ИТ-проектов, необходимо уделить больше внимания развитию цифровых навыков среди сотрудников, инвестировать в обновление технологической инфраструктуры и переходить к более гибким моделям управления, способным адаптироваться к быстро меняющимся условиям.

Выводы. Роль цифровизации в повышении эффективности управления ИТ-проектами в Казахстане трудно переоценить. Хотя за последние годы в этой сфере достигнут определённый прогресс, остаются проблемы, требующие системного подхода. Среди них - необходимость модернизации инфраструктуры, усиление подготовки специалистов и более широкое внедрение современных технологических решений. Решение этих задач открывает перед казахстанскими компаниями возможности для более успешной реализации ИТ-проектов и усиления их позиций в условиях глобальной конкуренции.

Проведённое исследование позволило установить, что существует прямая связь между уровнем цифровизации и результативностью проектного управления. Помимо этого, в работе предложены конкретные рекомендации, направленные на повышение эффективности ИТ-проектов в текущих условиях. В перспективе целесообразно углубить анализ, уделяя особое внимание региональным различиям и новым технологическим трендам, которые продолжают активно формировать ландшафт ИТ-отрасли.

На основании полученных данных можно рекомендовать организациям усилить участие руководства в процессах цифровой трансформации. Это включает инвестиции в развитие инфраструктуры, обучение ИТ-кадров и поддержку инициатив, связанных с внедрением цифровых инструментов. При этом сам по себе профессиональный опыт менеджера не может гарантировать успех проекта - без поддержки на уровне организации он теряет значительную часть своей эффективности.

Литература

1. Программа «Цифровой Казахстан». URL: https://www.tadviser.ru Статья: Цифровой_Казахстан.- Дата обращения:10.01.2025.

2. Сембин А.Б. Управление проектами в условиях цифровой трансформации Казахстана // Вестник университета Туран. - 2021. - №3.- С.229-234. DOI 10.46914/1562-2959-2021-1-3-229-234.

3. Притворова Т.П., Абзалбек Е.Ж., Кизимбаева А. IT-услуги в Казахстане: динамика и возможности цифровизации промышленности // Экономика, предпринимательство и право. -2020. – Т.10 (11). - С.2727-2744. DOI 10.18334/epp.10.11.111088

4. Карпин А. Цифровизация через призму проектного управления // Интернет-издание о бизнесе, стартапах и IT-технологиях. - 2021 URL: https://er10.kz .-Дата обращения: 12.01.2025.

5. Оразгалиева Ш.О., Тажиева С.К. Оценка влияния информационных технологий на эффективность государственного управления // Вестник университета Туран. -2023. -№2.- с.234-247. DOI 10.46914/1562-2959-2023-1-2-234-247.

6. Хамраева Р.А., Сыздыкбаева К.Г. Влияние цифровых технологий на экономику Казахстана // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. - 2020. – Т.1(1). С.-211-213.DOI 10.54309/IJICT.2020.1.1.068.

7. Калязина Е.Г. Цифровой менеджмент в управлении проектами // Креативная экономика. - 2021. -Т.15 (12). - С.4747-4766. DOI 10.18334/ce.15.12.113858.

8. Тихонов А.И., Сазонов А.А. Особенности трансформации систем управления проектами в среде цифрового бизнеса //Вестник академии знаний.-2020.-Т.2(37).- С.331-336 DOI 10.24411/2304-6139-2020-10187.

9. Пирумов С.С., Соклакова И.В., Соклаков И.Е. Стандартизация управления проектами в условиях цифровизации // Вестник университета. -2023. - №6. - С.5-11 DOI 10.26425/1816-4277-2023-6-5-11.

References

1. Programma «Cifrovoj Kazahstan». URL: https://www.tadviser.ru Stat'ja: Cifrovoj_Kazahstan.- Data obrashhenija:10.01.2025. [in Russian]

2. Sembin A.B. Upravlenie proektami v uslovijah cifrovoj transformacii Kazahstana // Vestnik universiteta Turan. - 2021. - №3.- S.229-234. DOI 10.46914/1562-2959-2021-1-3-229-234. [in Russian]

3. Pritvorova T.P., Abzalbek E.Zh., Kizimbaeva A. IT-uslugi v Kazahstane: dinamika i vozmozhnosti cifrovizacii promyshlennosti // Jekonomika, predprinimatel' stvo i pravo. -2020. – T.10 (11). - S.2727-2744. DOI 10.18334/epp.10.11.111088. [in Russian]

4. Karpin A. Cifrovizacija cherez prizmu proektnogo upravlenija // Internet-izdanie o biznese, startapah i IT-tehnologijah. - 2021 URL: https://er10.kz .-Data obrashhenija: 12.01.2025. [in Russian]

5. Orazgalieva Sh.O., Tazhieva S.K. Ocenka vlijanija informacionnyh tehnologij na jeffektivnost' gosudarstvennogo upravlenija // Vestnik universiteta Turan. -2023. -№2.- s.234-247. DOI 10.46914/1562-2959-2023-1-2-234-247. [in Russian]

6. Hamraeva R.A., Syzdykbaeva K.G. Vlijanie cifrovyh tehnologij na jekonomiku Kazahstana // Mezhdunarodnyj zhurnal informacionnyh i kommunikacionnyh tehnologij. - 2020. – T.1(1). S.-211-213.DOI 10.54309/IJICT.2020.1.1.068. [in Russian]

7. Kaljazina E.G. Cifrovoj menedzhment v upravlenii proektami // Kreativnaja jekonomika. - 2021. -T.15 (12). - S.4747-4766. DOI 10.18334/ce.15.12.113858. [in Russian]

8. Tihonov A.I., Sazonov A.A. Osobennosti transformacii sistem upravlenija proektami v srede cifrovogo biznesa //Vestnik akademii znanij.-2020.-T.2(37).- S.331-336 DOI 10.24411/2304-6139-2020-10187. [in Russian]

9. Pirumov S.S., Soklakova I.V., Soklakov I.E. Standartizacija upravlenija proektami v uslovijah cifrovizacii // Vestnik universiteta. -2023. - №6. - S.5-11 DOI 10.26425/1816-4277-2023-6-5-11. [in Russian]

Сведения об авторах

Кукетаева А. У. докторант PhD., Satbayev University, Алматы, Республика Казахстан, e-mail: asel.k@mail.ru;

Муханова Г.С.- кандидат технических наук, доцент, ассоциированный профессор, Satbayev University, Алматы, Казахстан, e-mail: g.mukhanova@satbayev.university;

Турегельдинова А.Ж. - Кандидат экономических наук, Доктор PhD, Satbayev University, Алматы, Қазақстан, e-mail: a.turegeldinova@satbayev.university;

Мустафина А.К.- кандидат технических наук, доцент, ассоциированный профессор, Международный Университет информационных технологий, Алматы, Казахстан, e-mail: amustafina@iitu.edu.kz.

Information about the authors

Kuketayeva A. U. - PhD. student, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: asel.k@mail.ru;

Mukhanova G. S. - Candidate of technical sciences, associate professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: g.mukhanova@satbayev.university;

Turegeldinova A. Zh. - Candidate of Economic Sciences, PhD, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: a.turegeldinova@satbayev.university;

Mustafina A. K. - Candidate of technical sciences, associate professor, International IT University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: amustafina@iitu.edu.kz.

МРНТИ: 65.01.84 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-968**

ТРАНСФОРМАЦИЯ «ЗЕЛЕНЫХ» ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Г.К. Хакимов, М. Б. Икрами
Технологический университет Таджикистана, Душанбе, Таджикистан
Корреспондент автор: gafurjon-68@mail.ru

В данной научной статье рассматриваются процессы трансформации пищевой промышленности Республики Таджикистан в контексте внедрения «зеленых» технологий и цифровизации. Проведен анализ ключевых проблем отрасли, включая рост выбросов CO_2, дефицит продовольствия и экологическую нагрузку производств. В работе применены методы статистического анализа, сравнительного анализа международного опыта внедрения устойчивых технологий и аналитические подходы к оценке эффективности цифровизации. Представлены динамические показатели внедрения «зеленых» технологий и цифровых решений в пищевой промышленности Таджикистана за 2013–2023 гг., а также сравнительный анализ с ведущими мировыми странами, такими как Германия и Франция. В заключении даны рекомендации по ускоренной модернизации отрасли и внедрению стратегий устойчивого развития.

Ключевые слова: тренд, пищевая промышленность, индустриализация, «зеленая» экономика, колаборация, продовольственная безопасность, энергоэффективность, возобновляемые источники энергии, конкурентоспособность.

ЦИФРЛАНДЫРУ ЖАҒДАЙЫНДА АЗЫҚ-ТҮЛІК ӨНЕРКӘСІБІНДЕГІ «ЖАСЫЛ» ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ТРАНСФОРМАЦИЯЛАУ

Г.К.Хакимов, М. Б.Икрами
Тәжікстан Технологиялық университеті, Душанбе, Тәжікстан,
e-mail: gafurjon-68@mail.ru

Бұл ғылыми мақалада Тәжікстан Республикасының азық-түлік өнеркәсібіндегі «жасыл» технологиялар мен цифрлықтандыру үдерістерінің трансформациясы қарастырылады. Саланың негізгі мәселелері, соның ішінде CO_2 шығарындыларының өсуі, азық-түлік тапшылығы және өндірістің экологиялық жүктемесі талданды. Зерттеуде статистикалық талдау әдістері, тұрақты технологияларды енгізудің халықаралық тәжірибесін салыстырмалы талдау және цифрлықтандыру тиімділігін бағалау әдістері қолданылды.2013-2023 жылдар аралығында Тәжікстанның азық-түлік өнеркәсібінде «жасыл» технологиялар мен цифрлық шешімдерді енгізудің динамикалық көрсеткіштері ұсынылып, Германия мен Франция сияқты әлемдік жетекші елдермен салыстырмалы талдау жасалды. Қорытындыда саланы жедел жаңғырту және тұрақты даму стратегияларын енгізу бойынша ұсыныстар берілді.

Түйін сөздер: тренд, азық-түлік өнеркәсібі, индустрияландыру, «жасыл» экономика, коллаборация, азық-түлік қауіпсіздігі, энергия тиімділігі, жаңартылатын энергия көздері, бәсекеге қабілеттілік.

TRANSFORMATION OF ”GREEN” TECHNOLOGIES IN THE CONDITIONS OF DIGITALIZATION OF THE FOOD INDUSTRY

G.K Khakimov, M.B.Ikrami
Technological University of Tajikistan, Dushanbe, Republic of Tajikistan,
e-mail: gafurjon-68@mail.ru

This scientific article examines the processes of transformation of the food industry in the Republic of Tajikistan in the context of the introduction of ’ green’ technologies and digitalization. An analysis of

key industry issues, including the growth of CO_2 emissions, food shortages, and the environmental impact of production, was conducted. The study employs methods of statistical analysis, comparative analysis of international experience in the implementation of sustainable technologies, and analytical approaches to assessing the effectiveness of digitalization. Dynamic indicators of the introduction of ' green' technologies and digital solutions in Tajikistan's food industry for the period 2013–2023 are presented, along with a comparative analysis with leading global countries such as Germany and France. The conclusion provides recommendations for accelerating industry modernization and implementing sustainable development strategies.

Keywords: trends, food industry, industrialization, ' green' economy, collaboration, food security, energy efficiency, renewable energy sources, competitiveness.

Введение. В условиях трансформации экономики реальный сектор – промышленность - переживает значительные изменения, связанные с модернизацией и диверсификацией. Промышленные предприятия играют ключевую роль в экономике государства, формируя более 26% ВВП страны [1]. При этом развитие отрасли сопровождается как экономическими, так и экологическими вызовами, связанными с индустриализацией и техногенным воздействием на окружающую среду.

На глобальном уровне устойчивое развитие промышленности является стратегическим приоритетом, однако индустриализация сопровождается рядом негативных последствий, включая деградацию экосреды городов, рост выбросов CO_2, загрязнение тяжелыми металлами и повышение заболеваемости населения [2]. Среди ключевых вызовов современной промышленности можно выделить:

- ухудшение экологической ситуации в мегаполисах;

- высокий уровень промышленных выбросов CO_2 и иных загрязнителей;

- рост заболеваний, связанных с экологическими факторами (ОРВИ, гипертония, кожные заболевания и др.);

- загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами и токсичными отходами;

- нехватку квалифицированных кадров в промышленных секторах;

- недостаточное сотрудничество между вузами и промышленными предприятиями;

- низкую инвестиционную активность в стратегически важные отрасли [3].

В пищевой промышленности данные вызовы приобретают особое значение, так как производство продуктов питания напрямую влияет на здоровье населения. Основные проблемы данной отрасли включают:

1. Чрезмерная очистка сырья, приводящая к потере жизненно важных нутриентов (например, удаление витаминов группы В при переработке пшеницы, фосфатидов из растительных масел) [4].

2. Использование пищевых добавок для улучшения характеристик продукции, не всегда безопасных для здоровья [5].

3. Загрязнение окружающей среды отходами пищевой промышленности, содержащими тяжелые металлы и токсичные соединения [6].

4. Дефицит продовольствия, особенно в развивающихся странах, и снижение потребления важных продуктов (мясо, рыба, овощи, фрукты), приводящее к "скрытому голоду" – нехватке микроэлементов и нутриентов [7].

Для решения указанных проблем необходим переход к "зеленым технологиям" – экологически ориентированным методам производства, снижающим негативное воздействие на окружающую среду. В 2008 году ООН инициировала программу "Green Economy Initiative", направленную на стимулирование развития экологически чистых и энергоэффективных технологий во всех секторах экономики, включая промышленность, сельское хозяйство и управление отходами [8].

Таким образом, трансформация пищевой про-

мышленности с учетом принципов ”зеленой экономики” требует научного обоснования и внедрения инновационных технологий, обеспечивающих безопасность и ресурсосбережение на всех этапах производства. Введение новых технологических процессов, использование возобновляемых источников энергии и разработка функциональных продуктов, обогащенных полезными компонентами, являются приоритетными направлениями устойчивого развития отрасли [9].

Материалы и методы. В рамках исследования использованы методы статистического анализа, сравнительный анализ международного опыта внедрения «зеленых» технологий, а также аналитические подходы к оценке эффективности цифровизации в пищевой промышленности.

Методы статистического анализа. Статистический анализ был проведен на основе официальных данных о выбросах CO_2, уровня внедрения «зеленых» технологий и цифровизации в пищевой промышленности Республики Таджикистан. Основные параметры исследования включали (таблица 1):

- динамику выбросов CO_2 в пищевой промышленности за 2013- 2023 гг.;

- долю предприятий, использующих возобновляемые источники энергии;

- долю цифровизированных предприятий в отрасли.

Таблица 1 - Динамика внедрения «зеленых» технологий в пищевой промышленности Таджикистана

Год	Доля предприятий, использующих «зеленые» технологии (%)	Доля цифровизированных предприятий (%)	Среднегодовой рост выбросов CO_2 (%)
2013	15	5	2.1
2015	20	10	2.4
2017	28	18	2.6
2019	35	26	2.9
2021	40	34	3.2
2023	45	42	3.5

Анализ представленных данных демонстрирует устойчивую тенденцию роста доли предприятий, использующих «зеленые» технологии в пищевой промышленности Таджикистана. В 2013 году только 15% предприятий отрасли использовали экологически чистые технологии, тогда как к 2023 году этот показатель увеличился до 45%, что свидетельствует о постепенной трансформации отрасли в направлении устойчивого развития.

Среднегодовой темп роста данного показателя за десятилетний период составил около 3% в год, что указывает на позитивную динамику, но недостаточную для быстрого перехода на экологически чистое производство. В странах с более развитой экологической политикой аналогичный показатель превышает 60–70%, что свидетельствует о наличии значительных резервов для роста.

Факторы, влияющие на рост внедрения «зеленых» технологий в Таджикистане:

- Развитие законодательной базы. Введение новых норм и стандартов стимулирует предприятия к переходу на устойчивые технологии.

- Инвестиции в возобновляемые источники энергии. В последние годы увеличивается доля предприятий, использующих солнечную и гидроэнергетику.

- Поддержка со стороны международных организаций. Различные программы содействия «зе-

леной» экономике помогают привлекать инвестиции в данную сферу. Одновременно с внедрением «зеленых» технологий наблюдается рост уровня цифровизации предприятий отрасли. В 2013 году лишь 5% предприятий использовали цифровые решения, однако к 2023 году этот показатель увеличился до 42%. Данный рост обусловлен следующими факторами:

- внедрение автоматизированных систем управления производством;

- развитие цифровых платформ для логистики и контроля качества продукции;

- использование «умных» датчиков и аналитики больших данных для мониторинга состояния производства.

Обсуждение и результаты. Средний темп роста цифровизации составил ≈4% в год, что является положительной тенденцией, однако уровень цифровизации все еще отстает от мировых стандартов, где данный показатель в пищевой промышленности может достигать 50-70%. Дальнейшее развитие цифровых решений в отрасли позволит повысить эффективность использования ресурсов, сократить издержки и минимизировать отходы.

Несмотря на увеличение доли предприятий, использующих «зеленые» технологии и цифровые решения, уровень выбросов углекислого газа продолжает расти. В 2013 году среднегодовой темп роста выбросов CO_2 составлял 2,1%, тогда как в 2023 году он достиг 3,5%. Это свидетельствует о недостаточной эффективности предпринимаемых мер по сокращению загрязнений.

Факторы, способствующие росту выбросов CO_2:

- рост производственных мощностей пищевой промышленности;

- ограниченная доступность современного экологического оборудования;

- низкий уровень энергоэффективности существующих предприятий;

- задержки в модернизации старых промышленных объектов.

Таблица 2 - Международный опыт внедрения «зеленых» технологий в пищевой промышленности

Страна	Уровень внедрения «зеленых» технологий (%)	Основные меры	Снижение выбросов CO_2 (%)
Германия	75	Энергоэффективные технологии, утилизация отходов, возобновляемые источники энергии	12
Франция	68	Оптимизация технологических процессов, модернизация предприятий, снижение углеродного следа	10
Таджикистан	45	Внедрение солнечной и гидроэнергии, частичная модернизация пищевых производств	5

Таким образом, несмотря на положительные тенденции внедрения устойчивых технологий и цифровизации, экологическая нагрузка пищевой промышленности остается значительной. Для достижения реального сокращения выбросов необходим комплексный подход, включающий:

- ускоренную модернизацию предприятий с заменой устаревшего оборудования на энергоэффективные установки;

- увеличение инвестиций в возобновляемые источники энергии;

- применение более строгих экологических нормативов и налогов на выбросы.

Анализ представленных данных показывает, что пищевой сектор Таджикистана активно движется в направлении устойчивого развития.

Сравнительный анализ международного опыта внедрения «зеленых» технологий.

Для оценки внедрения «зеленых» технологий в пищевой промышленности были выбраны три страны: Германия, Франция и Таджикистан. Сравнительный анализ основан на данных по уровням внедрения технологий и их влиянию на снижение выбросов (таблица 2).

Проведенный сравнительный анализ показывает, что уровень внедрения «зеленых» технологий в пищевой промышленности значительно варьируется в зависимости от экономического развития страны, доступности ресурсов и государственной поддержки. В таблице представлены показатели Германии, Франции и Таджикистана, отражающие их текущие стратегии и результаты в области устойчивого производства.

1. Германия: лидер в использовании «зеленых» технологий.

Германия демонстрирует самый высокий уровень внедрения экологически чистых технологий в пищевой промышленности - 75% предприятий отрасли активно используют «зеленые» технологии. Это объясняется следующими факторами:

- энергоэффективность как государственный приоритет - Германия активно инвестирует в модернизацию предприятий, внедрение энергоэффективных решений и использование экологически чистых технологий на всех этапах пищевого производства;

- расширенная система утилизации и переработки отходов- применяются технологии вторичной переработки органических отходов, биогазовые установки, компостирование, что позволяет минимизировать негативное воздействие на окружающую среду;

- использование возобновляемых источников энергии - многие предприятия переходят на солнечную, ветровую и биогазовую энергетику, снижая зависимость от ископаемого топлива;

- жесткие экологические стандарты - в стране действуют строгие нормативы, регулирующие выбросы парниковых газов, использование воды и управление отходами.

В результате принятых мер Германия добилась снижения выбросов CO_2 на 12%, что является одним из лучших показателей среди развитых стран. Это свидетельствует о высокой эффективности внедренных технологий и строгого регулирования отрасли.

2. Франция: модернизация пищевых производств для снижения углеродного следа.

Франция также демонстрирует высокий уровень экологической трансформации пищевой промышленности - 68% предприятий используют «зеленые» технологии. Основные стратегии включают:

- оптимизацию технологических процессов - использование более энергоэффективных линий производства, интеллектуальных систем управления и автоматизированных решений позволяет сократить энергопотребление и минимизировать отходы;

- глубокая модернизация предприятий – в последние десятилетия значительные инвестиции направлены на обновление оборудования, что позволило значительно повысить экологическую безопасность производства;

- программы по снижению углеродного следа – г осударство активно стимулирует компании к использованию низкоуглеродных технологий и компенсирует затраты на внедрение энергоэффективных решений;

- развитие органического сельского хозяйства. Важную роль в пищевой промышленности Франции играет переход на органическое земледелие, что снижает нагрузку на почву, водные ресурсы и уменьшает выбросы CO_2.

Благодаря этим мерам уровень выбросов углекислого газа в пищевой промышленности страны снизился на 10%, что подтверждает эффективность комплексного подхода к экологической модернизации отрасли.

3. Таджикистан: начальный этап внедрения устойчивых технологий

В Таджикистане уровень внедрения «зеленых» технологий остается на относительно низком уровне (45%), что обусловлено рядом экономических и технологических факторов. Основные направления экологической трансформации пищевой промышленности включают:

- использование солнечной и гидроэнергии - Таджикистан обладает значительным потенциалом возобновляемых источников энергии, особенно гидроэнергии, что позволяет некоторым предприятиям частично отказаться от традиционных источников топлива;

- частичная модернизация производственных мощностей - в последние годы проводится обновление оборудования, однако процесс идет медленными темпами из-за ограниченного финансирования;

- ограниченные возможности переработки отходов – в отличие от Германии и Франции, утилизация и переработка пищевых отходов в стране развиты слабо, что увеличивает экологическую нагрузку на окружающую среду;

- недостаточный уровень экологического регулирования - в стране только начинают вводиться законодательные нормы, стимулирующие предприятия к переходу на «зеленые» технологии.

В результате уровень снижения выбросов CO_2 в пищевой промышленности Таджикистана составляет всего 5%, что указывает на необходимость более активных мер по экологической модернизации отрасли.

Анализ международного опыта показывает, что успешное внедрение «зеленых» технологий в пищевой промышленности зависит от ряда факторов:

1. Государственной поддержки. В Германии и Франции разработаны детальные программы субсидирования и налогового стимулирования предприятий, переходящих на устойчивое производство.

2. Инвестиционной активности. Развитые страны вкладывают значительные ресурсы в модернизацию пищевой промышленности, в то время как в Таджикистане этот процесс требует более масштабного финансирования.

3. Развитости инфраструктуры переработки отходов. Высокий уровень утилизации органических отходов в Германии и Франции способствует снижению экологической нагрузки, тогда как в Таджикистане этот сегмент развит недостаточно.

4. Широкого применения возобновляемых источников энергии. Германия и Франция активно используют солнечную, ветровую и биогазовую энергетику, что значительно сокращает выбросы CO_2. В Таджикистане пока только начинается переход на возобновляемую энергетику.

Аналитические подходы к оценке эффективности цифровизации.

Для оценки эффективности цифровизации пищевой промышленности Таджикистана были использованы ключевые показатели, такие как:

- уровень автоматизации производственных процессов;

- влияние цифровизации на сокращение затрат и повышение производительности;

- доля предприятий, использующих умные системы управления.

Цифровизация пищевой промышленности является одним из ключевых направлений её модернизации, способствующих повышению эффективности производства, снижению издержек и минимизации негативного воздействия на окружающую среду. В период с 2013 по 2023 год наблюдается устойчивый рост доли цифровизированных предприятий в пищевой промышленности Таджикистана.

Анализ представленных данных показывает, что если в 2013 году уровень цифровизации составлял 5%, то к 2023 году он увеличился до 42%, что свидетельствует о значительном прогрессе в данном направлении. Среднегодовой темп роста цифровизации в отрасли составил ≈4% в год, что является положительной тенденцией, но при этом данный показатель остается ниже, чем в ведущих странах, где уровень цифровизации достигает 50-70%.

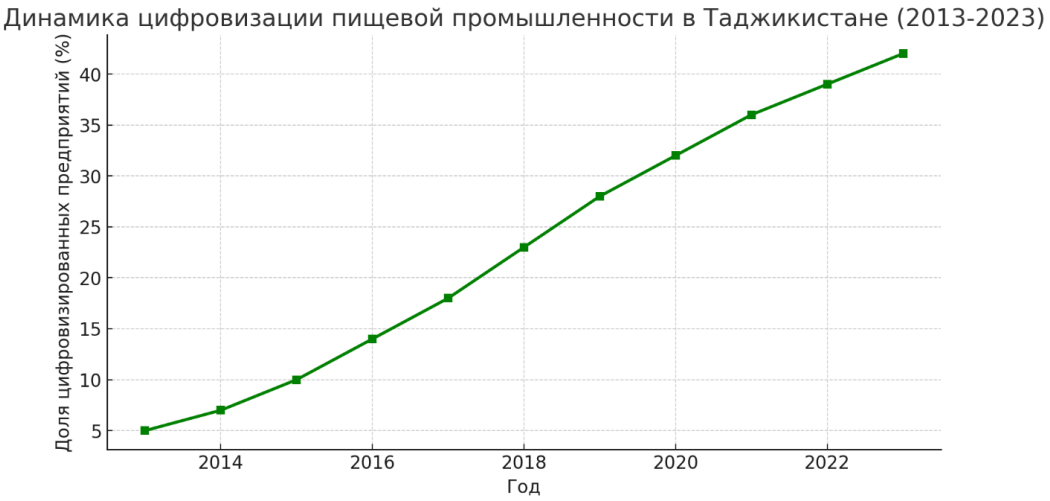


Рис.1 - Динамика цифровизации пищевой промышленности в Таджикистане (2013-2023)

График 1 иллюстрирует экспоненциальный рост цифровизации, что обусловлено несколькими ключевыми факторами:

- увеличением количества автоматизированных производственных линий на крупных предприятиях;

- внедрением цифровых систем управления качеством и логистикой;

- ростом популярности «умных» датчиков и технологий Интернета вещей (IoT);

- развитием электронных платформ для управления поставками и продажами.

Этапы цифровизации

2013 - 2017 гг.: Начальный этап цифровизации. В этот период цифровизация развивалась медленно, так как предприятия только начинали внедрять информационные технологии в производственные процессы. В 2013 году лишь 5% предприятий использовали цифровые решения, а к 2017 году этот показатель достиг 18%. Основными причинами медленного роста являлись:

- высокая стоимость внедрения цифровых технологий;

- недостаточное количество квалифицированных кадров в сфере автоматизации и информационных технологий;

- ограниченные инвестиции в модернизацию производства.

2017- 2021 гг.: Активное внедрение цифровых решений. За этот период наблюдается более быстрый рост уровня цифровизации. В 2019 году доля цифровизированных предприятий достигла 26%, а к 2021 году - 34%. Ключевыми факторами роста стали:

- развитие государственных программ поддержки цифровой трансформации промышленности;

- расширение использования автоматизированных систем управления производством (MES, ERP);

- повышение интереса бизнеса к оптимизации затрат за счёт внедрения цифровых решений;

2021- 2023 гг.: Ускоренная цифровая трансформация. В этот период уровень цифровизации вырос с 34% до 42%, что указывает на ускорение темпов внедрения цифровых технологий. В этот период широкое распространение получили:

- роботизированные линии производства, которые позволили значительно сократить трудозатраты и повысить точность технологических процессов;

- автоматизированные системы мониторинга выбросов и энергопотребления, что позволило предприятиям снижать экологическую нагрузку;

- цифровые маркетинговые платформы, позволяющие автоматизировать работу с клиентами и увеличивать конкурентоспособность.

Анализ динамики цифровизации пищевой промышленности в Таджикистане с 2013 по 2023 год показывает устойчивый рост внедрения цифровых технологий, что способствует повышению эффективности и конкурентоспособности отрасли.

Нормативно - правовая основа для реализации стратегических целей внедрения "зеленых" технологий в Таджикистане.

Республика Таджикистан имеет важные предпосылки для внедрения «зеленых технологий» и превращения экономики в «зеленую». Так, по официальным данным, преобладающее большинство территории Республики Таджикистан на 93% состоит из горных регионов, где концентрированы экологически чистые воды и возобновляемые источники энергии. На территории страны формируется 64% водных ресурсов Центральной Азии из более 13 тыс. ледников и 1000 рек с общим потенциалом 527 млрд. кВт/ч. Электроэнергия в основном вырабатывается за счет возобновляемых источников энергии. Этому процессу соответствует благоприятный географический климат страны с 280 – 330 солнечными днями и общей интенсивностью солнечного излучения более 2000 кВт/м, что несомненно благоприятно для использования солнечной энергии и оно по сравнению с ведущими странами Евросоюза в 2 раза больше. По официальным расчетным данным общий потенциал страны составляет около 25,16 кВт/ч в год, что может обеспечит от 60 - 80% от общей потребности населения в течение 10 месяцев в году по всей страны.

Следует отметить, что в Республике Таджикистан (РТ) уже имеется нормативно - правовая основа для реализации стратегических целей внедрения "зеленых" технологий. Правительством Республики Таджикистан принят ряд основополагающих законодательных актов, в том числе законы Республики Таджикистан «О безопасности пищевых продуктов», «Об обеспеченности населения обогащенными продуктами», принята Стратегия развития "зеленой" экономики в РТ на период 2023-2030 годы (Постановление Правительства РТ от 30.09.2022г., № 482) и другие международные правовые акты, признанные Республикой Таджикистан.

Вышеперечисленные нормативно-правовые акты акцентированы на мерах проведения институциональных реформ по всей вертикали власти, промышленных предприятий и вузов, привлечении внутренных и внешних инвестиций, внедрении инновационных технологий и всемерное укрепление международного сотрудничества с ведушими компаниями и вузами в сфере "зеленой" экономики, превентивной государственной поддержке научно - исследовательских работ, связанных с использованием зеленых ресурсоэнергосберегающих технологий (по приоритетным направлениям) и отдачей/возвратом затрат.

Реализация правовых актов непосредственно будет способствовать обеспечиванию устойчивого социально-экономического роста во всех сферах пищевой промышленности, улучшению экологически благоприятной среды, повышению уровня жизни и соответственно долголетию жителей страны.

Одним из ключевых задач успешного внедрения «зеленой» технологии с учетом цифровизации пищевых предприятий, несомненно, является подготовка высококвалифицированных кадров с адаптированными гибкими знаниями с учетом требований реалий времени и быстроизменяющиеся рынка труда. Отраслевые вузы страны обязаны вести политику несомненной диверсификации структуры управления и организации новых специальностей, отвечающих требованиям «зеленой» технологии с учетом цифровизации пищевых отраслей. Колаборативно вести правильную систему работ с ведущими пищевыми предприятиями, обеспечить устойчивую академическую мобильность профессорско-преподавательского состава и студентов всех ступеней образования (бакалавры, магистранты, докторанты PhD) за счет средств вуза и международных образовательных проектов и фондов (Дурахшандагон, Эрасмуз+, GIZ, Маски, Фулбрайт и др.), изучение международного передового опыта с колаборативной разработкой гибких Образовательных программ с учетом дуального образования. Планирование и обеспечение устойчивой совместной деятельности цепочки вуз + предпри-

ятия с обеспечением выпуска конкурентной продукции профилактического и функционального назначения из местных трав и растений, соблюдая требований обеспечения продовольственной безопасности.

С учетом вышеизложенного, в условиях трансформации «зеленой» технологии и цифровизации пищевых отраслей наиболее адаптированным вузом страны является Технологический университет Таджикистана (ТУТ), имеющий богатый опыт многолетней колаборативной деятельности с ведущими пищевыми предприятиями страны, вузами Евросоюза и других экономически развитых стран.

На рынке образовательных услуг ТУТ входит в десятку лучших вузов Таджикистана и является самым первым (пилотным) вузом по внедрению кредитной технологии образования и успешно реализуемой поныне с ведущими вузами стран Евросоюза и Центральной Азии. Имеется взаимные договора с более 100 вузами стран мира. Пять специальностей вуза имеют международные сертификаты соответствия качества по Европейским ESG стандартам.

В условиях цифровизации актуально и важно создание цепочки отношений вуз + предприятия, целью которой является систематическое и эффективное внедрение информационно - коммуникационной технологии по всей цепочке, включающую подготовку кадров, переработку и производство конкурентной пищевой продукции, что, соответственно, ведет к повышению производительности, обеспечению благоприятной мотивационной среды, оптимизации технологических процессов, контролю за всеми технологическими процессами производства продукции, уменьшению участия работников в травмоопасных участках и операциях, дистанционному управление всеми технологическими процессами, легкости автоматизации и роботизации всего технологического процесса с учетом складских работ, легкой и более точной обработке и анализа базы данных, повышения эффективности и прибыльности предприятия, улучшению социальной и климатической среды рабочих, легкости адаптации к выпуску ассортиментов продукций по требованиям «халяль».

Период пандемии четко определил, насколько пищевые предприятия страны нуждаются к реорганизации и трансформации, и она выявила их наиболее слабые стороны, подтолкнула на активные действия по оптимизации производства и внедрению инновационных технологий. Современные цифровые технологии, внедряемые на пищевые предприятия, предполагают поддерживать стабильность цепочки технологического производства. Основное внимание будет обращено на качество готового продукта и их безопасность. С большой долей вероятности предполагаем, что стандартные требования к выпуску ассортимента продукций будут ужесточены, потребители более требовательны, что подталкивает к новым решениям и привлечению новых ресурсов. Способность подстраиваться к изменчивой и гибкой экономике - основное качество для таких категорий пищевых предприятий.

Внедрение бесконтактных технологических операций способствует развитию гибкости производства и, несомненно, выпуску качественной и безопасной продукции, а соответственно и повышению производительности труда предприятия.

Процесс цифровизации должен осуществляться постепенно, не нужно избавляться от всех ранних технологических линий и процессов. Рекомендуется внедрять по отдельности, по одной линии или в зависимости от финансового состояния, по цехам и заводам. Когда цифровые нововведения практически подтвердит свою эффективность, то можно будет их применение в других цехах и заводах. За определенный период будет достигнут полный цифровой прогресс с минимальными затратами и с максимальной отдачей.

По мнению ведущих экспертов пищевой отрасли, в процедуре внедрения цифровой технологии нет никаких препятствий, кроме склонности к таким решениям самих руководителей предприятий. При этом руководители должны решать пакет проблем, относящихся непосредственно к рабочим. Они все должны быть частью процесса изменения и, несомненно, адаптированы к цифровой среде. Цифровую имплементацию надо осуществить постепенно, чтобы вес коллектив пред-

приятия смог вникнуть и понять принципы их применения.

Выводы. Таким образом, с внедрением «зеленой» технологии с учетом цифровизации пищевых предприятий и использованием возобновляемых источников энергии Таджикистан может стать лидером в Центрально-Азиатском регионе, экспортером экологически чистой сельскохозяйственной продукции и, соответственно, ассортимента пищевых продуктов. А также войдет в число стран с наименьшей концентрацией выбросов CO_2 и парниковых газов, благоприятной инфраструктурой экологического туризма, что полностью соответствует стратегическим задачам и устойчивого развития РТ. Следует отметить, что первые шаги в этом направлении уже сделаны. В Республике Таджикистан (РТ) имеются нормативно – правовая основа для реализации стратегических целей внедрения “зеленой” технологии с учетом цифровизации преприятий пищевой промышленности в виде закона РТ “Об информатизации” (от 20.11.2015г., №124), “Об электронном документе” (от 31.12.2019г., №1174), Государственная стратегия развития “Информационно-коммуникационные технологии для развития РТ” (Указ Президента РТ от 05.11.2003г., №643), Концепция формирования электронного правительства в РТ (от 30.12.2011г., №643), Концепция цифровой экономики в РТ (от 30.12.2019г., №642) и Стратегия развития “зеленой” экономики в РТ на период 2023-2030 годы (Постановление Правительства РТ от 30.09.2022г., № 482) и другие международные правовые акты, признанные Республикой Таджикистан.

Литература

1. Фиговский О.Л., Гумеров В. Зелёные технологии. Обзор новых научно-технических разработок // Электронный журнал «RELGA». – 2018. - №3 (336).

2. Волкова И.А., Леушкина В.В., Погребцова Е.А., Грицько В.В. Зеленые и бережливые технологии в инновационном развитии сельского хозяйства Омской области // Вопросы инновационной экономики. - 2022.- Т.12 (3).-С. 1787-1802. DOI 10.18334/vinec.12.3.116253.

3. Кузнецов М.Е. Возможности и риски развития зеленой экономики // Мир новой экономики.-2023. -Т.17(3).- С.6-17. DOI 10.26794/2220-6469-2023-17-3-6-17.

4. Гербер Ю.Б., Балко С.В., Якушев А.А. Цифровой формат развития пищевой промышленности в современных экономических условиях // Экономика, предпринимательство и право.- 2022.- Т.12 (5).-С.1613-1624. DOI 10.18334/epp.12.5.114677.

5. Закон Республики Таджикистан «Об информатизации», от 20.11.2015 г., №124. URL: https://www.medt.tj .- Дата обращения 23.05.2025.

6. Закон Республики Таджикистан «Об электронном документе», от 31.12.2019 г., №1174. URL: http://portali-huquqi.tj. -Дата обращения 23.05.2025.

7. Концепция формирования электронного правительства в Республике Таджикистан, от 30.12.2011 г., №643. URL: https://adlia.tj.- Дата обращения 23.05.2025.

8.Концепция цифровой экономики в Республике Таджикистан, от 30.12.2019 г., №642. URL: https://adlia.tj .- дата обращения 23.05.2025.

9. Стратегия развития “зеленой” экономики в Республике Таджикистан на период 2023-2030 годы. Постановление Правительства РТ от 30.09.2022 г., №482. URL: https://faolex.fao.org .- Дата обращения 23.05.2025.

References

1. Figovskij O.L., Gumerov V. Zeljonye tehnologii. Obzor novyh nauchno-tehnicheskih razrabotok // Jelektronnyj zhurnal «RELGA». – 2018. - №3 (336). [in Russian]

2. Volkova I.A., Leushkina V.V., Pogrebcova E.A., Gric' ko V.V. Zelenye i berezhlivye tehnologii v innovacionnom razvitii sel' skogo hozjajstva Omskoj oblasti // Voprosy innovacionnoj jekonomiki. - 2022.- T.12 (3).-S.1787-1802. DOI 10.18334/vinec.12.3.116253. [in Russian]

3. Kuznecov M.E. Vozmozhnosti i riski razvitija zelenoj jekonomiki // Mir novoj jekonomiki.-2023. - T.17(3).- C.6-17. DOI 10.26794/2220-6469-2023-17-3-6-17. [in Russian]

4. Gerber Ju.B., Balko S.V., Jakushev A.A. Cifrovoj format razvitija pishhevoj promyshlennosti v sovremennyh jekonomicheskih uslovijah // Jekonomika, predprinimatel' stvo i pravo.- 2022.- T.12 (5).-S.1613-1624. DOI 10.18334/epp.12.5.114677. [in Russian]

5. Zakon Respubliki Tadzhikistan «Ob informatizacii», ot 20.11.2015 g., №124. URL: https://www.medt.tj .- Data obrashhenija 23.05.2025. [in Russian]

6. Zakon Respubliki Tadzhikistan «Ob jelektronnom dokumente», ot 31.12.2019 g., №1174. URL: http://portali-huquqi.tj .-Data obrashhenija 23.05.2025. [in Russian]

7. Koncepcija formirovanija jelektronnogo pravitel' stva v Respublike Tadzhikistan, ot 30.12.2011 g., № 643. URL: https://adlia.tj .- Data obrashhenija 23.05.2025. [in Russian]

8. Koncepcija cifrovoj jekonomiki v Respublike Tadzhikistan, ot 30.12.2019 g., №642. URL: https://adlia.tj .- data obrashhenija 23.05.2025. [in Russian]

9. Strategija razvitija "zelenoj" jekonomiki v Respublike Tadzhikistan na period 2023-2030 gody. Postanovlenie Pravitel' stva RT ot 30.09.2022 g., №482. URL: https://faolex.fao.org .- Data obrashhenija 23.05.2025. [in Russian]

Сведения об авторах

Хакимова Г. К. - кандидат технических наук, Ассоциированный профессор, Технологический университет Таджикистана, Душанбе, Республика Таджикистан, e-mail: gafurjon-68@mail.ru;

Икрами М. Б. - кандидат химических наук, Профессор, Технологический университет Таджикистана, Душанбе, Республика Таджикистан, e-mail: darina.ikrami@mail.ru.

Information about the authors

Khakimov G.K. - PhD (TS), Associate Professor, Technological University of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan, e-mail: gafurjon-68@mail.ru;

Ikrami M.B. - PhD (ChS), Professor, Technological University of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan, e-mail: darina.ikrami@mail.ru.

МРНТИ 06.03.15 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-851**

ПРИОРИТЕТНЫЕ ОТРАСЛИ АТЫРАУСКОГО РЕГИОНА: КЛЮЧЕВЫЕ КРИТЕРИИ И ФАКТОРЫ

А.А. Жалгасбаева, С.К. Буканова, А.Н. Абдигалиева

НАО «Атырауский университет нефти и газа имени Сафи Утебаева», Атырау, Казахстан
Корреспондент-автор: a.zhalgasbayeva@aogu.edu.kz

В статье рассматриваются ключевые критерии и факторы, определяющие приоритетные отрасли экономики Атырауского региона. Особое внимание уделяется анализу промышленного сектора, включая нефтегазовую отрасль, которая занимает доминирующее положение, а также перерабатывающую промышленность, строительство и сельское хозяйство.

Проведен анализ социально-экономического развития региона за последние годы, включая динамику валового регионального продукта (ВРП), объемов промышленного производства и уровня занятости населения. Рассмотрены структурные изменения в экономике региона, влияющие на развитие приоритетных отраслей, а также влияние государственных программ и стратегий на экономическую стабильность.

Отдельное внимание уделено вопросам инновационного развития, технологического прогресса и факторов, способствующих росту ключевых отраслей. В статье представлены статистические данные, характеризующие динамику производства, инвестиционную активность и тенденции занятости в различных секторах экономики.

Также рассмотрены вызовы, с которыми сталкивается регион, включая зависимость от нефтегазового сектора, необходимость развития несырьевых отраслей, улучшения инфраструктуры и повышения уровня квалификации рабочей силы. Подчеркивается важность диверсификации экономики, увеличения объемов инвестиций в перерабатывающую промышленность, а также внедрения современных технологий в ключевые отрасли.

Научная новизна исследования заключается в разработке научно-методического подхода, позволяющего формировать приоритетные отрасли, которые позволят обеспечить рационализацию перераспределения инвестиционных потоков в развитие различных отраслей региональной экономики нефтегазодобывающего региона, с целью диверсификации и модернизации промышленности на инновационной основе, снижения уровня ее монопрофильности, реализацию социальных и экологических программ в целях повышения уровня устойчивого развития и социальной ориентации региональной экономики в условиях рынка.

Научное обоснование приоритетных направлений социально-экономического развития нефтегазодобывающих регионов является важнейшей составляющей управленческих процессов, определяющих состояние их экономики. Имеющиеся средства должны быть сконцентрированы на наиболее значимых направлениях социально-экономического развития. Выделение приоритетных направлений развития региона позволяет создать кумулятивный эффект и активизировать деятельность в смежных отраслях.

Практическая значимость определения приоритетных отраслей для региона заключается в следующем:

1. Эффективное распределение ресурсов – позволяет направить инвестиции и усилия в наиболее перспективные направления, обеспечивая рост и устойчивое развитие.

2. Диверсификация экономики – снижает зависимость от одной отрасли (например, нефтегазовой), способствуя развитию других секторов.

3. Создание рабочих мест – развитие приоритетных отраслей стимулирует занятость, особенно в высокотехнологичных и инновационных сферах.

4. Повышение конкурентоспособности региона – укрепление отраслей с высоким экспортным и инновационным потенциалом усиливает позиции региона на внутреннем и внешнем рынках.

5. Социальное развитие – способствует реализации социальных программ, улучшению качества жизни населения и повышению уровня образования.

Результаты исследования включают следующие ключевые выводы:

1. Выделены приоритетные отрасли – на основе анализа социально-экономических показателей региона определены отрасли с наибольшим потенциалом для роста (нефтегазовая промышленность, строительства и сельское хозяйство).

2. Оценено влияние приоритетных отраслей на регион – выявлено, что развитие определённых отраслей способствует снижению монозависимости, созданию рабочих мест, росту ВРП и устойчивому развитию.

3. Сформированы сведения о влиянии внешних факторов на отдельные отрасли региона (например, мировые цены на нефть, экологические аспекты), а также определено влияние государственных программ и проектов на развитие приоритетных отраслей.

В заключении делаются выводы о перспективах развития Атырауской области, возможностях диверсификации экономики и необходимости поддержки стратегически значимых отраслей. Предложены рекомендации по повышению конкурентоспособности региона за счет развития инновационного потенциала, улучшения делового климата и привлечения инвестиций в высокотехнологичные производства.

Ключевые слова: Атырауская область, региональное развитие, приоритетные отрасли экономики, промышленность, человеческий капитал, жилищное строительство.

АТЫРАУ ӨҢІРІНІҢ БАСЫМ САЛАЛАРЫ: ТҮЙІНДІ КРИТЕРИЙЛЕР МЕН ФАКТОРЛАР

А.А. Жалғасбаева✉, С.К. Бұқанова, А.Н. Әбдіғалиева

”Сафи Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті” КЕАҚ, Атырау, Қазақстан,
e-mail: a.zhalgasbayeva@aogu.edu.kz

Мақалада Атырау өңірі экономикасының басым салаларын айқындайтын негізгі критерийлер мен факторлар қарастырылады. Өнеркәсіп секторын, оның ішінде үстем жағдайға ие мұнай-газ саласын, сондай-ақ қайта өңдеу өнеркәсібін, құрылыс пен ауыл шаруашылығын талдауға ерекше назар аударылады.

Жалпы өңірлік өнімнің (ЖӨӨ) серпінін, өнеркәсіптік өндіріс көлемдерін және халықты жұмыспен қамту деңгейін қоса алғанда, өңірдің соңғы жылдардағы әлеуметтік-экономикалық дамуына талдау жүргізілді. Басым салалардың дамуына әсер ететін өңір экономикасындағы құрылымдық өзгерістер, сондай-ақ Мемлекеттік бағдарламалар мен стратегиялардың экономикалық тұрақтылыққа әсері қаралды.

Инновациялық даму, технологиялық прогресс және негізгі салалардың өсуіне ықпал ететін факторлар мәселелеріне ерекше назар аударылды. Мақалада өндіріс динамикасын, инвестициялық белсенділікті және экономиканың әртүрлі секторларындағы жұмыспен қамту тенденцияларын сипаттайтын статистикалық мәліметтер келтірілген.

Сондай-ақ, мұнай-газ секторына тәуелділікті, шикізаттық емес салаларды дамыту, инфрақұрылымды жақсарту және жұмыс күшінің біліктілік деңгейін арттыру қажеттілігін қоса алғанда, өңірдің алдында тұрған сын-қатерлер қаралды. Экономиканы әртараптандырудың, қайта өңдеу өнер-

кәсібіне инвестициялар көлемін ұлғайтудың, сондай-ақ негізгі салаларға заманауи технологияларды енгізудің маңыздылығы атап өтіледі.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы – мұнай-газ өндіруші өңірлердің экономикасын әртараптандыру және жаңғырту мақсатында инвестициялық ағындарды әртүрлі салаларға ұтымды қайта бөлуді қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін басым салаларды қалыптастыруға бағытталған ғылыми-әдістемелік тәсілді әзірлеуінде көрініс табады. Бұл тәсіл өнеркәсіптің инновациялық негізде дамуын, оның монопрофильділігін төмендетуді, сондай-ақ әлеуметтік және экологиялық бағдарламаларды іске асыру арқылы өңір экономикасының орнықты дамуы мен әлеуметтік бағыттылығын арттыруды көздейді.

Мұнай-газ өндіруші өңірлердің әлеуметтік-экономикалық дамуының басым бағыттарын ғылыми негіздеу – өңірлік экономика жағдайын айқындайтын басқарушылық процестердің маңызды құрамдас бөлігі болып табылады. Қолда бар ресурстар әлеуметтік-экономикалық дамудың неғұрлым өзекті бағыттарына шоғырландырылуы тиіс. Өңір дамуының басым бағыттарын айқындау жинақталу (кумулятивті) әсерін туындатып, оған іргелес салалардағы қызметтің белсенділігін арттыруға ықпал етеді.

Аймақ үшін басым салаларды анықтаудың практикалық маңыздылығы келесідей:

1. Ресурстарды тиімді бөлу – инвестициялар мен күш-жігерді неғұрлым перспективалы бағыттарға шоғырландыруға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде өсуді және тұрақты дамуды қамтамасыз етеді.

2. Экономиканы әртараптандыру – бір салаға (мысалы, мұнай-газ саласына) тәуелділікті төмендетіп, басқа секторлардың дамуына ықпал етеді.

3. Жұмыс орындарын құру – басым салалардың дамуы, әсіресе жоғары технологиялық және инновациялық салаларда жұмыспен қамтуды арттырады.

4. Өңірдің бәсекеге қабілеттілігін арттыру – жоғары экспорттық және инновациялық әлеуеті бар салаларды нығайту арқылы өңірдің ішкі және сыртқы нарықтардағы орнын күшейтеді.

5. Әлеуметтік даму – әлеуметтік бағдарламаларды жүзеге асыруға, халықтың өмір сүру сапасын жақсартуға және білім деңгейін көтеруге ықпал етеді.

Зерттеу нәтижелері келесі негізгі қорытындыларды қамтиды:

1. Басым салалар айқындалды – өңірдің әлеуметтік-экономикалық көрсеткіштеріне талдау жүргізу негізінде өсу әлеуеті жоғары салалар (мұнай-газ өнеркәсібі, құрылыс және ауыл шаруашылығы) анықталды.

2. Басым салалардың өңірге әсері бағаланды – жекелеген салалардың дамуы монотәуелділікті азайтуға, жұмыс орындарын ашуға, жалпы өңірлік өнімнің өсуіне және орнықты дамуға ықпал ететіні көрсетілді.

3. Сыртқы факторлардың өңірдің жекелеген салаларына әсері туралы мәліметтер жинақталды (мысалы, мұнайдың әлемдік бағасы, экологиялық аспектілер), сондай-ақ мемлекеттік бағдарламалар мен жобалардың басым салалардың дамуына ықпалы анықталды.

Қорытындыда Атырау облысының даму перспективалары, экономиканы әртараптандыру мүмкіндіктері және стратегиялық маңызы бар салаларды қолдау қажеттілігі туралы қорытындылар жасалады. Инновациялық әлеуетті дамыту, іскерлік ахуалды жақсарту және жоғары технологиялық өндірістерге инвестициялар тарту есебінен өңірдің бәсекеге қабілеттілігін арттыру бойынша ұсыныстар ұсынылды.

Түйін сөздер: Атырау облысы, өңірлік даму, экономиканың басым салалары, өнеркәсіп, адами капитал, тұрғын үй құрылысы

PRIORITY SECTORS OF THE ATYRAU REGION: KEY CRITERIA AND FACTORS

A.A. Zhalgasbayeva✉, S.K. Bukanova, A.N. Abdigalieva
Atyrau University of Oil and Gas named after Safi Utebayev, Atyrau, Kazakhstan,
e-mail: a.zhalgasbayeva@aogu.edu.kz

The article examines the key criteria and factors determining the priority sectors of the Atyrau region' s economy. Special attention is paid to the analysis of the industrial sector, including the oil and gas industry, which occupies a dominant position, as well as the processing industry, construction and agriculture.

The analysis of the socio-economic development of the region in recent years, including the dynamics of the gross regional product (GRP), industrial production and employment levels. Structural changes in the region' s economy affecting the development of priority industries, as well as the impact of government programs and strategies on economic stability, are considered.

Special attention is paid to the issues of innovative development, technological progress and factors contributing to the growth of key industries. The article presents statistical data characterizing the dynamics of production, investment activity and employment trends in various sectors of the economy.

The challenges faced by the region, including dependence on the oil and gas sector, the need to develop non-resource industries, improve infrastructure and improve the skills of the workforce, were also considered. The importance of economic diversification, increased investment in the processing industry, as well as the introduction of modern technologies in key industries is emphasized.

The scientific novelty of the research lies in the development of a scientific and methodological approach that enables the identification of priority sectors. These sectors will help ensure the rational redistribution of investment flows for the development of various industries in the regional economy of an oil and gas producing area, with the aim of diversifying and modernizing industry on an innovative basis, reducing the region' s dependence on a single industry, and implementing social and environmental programs to enhance sustainable development and the social orientation of the regional economy in a market environment.

The scientific justification of priority areas for the socio-economic development of oil and gas producing regions is a crucial component of the management processes that determine the state of their economies. Available resources should be concentrated on the most significant areas of socio-economic development. Identifying priority directions for regional development allows for a cumulative effect and stimulates activity in related sectors.

The practical significance of identifying priority industries for the region is as follows:

1. Efficient allocation of resources - allows investments and efforts to be directed to the most promising areas, ensuring growth and sustainable development.

2. Diversification of the economy - reduces dependence on one industry (for example, oil and gas), promoting the development of other sectors.

3. Job creation - the development of priority sectors stimulates employment, especially in high-tech and innovative areas.

4. Improving the region' s competitiveness - strengthening industries with high export and innovation potential strengthens the region' s position in domestic and foreign markets.

5. Social development - facilitates the implementation of social programmes, improves the quality of life of the population and raises the level of education.

The results of the study include the following key findings:

1. Priority industries are identified - based on the analysis of socio-economic indicators of the region, the industries with the highest potential for growth (oil and gas industry, construction and agriculture) were identified.

2. the impact of priority industries on the region was assessed - it was found that the development of certain industries contributes to the reduction of mono-dependence, job creation, GRP growth and sustainable development.

3. Information on the impact of external factors on individual industries in the region (e.g., world oil prices, environmental aspects) is compiled, and the impact of government programmes and projects on the development of priority industries is determined.

In conclusion, conclusions are drawn about the prospects for the development of Atyrau region, the possibilities of economic diversification and the need to support strategically important industries. Recommendations are proposed to increase the competitiveness of the region by developing innovative potential, improving the business climate and attracting investment in high-tech industries.

Keywords: Atyrau region, regional development, priority sectors of the economy, industry, human capital, housing construction

Введение. Атырауская область является одной из самых динамично развивающихся областей Казахстана, имеющей выгодное географическое положение области, где находятся уникальные запасы нефтегазового и газоконденсатного сырья, богатые месторождения калиевых и натриевых солей, строительных материалов.

Целью исследования является определение ключевых критериев и факторов, влияющих на развитие приоритетных отраслей экономики Атырауского региона, а также анализ их динамики, структуры и перспектив с учетом текущих социально-экономических условий и государственной политики. Исследование актуально в контексте реализации государственных программ, направленных на модернизацию промышленности, поддержку малого и среднего бизнеса, а также повышение инвестиционной привлекательности региона.

Реальная новизна данного исследования по сравнению с уже существующими подходами заключается в том, что обоснованы результаты исследования реальными показателями и определены положения о том, что нефтегазодобывающие регионы имеют существенные особенности в своем социально-экономическом развитии, так как общенациональное и мировое значение нефти и газа, открытость экономики, рентный характер большей части доходов таких территорий, высокая степень участия государства в регулировании развития нефтегазового сектора, а также доминирующее положение вертикально интегрированных компаний в экономике таких регионов - все это объективно накладывает отпечаток на особенности управления их социально-экономическим развитием.

Материалы и методы. Исследование основано на анализе статистических данных, нормативно-правовых документов и стратегических программ социально-экономического развития Атырауской области. В качестве источников информации использованы данные Бюро национальной статистики Республики Казахстан, региональные и отраслевые отчеты, а также материалы научных публикаций.

Результаты и обсуждение. В объеме промышленной продукции Атырауской области доля нефтегазового сектора составляет 88%. Вместе с тем, регион является важнейшим рыбопромысловым районом.

За последние пять лет численность экономически активного населения региона увеличилась и на 1 января 2024 г. составила 704,1 тыс. человек, в том числе 389,9 тыс. человек (55,4%) – городских, 314,2 тыс. человек (44,6%) – сельских жителей. Лидером по ВРП стала нефтяная Атырауская область – более 9,5 млн тенге на душу населения.

Согласно Государственной программе развития регионов на 2020–2025 годы основными отраслями экономики в перспективе Атырауской области являются углубление нефтепереработки, нефтехимии, производство строительных материалов агропромышленная и рыбные отрасли.

По мнению респондентов экономическая стабильность региона обеспечивается за счет разви-

тия сфер.

Важными отраслями экономики, которые имеют стратегическую значимость для развития области отметили 102 (17 %) чел. – сельского хозяйства, 91 (15 %) чел. – перерабатывающую отрасль, 85 (14 %) чел. – добывающую промышленность. В разрезе отраслей по итогам 2023 года большая часть работников заняты в сельском хозяйстве (12,7%) и промышленности (12,4%).

Промышленность. Основные показатели промышленности приводятся в таблице 1.

Таблица 1 - Основные показатели промышленности Атырауской области на 2018–2023 годы [1].

№	Показатели	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1	Число предприятий и производств (ед.)	363	396	395	394	291	415
2	Индекс физического объема промышленного производства, в процентах к предыдущему году	110,6	105,4	94,5	102,8	97,9	111,2
3	Объем производства промышленной продукции, млрд. тенге	7 077,5	7 888,1	5 174,8	8 557,6	13 133,7	10 815

С 2018 по 2022 года сохранялась положительная динамика показателей социально-экономического развития области (таблица 2). По итогам 2022 года объем производства промышленной продукции составил 13 133,7 млрд. тенге. Хотя количество предприятий сократилось на 72 ед.

В 2023 году объем производства промышленной продукции в регионе снизился на 2318,7 млрд. тенге по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. В горнодобывающей промышленности произведено продукции на 10 047,3 млрд тенге, индекс физического объема – 111,5%. В обрабатывающей промышленности объем продукции составил 696,1 млрд тенге или 106,5%.

Энергетический шок 2022 года, экономические трудности, возникшие в разных регионах, стремительный рост цен на энергоносители, который невозможно было представить два года назад, и геополитические конфликты – все это в совокупности подтолкнуло многие компании к пересмотру стратегий энергетического перехода.

В рамках такого пересмотра делается вывод, что энергетический переход должен предполагать обеспечение энергетической безопасности – то есть наличия энергоресурсов в надлежащих объемах и по разумным ценам – чтобы заручиться поддержкой населения и избежать серьезных экономических осложнений.

В 2023 году произведено промышленной продукции на сумму 10 815 028 млн. тенге, из них в горнодобывающей отрасли на 9 851 177 млн. тенге (91 % от общего объема) и снизился на 2318720 млн. тенге по сравнению с аналогичным периодом прошлого года и в обрабатывающей на 791136 млн. тенге (9%) и вырос на 118297 млн. тенге соответственно.

В горнодобывающей промышленности и разработке карьеров в 2023 году ИПП составил 97,9 %, что обусловлено спадом добычи сырой нефти (98,0 %), природного газа (92,7 %), наблюдается рост предоставление услуг в горнодобывающей промышленности на 16,0 %.

В обрабатывающей промышленности производство увеличилось на 1,3 %. Увеличилось производство продуктов питания, переработка и консервирование рыбы, ракообразных и моллюсков, производство молочных продуктов, производство напитков, производство одежды, производство деревянных и пробковых изделий; кроме мебели, производство изделий из соломки и материалов для плетения, полиграфическая деятельность и воспроизведение записанных носите-

лей информации, производство продуктов химической промышленности, производство прочей не металлической минеральной продукции, металлургическое производство, машиностроение.

В снабжении электроэнергией, газом, паром, горячей водой и кондиционированным воздухом ИПП составил 92,6%, в основном за счет снижение объемов производства, передачи и распределения электроэнергии на 10,7 %.

В водоснабжении, сборе, обработке и удалении отходов, деятельности по ликвидации загрязнений ИПП в 2023 году составил 103,1%. Снизились объемы по сбору, обработке и распределению воды, сбору, обработке и удалению отходов; утилизации (восстановлении) материалов.

Таблица 2 - Основные показатели социально-экономического развития Атырауской области на 2018–2023 годы [2-5].

Показатели	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1. ВРП, млрд. тенге	7 818	9 327	7 795	10 627	14 236	9 682
2. млн. долларов США	22 682,3	24 369,1	18 877,2	24 945,6	30949	21094
3. в % к предыду-щему году	113,3	107,4	93,7	105,8	134	68
Валовой региональный продукт на душу населения						
4. тыс. тенге	12465,5	14 584,4	11 970,8	16 037,4	19 974,1	13 887,1
5. тыс. долларов США	36,2	38,1	30,0	37,6	44,4	31,2
Объем промышленного производства						
5. млн. тенге	7 077 540	7 888 134	5 174 828	8 557 592	13 133 748	10 815 028
6. в % к предыду-щему году	110,6	105,4	94,5	102,8	153,4	82
Горнодобывающая промышленность						
7. млрд. тенге	6 411	7 268	4 554	7 720	12 320	9 851
8. в % к предыду-щему году	111,2	104,7	94,1	101,9	159,1	80
Обрабатывающая промышленность						
9. млрд. тенге	584	525	526	704	673	791
10. в % к предыду-щему году	109,6	109,7	99,6	106,8	98,7	118

Валовой региональный продукт области в 2023 году составил 9 682,3 млрд тенге. Индекс физического объема – 109,3%.

Удельный вес области в объеме валового внутреннего продукта республики – 12,8%. ВРП на душу населения – 13 887,1 тыс. тенге.

Объем промышленной продукции составил 10 895,7 млрд тенге, индекс физического объема –

111,1%. В горнодобывающей промышленности произведено продукции на 10 047,3 млрд. тенге, индекс физического объема – 111,5%. В обрабатывающей промышленности объем продукции составил 696,1 млрд тенге или 106,5%.

Важность нефтегазовой отрасли для региона увеличивает уязвимость региональной экономики перед внешними потрясениями. В частности, сильная зависимость экономики региона от доходов, связанных с углеводородами, усугубляет ее чувствительность к колебаниям мировых цен на нефть, что находило неоднократное подтверждение в последние годы. В частности, как сокращение ВВП Атырауской области в 2020 году, так и его последующее сильное восстановление в 2021 году во многом повторяло траекторию мировых цен на нефть, а замедление роста ВВП региона в 2022-23 гг. совпало с замедлением роста цен на нефть в 2022 году и их снижением в 2023 году. Однако, несмотря на вышеуказанные факторы уязвимости, ожидается, что энергетика в целом и углеводородная отрасль в частности останется ключевым драйвером экономического роста Атырауского региона на протяжении всего прогнозного периода до 2050 года.

Однако Казахстан будет сталкиваться с растущей конкуренцией за ограниченные объемы иностранных инвестиций во всем мире (в том числе со стороны других крупных стран-производителей углеводородов). Компании инвесторы по-прежнему будут рассматривать новые возможности, но теперь они придерживаются гораздо более строгой дисциплины управления капиталом, и странам, располагающим ресурсами, будет все труднее бороться за доступные инвестиции в новые проекты. В складывающейся ситуации властям Казахстана важно принимать действенные меры – за счет продуманной фискальной и иной политики – чтобы продемонстрировать, что страна располагает «выгодными» ресурсами, разработка, добыча и транспортировка которых возможна по относительно низкой цене и с незначительным углеродным следом. Не менее важными факторами являются предсказуемая нормативная среда и своевременное принятие решений. Именно эти критерии будут играть главную роль при выборе объектов для инвестирования международными компаниями.

Таблица 3 - Основные производители сельскохозяйственной продукции Атырауской области на 2023 год [6]

№	Показатели	Количество юридических лиц	Количество ИП	Крестьянские или фермерские хозяйства
1	Атырауская обл	111	352	3 969
2	Атырау г.а.	61	75	847
3	Жылыой	8	17	464
4	Индер	9	6	464
5	Исатай	4	5	365
6	Курмангазы	4	209	642
7	Кызылкога	15	3	547
8	Макат	-	6	105
9	Махамбет	10	31	535

Сельское хозяйство является одним из важнейших источников роста для долгосрочного устойчивого развития, экономической диверсификации и повышения уровня жизни населения в Казахстане. Сельское хозяйство продолжает выполнять важную роль в экономике страны, обеспечивая продовольственную безопасность, способствуя устойчивому развитию регионов и со-

здавая рабочие места. Государство активно поддерживает этот сектор, предоставляя льготное финансирование, субсидии и другие меры для повышения конкурентоспособности агропромышленной продукции на внутреннем и внешних рынках.

Общая площадь земель Атырауской области составляет 11 863,1 тыс. га, из них земли сельскохозяйственного назначения – 2 982,6 тыс.га. Площадь лесного фонда – 56,0 тыс. га. Водные ресурсы области складываются из ресурсов реки Урал, Кигач.

Сегодня в агропромышленном секторе Атырауской области отмечается положительная динамика развития. Доля валовой добавленной стоимости сельского, лесного и рыбного хозяйства региона с 2018 года менялась незначительно (с 4,3 до 5,2%).

Действующие производители сельскохозяйственной продукции приводим в таблице 3.

В 2023 году по Атырауской области зарегистрированы 4432 организации в области сельского хозяйства, из них 3969 ед. (90%) крестьянские или фермерские хозяйства, самое большое количество которых находится в Махамбетском районе – 535.

Динамика количества занятого населения по сельскому хозяйству по Атырауской области за 2018–2023 годы приводим в таблице 4.

Таблица 4 - Количество занятого населения по сельскому хозяйству по Атырауской области за 2018-2022 годы (тыс.чел) [2, 3, 6, 7].

Показатели	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Занято в экономике, всего	304	316,3	314,5	317,7	326,7	335
Сельское, лесное и рыбное хозяйство	8	8	8	8,2	8,2	9,1

Таблица 5 - Валовый выпуск продукции (услуг) сельского хозяйства Атырауской области на 2018–2023 годы (в фактически действовавших ценах, млрд. тенге).

Показатели	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Все категории хозяйств						
1. Валовый выпуск продукции (услуг) сельского хозяйства, в том числе:	67	80	86	115	133	118
1.1 Продукция растениеводства	25	32	36	42	50	52
1.2 Продукция животноводства	40	45	48	70	81	62
1.3 Вспомогательные виды деятельности в области выра-щивания сельскохозяйственных культур и разведения животных	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,3

В 2023 году в сельском хозяйстве по региону трудятся 9144 чел. (2,7 %) из 335399 чел. активного населения [8].

В 2023 году объем производства в сельском хозяйстве составил 11,7 млрд. тенге и снизился на один млрд. тенге по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Индекс физического объема продукции 102,8 %. Высокую долю в структуре объема валовой продукции (услуг) сельского хозяйства занимает - продукция животноводства (60%) (таблица 5).

Объем валового выпуска продукции (услуг) сельского, лесного и рыбного хозяйства в январе 2024 года составил 5503,9 млн. тенге, что меньше на 5,2% чем в январе 2023 г.

В рамках Комплексного плана социально-экономического развития Атырауской области на 2021 – 2025 годы предусмотрено создание индустриальной зоны площадью 400 га, строительство завода по производству терефталевой кислоты и оптово-распределительного центра.

По развитию сельского хозяйства планируется строительство 6 теплиц, 5 откорм площадок, 3 птицефабрик, 7 прудовых хозяйств для выращивания рыб, цехов по переработке молока и другие.

К концу 2025 года ожидается увеличение объема валовой продукции сельского хозяйства региона на 11%, до 96 млрд. тенге.

Для улучшения показателей данной отрасли служили меры, направленные на повышение эффективности аграрного сектора и улучшение условий для агробизнеса.

Впервые общий объем кредитования весенне-полевых и уборочных работ доведен до 580 млрд тенге. В дополнение к имеющимся на начало года 180 млрд тенге льготного финансирования, правительство обеспечило привлечение дополнительных 400 млрд тенге для кредитования фермеров под 5% годовых. Это решает ключевую проблему отрасли – недофинансированность. Достаточное количество льготных заемных средств позволит аграриям соблюдать технологии для получения высоких урожаев.

Для упрощения получения займов был привлечен еще один канал финансирования – Социально-предпринимательские корпорации регионов. Благодаря более гибкой залоговой политике и удобству подачи заявок, этот канал стал востребованным среди заемщиков. Атырауская область заложила 15 млрд тенге на льготное кредитование весенне-полевых и уборочных работ через СПК.Для решения проблемы дефицита залогов, особенно из-за пролонгации кредитов прошлого года, введен механизм гарантирования займов через фонд «Даму». Этот механизм позволяет покрыть гарантией до 85% от суммы займа.

С марта 2024 года по поручению Главы государства внедрен механизм авансового субсидирования отечественных удобрений. Это новый стимулирующий механизм, при котором аграрии заранее обеспечиваются удешевленными отечественными удобрениями.

Строительство. Объем строительных работ в Казахстане в 2023 году составил 7,6128 триллиона тенге и по сравнению с 2022 годом увеличился на 15,1% (см.таблица 6). Увеличение объема строительных работ в 2023 году по сравнению с 2022 годом связано с работами по строительству и ремонту сооружений (на 26,4%) и жилых зданий (на 7%). Доля региона в строительной сфере республики составляет 16,3%.

Таблица 6 - Объем выполненных строительных работ и количество подрядных строительных организаций Атырауской области на 2018–2023 годы.

Показатели	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Количество подрядных строительных организаций, единиц	219	240	208	188	221	241
Объем выполненных строительных работ, млрд. тенге	638	868	873	960	1 164	1 221
Индексы физического объема строительных работ, в процентах к предыдущему году	107,4	133,8	101,1	106,6	118,4	104,8

В 2023 году в сфере строительства по региону трудятся 62715 чел. (19%) из 335 тыс. чел. активного населения (таблица 7).

Объем выполненных строительных работ Атырауской области в 2023 году 1 220 669 358 тыс. тенге. Количество подрядных строительных организаций в регионе в 2023 году 241 ед. Объем вы-

полненных строительных работ увеличился на 2 раза по сравнению с 2018 годом согласно таблице 8.

Таблица 7 - Количество занятого населения в строительстве по атырауской области за 2018-2023 годы (тыс.чел).

Показатели	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Занято в экономике, всего	304	316,3	314,5	317,7	326,7	335
Строительство	53,8	55,1	54,4	55,5	61	62,7

Таблица 8 - Объем выполненных строительных работ по формам собственности Атырауской области на 2018–2023 годы [9].

Показатели	2018	2019	2020	2021	2022	2023
1. Объем выполненных строительных работ, млрд. тенге	638	868	873	960	1 164	1 221
в том числе: государственная	27	-	-	-	-	421
частная	362	514	324	331	548	687
иностранная	276	354	548	629	616	533

Судя по структуре распределения заказов между участниками, строительный рынок в регионе принадлежит частным казахстанским (56 %) и иностранным компаниям (44 %).

Стоит отметить, что с 2018 года до 2021 года иностранные строительные фирмы увеличили свое влияние на казахстанском рынке. В 2022–2023 годы идет спад и в 2023 году они занимали долю лишь 44 %.

Фактическая стоимость строительства введенных в эксплуатацию объектов по Атырауской области в 2023 году составляет 3 278 713 417 тыс.тенге, в том числе жилые здания – 106049375 (3,2 %), нежилые здания – 2948078136 (90 %).

Большая часть денег в строительном бизнесе формируется за счет выполнения заказов на возведение нежилых зданий (90 % от общего объема).

В 2023 году средние фактические затраты на строительство 1 кв. метра общей площади жилых домов в Казахстане в городской местности (без учета жилых домов, построенных населением) составили 493 тыс.тенге, увеличившись на 13% за год. Самая высокая средняя стоимость за один квадратный метр сложилась Атырауской области – 387 тыс. тенге [10], так как кроме воды, в Атырау ничего нет, ни ПГС, ни щебня, ни цемента. Большая часть сырья, необходимого для строительства, поступает из России. Газоблок доставляется из Ирана, Актюбинской области. Многие товары поставляются из России – железо, камень, электрические кабели, стройматериалы, и нестабильность рубля тоже оказывает свое негативное влияние.

Выводы. Рассмотрев Планы развития региона и статистические отчеты нами были определены главенствующие отрасли, выступающие некими драйверами развития региональной экономики. Основными факторами, влияющими на развитие приоритетных отраслей региона являются: инновации и технологический прогресс, развитие человеческого капитала, поддержка государства, рыночные потребности и социальные и экологические требования.

Результаты проведенного исследования могут быть применены при формировании эффективной системы устойчивого развития предприятий инфраструктуры Атырауского региона, а также

в прогнозировании видов производственной инфраструктуры Республики Казахстан и её субъектов. Вместе с тем выводы и рекомендации могут найти применение и в разработке учебных программ, научно-методических пособий, а также в курсах повышения квалификации персонала и руководителей государственного управления региона.

***Финансирование**. Данное исследование финансировалось Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № BR21882382).*

Литература

1. Атырауская область - Статистика регионов РК [Электронный ресурс]. URL: Дата обращения: 20.01.2025.

2. Статистический ежегодник. Регионы Казахстана в 2022 г. Астана, 2023. URL: https://stat.gov.kz Дата обращения: 20.01.2025.

3. Статистический ежегодник Атырауской области за 2020 год. Атырау, 2021. URL: https://stat.gov.kz Дата обращения: 20.01.2025.

4. Комплексный план социально-экономического развития Атырауской области на 2021–2025 годы. [Электронный ресурс]. URL: https://adilet.zan.kz Дата обращения: 20.01.2025.

5. Концепция развития МСП Республики Казахстан до 2030 года. [Электронный ресурс]. URL: https://adilet.zan.kz -Дата обращения: 20.01.2025.

6. Краткий статистический ежегодник Департамента Бюро национальной статистики Агентства по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан по Атырауской области.2023. URL: https://stat.gov.kz Дата обращения: 20.01.2025.

7. План развития Атырауской области на 2021–2025 годы. [Электронный ресурс]. URL: https://adilet.zan.kz - Дата обращения: 20.01.2025

8. Концепция развития рынка труда Республики Казахстан на 2024–2029 годы. [Электронный ресурс]. URL: https://adilet.zan.kz Дата обращения: 20.01.2025.

9. Программа реновации жилищного фонда города Атырау на 2022-2026 года. URL: https://legalacts.egov.kz Дата обращения: 20.01.2025

10. Пояснительная записка к проекту «Об областном бюджете на 2024-2026 годы» Дата обращения: 20.01.2025

11. Национальный энергетический доклад KAZENERGY 2023. https://www.kazenergy.com .- Дата обращения: 20.01.2025

References

1. Atyrauskaya oblast’ - Statistika regionov RK [Elektronnyi resurs]. URL: https://stat.gov.kz. -Data obrashcheniya: 20.01.2025.

2. Statisticheskii ezhegodnik. Regiony Kazakhstana v 2022 g. Astana, 2023. URL: https://stat.gov.kz - Data obrashcheniya: 20.01.2025.

3. Statisticheskii ezhegodnik Atyrauskoi oblasti za 2020 god. Atyrau, 2021. URL: https://stat.gov.kz - Data obrashcheniya: 20.01.2025.

4. Kompleksnyi plan sotsial’ no-ekonomicheskogo razvitiya Atyrauskoi oblasti na 2021–2025 gody. [Elektronnyi resurs]. URL: https://adilet.zan.kz -Data obrashcheniya: 20.01.2025.

5. Kontseptsiya razvitiya MSP Respubliki Kazakhstan do 2030 goda. [Elektronnyi resurs]. URL: https://adilet.zan.kz - Data obrashcheniya: 20.01.2025.6. Kratkii statisticheskii ezhegodnik Departamenta Byuro natsional' noi statistiki Agentstva po strategicheskomu planirovaniyu i reformam Respubliki Kazakhstan po Atyrauskoi oblasti. 2023. URL: https://stat.gov.kz -Data obrashcheniya: 20.01.2025.

7. Plan razvitiya Atyrauskoi oblasti na 2021–2025 gody. [Elektronnyi resurs]. URL: https://adilet.zan.kz - Data obrashcheniya: 20.01.2025.

8. Kontseptsiya razvitiya rynka truda Respubliki Kazakhstan na 2024–2029 gody. [Elektronnyi resurs]. URL: https://adilet.zan.kz - Data obrashcheniya: 20.01.2025.

9. Programma renovatsii zhilishchnogo fonda goroda Atyrau na 2022-2026 goda. URL: https://legalacts.egov.kz - data obrashcheniya: 20.01.2025.

10. Poyasnitel' naya zapiska k proektu «Ob oblastnom byudzhete na 2024-2026 gody» https://www.gov.kz -. Data obrashcheniya: 20.01.2025.11. Natsional' nyi energeticheskii doklad KAZENERGY 2023. https://www.kazenergy.com .- Data obrashcheniya: 20.01.2025.

Сведения об авторах

Жалгасбаева А. - кандидат экономических наук, доцент, директор Института повышения квалификации и дополнительного образования Атырауского университета нефти и газа имени Сафи Утебаева, г. Атырау, Республика Казахстан, e-mail: a.zhalgasbayeva@aogu.edu.kz;

Буканова С. - магистр нефтехимии, PhD докторант, Атырауского университета нефти и газа имени Сафи Утебаева, г. Атырау, Казахстан, e-mail: s.bukanova@aogu.edu.kz;

Абдигалиева А. - магистр техники и технологии, старший преподаватель, Атырауский университет нефти и газа им. Сафи Утебаева, г. Атырау, Казахстан, e-mail: a.abdigalieva@aogu.edu.kz.

Information about the authors

Zhalgasbayeva A. - candidate of economic sciences, associate professor of the KKSON, director of the Institute of advanced training and additional education of the Atyrau oil and gas university named after Safi Utebayev, Atyrau, Republic of Kazakhstan, e-mail: a.zhalgasbayeva@aogu.edu.kz;

Bukanova S. - master of petrochemistry, PhD student, senior lecturer at the Institute of chemical engineering and ecology of Atyrau oil and gas university named after Safi Utebayev, Atyrau, Republic of Kazakhstan, e-mail: s.bukanova@aogu.edu.kz;

Abdigaliyeva A. - master of engineering and technology, senior lecturer at faculty of Information Technology, Atyrau oil and gas university named after Safi Utebayev, Atyrau, Republic of Kazakhstan, e-mail: a.abdigalieva@aogu.edu.kz.

МРНТИ 06.52.13 https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-897

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ВЕРТИКАЛЬНОГО ФЕРМЕРСТВА, НАЦЕЛЕННЫЕ НА УСТОЙЧИВОЕ ПРОИЗВОДСТВО СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

[1]Ж.С. Булхаирова, [1]А.Е. Шоман, [2]А.К. Байдаков

[1]ТОО «Astana IT University», г. Астана, Казахстан,

[2]Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина, Астана, Казахстан

Корреспондент-автор: honeyzhu@mail.ru

В статье рассмотрены вопросы интегрированной системы вертикального фермерства, нацеленные на устойчивое производство сельскохозяйственной продукции в городской среде. Основная концепция вертикального фермерства заключается в том, что оно нацелено на устойчивое развитие сельского хозяйства, обеспечение населения продовольственной безопасностью, использованием новых технологий в условиях городской среды. Интегрированные системы вертикального фермерства дает возможность фермерам получить более высокий урожай и при этом меньше затрачивая на его производство, особенно значительно уменьшаются логистические затраты по сравнению с традиционным сельским хозяйством. В ходе проведения данного исследования авторами проводился обзор зарубежного опыта развития вертикального фермерства в таких странах как: США, Китай, Сингапур, Япония. Также представлены и проанализированы статистические данные по текущему состоянию и доля рынка вертикального фермерства в мире. Авторами была также проанализирован рынок вертикального фермерства в Казахстане и приведены примеры действующих вертикальных ферм в стране. Стоит отметить, что наиболее перспективным развитием рынка вертикальных ферм в Казахстане становится в области выращивания микрозелени, приведены преимущества развития интегрированных систем вертикального фермерства в городской среде по сравнению с традиционным. Авторами была определена и представлены данные по урожайности вертикальной фермы по сравнению с традиционным сельским хозяйством. Необходимо отметить, что в рамках осуществляемого проекта были разработаны и изготовлена специализированная экспериментальная гидропонная установка для проведения исследований по выращиванию рассады томата и листового салата. Стоит отметить, что интегрированные системы вертикального фермерства, нацеленные на устойчивое производство сельскохозяйственной продукции в городской среде – продовольственная безопасность и сохранение качества продукции – пищевая безопасность.

Ключевые слова: интегрированные системы, вертикальные фермерства, устойчивое производство, сельскохозяйственная, продукция, городская среда.

ҚАЛАЛЫҚ ОРТАДА АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ӨНІМДЕРІН ТҰРАҚТЫ ӨНДІРУГЕ БАҒЫТТАЛҒАН ИНТЕГРАЦИЯЛАНҒАН ТІК ЕГІНШІЛІК ЖҮЙЕЛЕРІ

[1]Ж.С. Булхаирова, [1]А.Е. Шоман, [2]А.К. Байдаков

[1]«Astana IT University» ЖШС, Астана, Қазақстан,

[2]С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, Қазақстан,
e-mail: honeyzhu@mail.ru

Мақалада қалалық ортада ауыл шаруашылығы өнімдерін тұрақты өндіруге бағытталған интеграцияланған тік егіншілік жүйесінің мәселелері қарастырылады. Тік фермерліктің негізгі тұжырымдамасы-бұл ауыл шаруашылығын тұрақты дамытуға, халықты азық-түлік қауіпсіздігімен қамтамасыз етуге, қалалық ортада жаңа технологияларды қолдануға бағытталған. Интеграцияланған тік егіншілік жүйелері фермерлерге жоғары өнім алуға мүмкіндік береді және оны өндіруге аз жұмсайды, әсіресе дәстүрлі ауыл шаруашылығымен салыстырғанда логистикалық шығындар айтарлықтай төмендейді. Осы зерттеуді жүргізу барысында авторлар АҚШ, Қытай, Сингапур, Жапония сияқты

елдерде тік фермерлікті дамытудың шетелдік тәжірибесіне шолу жасады. Сондай-ақ, қазіргі жағдай бойынша статистика және әлемдегі тік фермерлік нарықтың үлесі ұсынылып, талданды. Сондай-ақ, авторлар Қазақстандағы тік фермерлік нарығын талдап, елдегі жұмыс істеп тұрған тік фермалардың мысалдарын келтірді. Айта кету керек, Қазақстандағы тік фермалар нарығының неғұрлым перспективалы дамуы микрожасылдарды өсіру саласында болып отыр, дәстүрлі фермамен салыстырғанда қалалық ортада тік фермерліктің интеграцияланған жүйелерін дамытудың артықшылықтары келтірілген. Авторлар дәстүрлі ауыл шаруашылығымен салыстырғанда тік ферманың өнімділігі туралы деректерді анықтады және ұсынды. Айта кету керек, жүзеге асырылып жатқан жоба аясында қызанақ пен жапырақ салатының көшеттерін өсіру бойынша зерттеулер жүргізу үшін мамандандырылған эксперименттік гидропоникалық қондырғы жасалды және жасалды. Айта кету керек, қалалық ортада ауыл шаруашылығы өнімдерін тұрақты өндіруге бағытталған интеграцияланған тік фермерлік жүйелер – азық – түлік қауіпсіздігі және өнім сапасын сақтау-азық-түлік қауіпсіздігі.

Түйін сөздер: интеграцияланған жүйелер, тік егіншілік, тұрақты өндіріс, ауылшаруашылық, өнімдері, қалалық орта.

INTEGRATED VERTICAL FARMING SYSTEMS BASED ON SUSTAINABLE AGRICULTURAL PRODUCTION IN AN URBAN ENVIRONMENT

[1]Zh.S. Bulkhairova✉, [1]A.E. Shoman, [2]A.K. Baidakov

[1]«Astana IT University» LLC, Astana, Kazakhstan,
[2]S.Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan,
e-mail: honeyzhu@mail.ru

The article discusses the issues of an integrated vertical farming system aimed at sustainable agricultural production in an urban environment. The main concept of vertical farming is that it is aimed at sustainable agricultural development, providing the population with food security, using new technologies in an urban environment. Integrated vertical farming systems enable farmers to obtain a higher yield and at the same time spend less on its production, especially significantly reducing logistical costs compared to traditional agriculture. In the course of this study, the authors conducted a review of foreign experience in the development of vertical farming in such countries as the USA, China, Singapore, Japan. Statistical data on the current state and market share of vertical farming in the world are also presented and analyzed. The authors also analyzed the vertical farming market in Kazakhstan and gave examples of operating vertical farms in the country. It is worth noting that the most promising development of the vertical farm market in Kazakhstan is in the field of micro-greenery cultivation, the advantages of developing integrated vertical farming systems in an urban environment compared to traditional ones are given. The authors determined and presented data on the yield of a vertical farm compared to traditional agriculture. It should be noted that within the framework of the ongoing project, a specialized experimental hydroponic installation was developed and manufactured to conduct research on growing tomato seedlings and lettuce. It is worth noting that integrated vertical farming systems aimed at sustainable agricultural production in an urban environment – food safety and preservation of product quality – food safety.

Keywords: integrated systems, vertical farming, sustainable production, agricultural, products, urban environment.

Введение. При современном уровне развития мира численность населения стремительно растет, что требует увеличения объемов сельскохозяйственного производства. Следовательно, поиск нетрадиционных методов ведения сельского хозяйства, то есть устойчивых интегрированных сельскохозяйственных систем, направленных на создание сельскохозяйственной продукции в городах, представляет собой эффективное решение проблем производства продовольствия. Вер-

тикальные фермерские системы - это сельскохозяйственная концепция, направленная на устойчивое производство сельскохозяйственной продукции в городах и обеспечение населения продовольствием за счет применения современных технологий и креативных решений по использованию вертикальных пространств [1]. В отличие от традиционного сельского хозяйства, в городах, где в будущем будет проживать две трети населения планеты, необходимо применять сложные методы ведения сельского хозяйства. Интегрированные системы вертикального фермерства позволяют получать хорошие урожаи с небольшой площади и контролировать практически все аспекты: орошение, температуру, воздух, свет, качество воды и питание.

Основной целью статьи является раскрытие преимущества развития интегрированных систем вертикального фермерства, нацеленные на устойчивое производство сельскохозяйственной продукции в городской среде, в Казахстане. Исходя из поставленной цели были поставлены следующие задачи: проанализировать международный опыт развития вертикального фермерства, проанализировать мировую долю рынка вертикального фермерство и показать преимущества применения интегрированных систем вертикального фермерства в городской среде Казахстана.

Необходимо отметить, что концепция вертикального фермерства существует уже несколько десятилетий, но она по-прежнему важна и необходима. Интегрированные системы вертикального фермерства также положительно влияют на окружающую среду, поскольку потребляют меньше энергии, производят меньше загрязняющих веществ и не требуют использования тяжелой техники, пестицидов и удобрений. Выращивание сельскохозяйственной продукции в городской среде с использованием передовых сельскохозяйственных технологий дает реальный контроль над необходимыми растениям ресурсами, делая их рост и развитие предсказуемыми и управляемыми. Сама технология - интегрированная система вертикального фермерства - может решить проблему обеспечения растущего городского населения достаточным количеством продовольствия. Интегрированные системы вертикального фермерства в городах часто используют методы беспочвенного земледелия, такие как аквапоника, гидропоника и аэропоника, которые требуют лишь десять процентов воды по сравнению с традиционными фермами сельского хозяйства. Данные технологии позволяют перерабатывать и/или реализовывать сельскохозяйственную продукцию независимо от климатических условий региона, в котором находится ферма, и позволяют производить новые продукты без использования пестицидов и гербицидов. Что еще более важно, вертикальные фермы снижают сельскохозяйственные затраты по сравнению с традиционным сельским хозяйством за счет сокращения расстояния между производителем и потребителем - логистических издержек [2]. Важно отметить, что, несмотря на растущую популярность органического земледелия, интегрированные системы вертикального фермерства по выращиванию сельскохозяйственной продукции в городах привели к развитию бизнеса «под ключ», или, другими словами, «софта» для ферм.

Материалы и методы. Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках ПЦФ ИРН: BR24992852 на тему «Разработка интеллектуальных моделей и методов цифровой экосистемы Smart City для устойчивого развития города и повышения качества уровни жизни горожан».

Для написания статьи авторы использовали следующие методы:

- Аналитико-обзорная оценка, который был представлен в виде систематического обзора зарубежного опыта по вертикальному фермерству (например такие страны, как США, Китай, Сингапур, Япония), анализа научной литературы и статей в области устойчивых агротехнологий в городской среде, сбор и анализ статистических данных о текущем состоянии мирового и казахстанского рынков вертикального фермерства и идентификация актуальных вызовов таких как рост численности населения, уменьшение пахотных земель, климатические вызовы, дефицит ресурсов (проблема с водными ресурсами, деграда-

ция земель, возобновляемая энергия и т.д.).

- Эмпирическая и сравнительно-экспериментальная оценка, в которой применялись эмпирические методы такие как: сравнительный анализ урожайности вертикального и традиционного сельского хозяйства, оценка ресурсной эффективности, выбор наиболее перспективных культур для городской среды таких как: свекла, эстрагон.

- Оценка экономической эффективности вертикального фермерства посредством анализа рентабельности интегрированных систем вертикального фермерства в условиях городской среды (например, уменьшение логистических и производственных затрат, прогноз роста рынка вертикального фермерства в мире и Казахстане.

Таким образом, методология исследования данного исследования была построена на комплексном подходе: от теоретического анализа глобальных и локальных трендов в вертикальном фермерстве до практической реализации экспериментальной установки и оценки ее эффективности. Это позволило авторам предложить научно обоснованные рекомендации и продемонстрировать реальные преимущества внедрения интегрированных систем вертикального фермерства в условиях городской среды.

Результаты и обсуждение. Интегрированные системы вертикального фермерства - новый и популярный вид сельского хозяйства, который часто используется в местах, где традиционное земледелие невозможно или невыгодно. Идея интегрированных систем «вертикального земледелия возникла уже давно. Сегодня вертикальная ферма располагается в хорошо спланированном высотном здании или в соответствующим образом переоборудованном промышленном здании, реже - в административном здании, расположенном в городе или рядом с ним, с системами выработки электроэнергии, отопления и охлаждения, переработки и утилизации отходов и так далее. Одним словом, вертикальная ферма - это высокотехнологичная теплица, в которой растения получают достаточное количество света и естественного освещения благодаря высокой влажности и температурному режиму, обеспечиваемому однолампловыми светодиодными фитолампами, гидропонной или аэропонной технологией и кондиционированием воздуха [3].

Технология вертикального фермерства была разработана около десяти лет назад и уже активно используется в таких странах как: Америка, Канада, Швеция, Япония и других развитых странах северного полушария, а также в Австралии, где есть обширные пустынные территории [3]. Впервые вертикальные фермы были построены в 2012 году. Сингапур и Япония считаются первыми странами, создавшими интегрированные сельскохозяйственные системы вертикального фермерства, поскольку они имеют большое население и небольшие земельные площади [4]. Япония была одной из первых стран, внедривших и разработавших концепцию интегрированные системы вертикального фермерства в городских районах. Одним из успешных примеров вертикального фермерства является компания «Mirai Shokuhin», которая в 2004 году открыла свою первую вертикальную ферму в Камакуре, который находится в пятидесяти километрах к юго-западу от Токио. Первоначально на ферме выращивали различные виды салата-латука. Стоит отметить, что благодаря гидропонной системе и светодиодному освещению создаются оптимальные условия для успешного роста растений. «Mirai Shokuhin» не только продемонстрировала, что вертикальное фермерство может привести к успешному бизнесу, но и продолжает развиваться. Их идею успешно переняли предприятия и компании в Японии и других странах.

В 2012 году компания «Sky Greens» открыла в Сингапуре первую в мире коммерческую систему вертикальной ферму на гидропонике, представляющую собой 38-этажную А-образную башню, в которой выращиваются растения [4]. Также ярким примером успешной реализации программы вертикального земледелия является работа американской компании «AeroFarms», которая организовала сельскохозяйственное производство площадью 6 410 квадратных метров в бывшем здании сталелитейного завода недалеко от Нью-Йорка. Для круглогодичного производства используются технологии аэропоники и фи-

толампы, позволяющие быстрее собирать урожай сельскохозяйственной продукции и получать более высокие урожаи, чем при других формах выращивания, а также обеспечивающие круглогодичное производство вне зависимости от сезона [5]. Эти технологии часто предполагают использование передовых решений, таких как камеры, датчики, автоматизированные системы, искусственный интеллект, гидропоника, аквапоника или аэропоника. Например, в своих работах Марчешка М., Санаулах А., Тусси Ч. используют для выявления бизнес моделей, направленные на высокую эффективность вертикальных ферм в городской среде [6].

Важно отметить, что в настоящее время мировой сельскохозяйственный рынок оценивается в 14,23 млрд долларов в 2024 году и, как ожидается, будет расти с совокупным годовым темпом роста 10,30% в течение периода 2024-2029 годов, достигнув 23,23 млрд долларов к 2029 году. По данным Министерства сельского хозяйства США, американские фермеры добровольно исключили земли из-под растениеводства из-за плохих условий выращивания или нехватки воды для орошения. Стоит отметить, что низкая урожайность и не самые лучшие погодные условия окажут непосредственное влияние на рентабельности фермеров, несмотря даже на возрастающий спрос на органические и экологически чистые продукты. Следует отметить, что в настоящее время наблюдается снижение площадей пахотных земель, например, согласно отчету Министерства сельского хозяйства США, сельскохозяйственные угодья сокращаются с каждым годом: в 2017 году их площадь составляла 364,36 млн га, а к 2021 году она уменьшится до 362,31 млн га. В случае с Китаем, по данным ФАО, площадь обрабатываемых земель в период с 2017 по 2020 год не увеличится, а наоборот, немного сократится и составит 119,47 миллиона гектаров. По мере роста населения Китая растет и спрос на продовольствие, что вынуждает фермеров внедрять более устойчивые методы ведения сельского хозяйства, такие как интегрированные системы вертикального фермерства. Именно вертикальные фермы призвана помочь фермерам увеличить урожайность, при этом используя минимум ресурсов. При этом стоит отметить, что вертикальное фермерство в рамках устойчивого развития, предполагающее более широкое использование технологий и автоматизации для улучшения управления земельными ресурсами, является одним из примеров решений для улучшения производства сельскохозяйственной продукции в будущем [7].

На рисунке 1 представлен текущее состояние и прогноз развития рынка вертикального фермерство в области выращивания сельскохозяйственной продукции в городской среде [8].

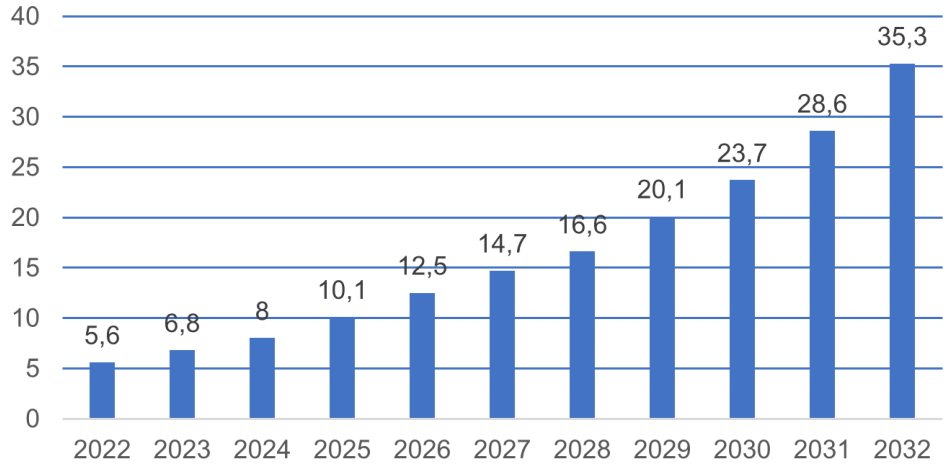


Рис.1 - Мировой рынок интегрированных систем вертикальных ферм, млрд долларов США

Примечание – составлено авторами на основании [7]

Согласно рисунку 1 можно увидеть, что на сегодняшний момент в мире интегрированная система рынок вертикального фермерства наблюдается рост и в ближайшем будущем планируется еще более значительный рост. Например, в 2022 году рынок вертикального фермерства составляли 5,6 млрд тенге, а в 2023 году выросли на 1,2 млрд тенге. Следует отметить, что к 2032 году рынок вертикального фермерства вырастит до 35,3 млрд тенге. Хотелось бы также отметить, что наибольшая доля рынка вертикального фермерства приходится на Северную Америку-40%, потом идет Европа - 30%, Азиатско-Тихоокеанский регион - 24% и наименьшую долю рынка занимает Ближний Восток и Африка - 2% (рисунок 2).

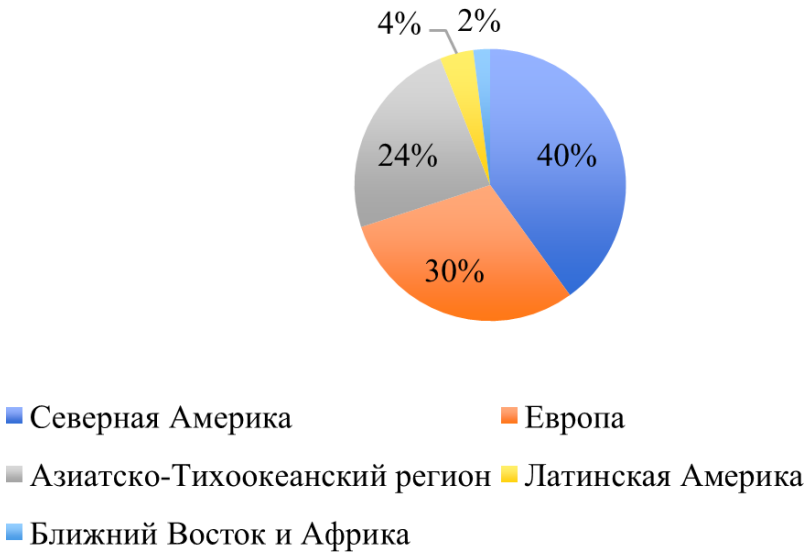


Рис.2 - Мировая доля рынка вертикального фермерство, млрд долларов США

Примечание – составлено авторами на основании [8]

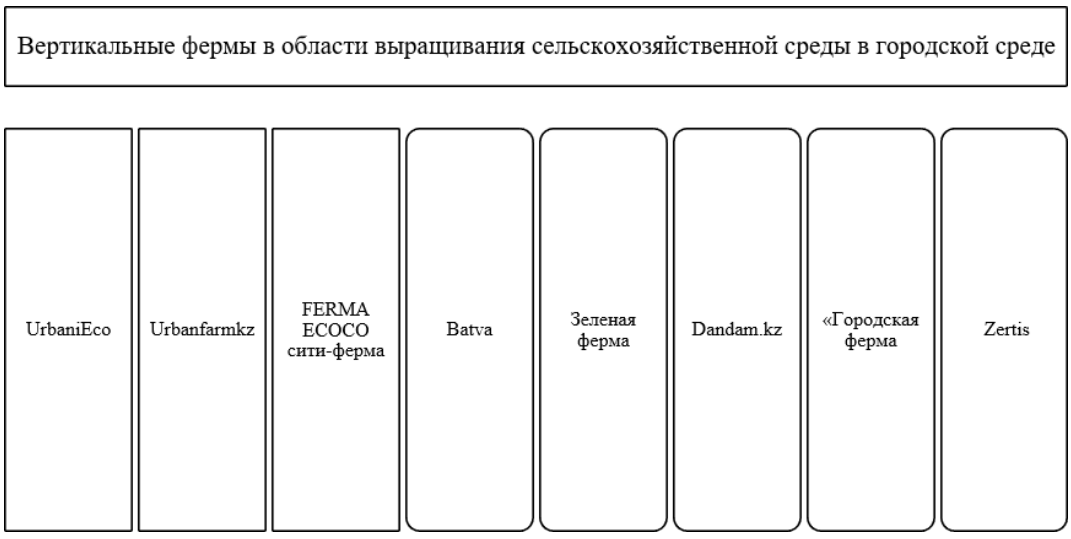


Рис.3 - Примеры интегрированных систем вертикальных ферм в области выращивания сельскохозяйственной среды в городской среде в Казахстане

Примечание - составлено авторами

Таким образом, согласно данным рисунка 2 можно наблюдать рост рынка вертикального фермерства во всем мире, поскольку на данном этапе развития, в условиях ограниченных ресурсов, данные интегрированные системы приобретают все большую значимость и ценность. Следует отметить, что рынок вертикального фермерства в Казахстане начал развиваться совсем недавно и только начинает приобретать популярность. На рисунке 3 можно увидеть пример интегрированных систем вертикальных ферм в области выращивания сельскохозяйственной среды в городской среде в Казахстане.

Одним из наиболее перспективных направлений вертикально-интегрированных систем земледелия в Казахстане является выращивание микрозелени: микрозелень свеклы и эстрагона, которые подходят для выращивания в вертикальных фермах благодаря своей питательной ценности и быстрому росту. Исследования показывают, что микрозелень содержат больше витаминов и минералов, чем более крупные растения [9]. Важно отметить, что свекла богата антиоксидантами, а эстрагон содержит полезные эфирные масла и флавоноиды, что делает эти растения очень полезными для здоровья человека [10,11]. Кроме того, это перспективный способ включения микрофлоры свеклы и эстрагона в напитки с пользой для здоровья человека, поскольку свекольный сок известен своими детоксикационными и кроветворными свойствами, а экстракты эстрагона могут улучшать пищеварение и поддерживать иммунитет [12,13]. Разработка таких напитков может значительно расширить рынок функциональных продуктов питания, способствующих здоровому образу жизни.

В настоящее время в Казахстане развитие вертикального фермерства имеет большое значение для выращивания сельскохозяйственной продукции в городских условиях, так как данные системы позволяют выращивать двести пятьдесят видов культур. Компании, работающие в этом секторе, выращивают культуры, на выращивание которых в традиционном сельском хозяйстве уходит 30 дней. Устойчивые фермы также используют на 95 % меньше воды: установки используют на 95 % меньше воды, чем обычное сельское хозяйство, и на 40 % меньше, чем гидропоника. Растения поглощают воду, кислород и питательные вещества через туман. Вертикальное земледелие также использует на 50 % меньше удобрений и исключает необходимость использования пестицидов, гербицидов и фунгицидов [14]. Каждая интегрированная система вертикального земледелия управляется компьютером дистанционно. Искусственный интеллект собирает аналитические данные, рассчитывает уровень дохода и создает стратегии снижения рисков. В качестве примера авторы выбрали расчетную производительность вертикальной фермы по сравнению с традиционным сельским хозяйством - таблица 1.

Стоит отметить, что вертикальные фермы используют на 95% меньше воды, чем обычные фермы, и на 40% меньше воды, чем гидропонные системы. Растения получают воду, кислород и питательные вещества посредством тумана. Вертикальное фермерство также использует на 50 % меньше удобрений и исключает необходимость использования пестицидов, гербицидов и фунгицидов. Вся интегрированная система вертикального фермерства управляется дистанционно с помощью компьютера, который собирает данные, полученные в результате анализа искусственного интеллекта, рассчитывает уровень продуктивности и разрабатывает стратегии снижения рисков. В качестве примера авторы выбрали расчетную производительность вертикальной фермы по сравнению с традиционным сельским хозяйством - таблица 1.

Таблица 1 - Расчетная урожайность вертикальной фермы по сравнению с традиционным сельским хозяйством

Урожай	Урожай в вертикальных ферм за счет технологий (тонн/га)	Урожайность поля (тонн/га)	Фактор увеличения за счет технологий	Фактор увеличения за счет технологий и укладки

Морковь	58	30	1.9	347
Редис	23	15	1.5	829
Картофель	150	28	5.4	552
Помидоры	155	45	3.4	548
Перец	133	30	4.4	704
Клубника	69	30	2.3	368
Горох	9	6	1.5	283
Капуста	67	50	1.3	215
Латук	37	25	1.5	709
Шпинат	22	12	1.8	820
Итого	71	28	2.5	516
Примечание – составлено авторами				

Таблица 2 - Прибыльность выращивания микрозелени круглогодично в гидропонной установке по сравнению с традиционным сельским хозяйством

Гидропонная установка по производству микрозелени** (100 м^2):	Традиционное сельское хозяйство** (1 га или 10 000 м^2)
Исходные данные	
- Урожайность: 1 кг микрозелени с 1 м^2 в неделю. - Итоговая урожайность за год: 100 м^2 × 1 кг/м^2 × 52 недели = 5200 кг. - Цена продажи: 3 000 тенге за кг (микрозелень продаётся по более высокой цене)	- Урожайность: 1,5 тонны (1500 кг) микрозелени за год (например, базилик, руккола). - Цена продажи: 2 500 тенге за кг (обычная цена микрозелени).
Примерные капитальные вложения	
30 000 000 тенге: для 100 м^2, в том числе оборудование, системы освещения и управления	10 000 000 тенге на 1 га: стоимость аренды земли, семена, оборудование.
Эксплуатационные затраты	
- Электричество и освещение: 1 000 000 тенге в год. - Вода и удобрения: 200 000 тенге в год. - Персонал: 1 200 000 тенге в год (один человек на полную ставку). - Обслуживание оборудования: 300 000 тенге в год. Итого эксплуатационные затраты: 2 700 000 тенге в год.	- Топливо и техника: 500 000 тенге в год. - Вода и удобрения: 250 000 тенге в год. - Заработная плата: 1 000 000 тенге в год (на сезон). - Обслуживание техники: 200 000 тенге в год. Итого эксплуатационные затраты: 1 950 000 тенге в год.

Расчет прибыли	
-Годовая выручка: 5200 кг × 3 000 тенге = 15 600 000 тенге. - Годовые эксплуатационные затраты: 2 700 000 тенге. - Чистая прибыль: 15 600 000 – 2 700 000 = 12 900 000 тенге. Окупаемость капитальных затрат: 30 000 000 ÷ 12 900 000 ≈ 2,33 года	- Годовая выручка: 1500 кг × 2 500 тенге = 3 750 000 тенге. - Годовые эксплуатационные затраты: 1 950 000 тенге. - Чистая прибыль: 3 750 000 – 1 950 000 = 1 800 000 тенге. - Окупаемость капитальных затрат: 10 000 000 ÷ 1 800 000 ≈ 5,56 года.
Примечание - составлено авторами	

Все вышеперечисленные преимущества являются одними из ключевых факторов, стимулирующих развитие рынка интегрированных систем вертикального фермерства по производству сельскохозяйственной продукции в городе. Однако следует также отметить, что на устойчивое развитие вертикального фермерства влияет рост городского населения в мире и возможность применения технологии вертикального земледелия в городах.

В рамках проводимых исследований по проекту авторами были рассчитана прибыльность выращивания микрозелени круглогодично в гидропонной установке по сравнению с традиционным сельским хозяйством. Стоит отметить, что именно микрозелень является сейчас популярной в крупных городах и является высокоценный продукт, который можно выгодно выращивать в городских условиях – таблица 2. Также следует учитывать, что расчеты ориентируется на круглогодичное производство микрозелени.

Таким образом, гидропонная установка обеспечивают прибыль в размере 12 900 000 тенге в год при высокой цене реализации и круглогодичном производстве микрозелени. Окупаемость капитальных затрат составляет около 2,33 года. А производство микрозелени круглогодично при традиционном сельском хозяйстве обеспечивает прибыль в размере 1 800 000 тенге в год и окупаемость капитальных затрат значительно дольше, около 5,56 года. В итоге стоит отметить, что в условиях круглогодичного производственного процесса на примере микрозелени гидропонная установка по производству микрозелени показывают более высокую прибыльность и короткий срок окупаемости по сравнению с традиционным сельским хозяйством. Это делает современные цифровые экосистемы привлекательным бизнесом для населения, с учётом возрастающего спроса к здоровому питанию и органической продукции.

В рамках реализуемого проекта BR24992852 «Разработка интеллектуальных моделей и методов цифровой экосистемы «Умный город» в рамках программы «разработка и оптимизация интегрированных вертикальных сельскохозяйственных систем для устойчивого производства сельскохозяйственной продукции в городских условиях“ и предыдущих научных работ, исследований в области выращивания рассады томатов и салата, была создана и изготовлена экспериментальная гидропонная установка для вертикального фермерства: ТОО «LedSystemMedia» (г.Астана). На рисунке 4 представлены установки, которые были установлены в рамках проекта в ТОО «Astana IT University».

Следует отметить, что впервые в рамках данного проекта были разработаны и использованы в качестве эксперимента управляемые светодиодные прожекторы ABC1 и ABC2 отечественного производства для выращивания томатов и салата.

Стоит отметить, что эффективность внедрения предлагаемых в исследование технологий интегрированных систем вертикального фермерства раскрывается посредством следующих аспектов:



Рис.4 - Специализированные экспериментальные установки

Примечание – составлено авторами на основание данных проекта

- рост урожайности. Например, показатели урожайности вертикальных ферм значительно превосходят традиционное сельское хозяйство. Например: картофель: 150 т/га против 28 т/га; помидоры: 155 т/га (вертикально) против 45 т/га (традиционно); перец: 133 т/га против 30 т/га. Стоит отметить, что средний фактор увеличения урожайности: примерно около 2,5 раза, а с учетом укладки в вертикальном пространстве — до 516% (таблица 1 статьи);

- снижение потребления ресурсов: водные ресурсы уменьшаются на 95% по сравнению с традиционным сельскии хозяйством, касательно удобрений наблюдается экономия до 50%; возможно полное исключение пестицидов, гербицидов и фунгицидов;

- наблюдается уменьшение логистических издержек посредством размещения вертикальных ферм в черте города, то есть отпадает необходимость в транспортировки продукции на большие расстояния;

- соблюдение экологической устойчивости через минимальное воздействие на окружающую среду: отсутствие загрязнения почв и водоемов, пропадает необходимость в применение тяжёлой техники, применение возобновляемых источников света такие как: специализированные LED-фитолампы (ABC1 и ABC2), уменьшение выбросов CO_2 и прочих вредных веществ за счёт снижения логистики и автономности вертикальных ферм;

- адаптивность и автономность, которая прояв-

ляется через систему, которая полностью управляется дистанционно посредством компьютерных технологий, применение искусственного интеллекта для оценки и анализа данных, расчета урожайности, прогнозирования рисков и так далее;

- круглогодичное производство, которое проявляется через независимость от климатических условий региона, также возможность круглогодичного цикла выращивания, что особенно важно в городах с суровыми зимами (например, Казахстан);

- перспективность для развития малого и среднего бизнеса, например, создание «ферм под ключ» и разработка цифровых решений для управления, привлекательность для инвесторов, большое разнообразие выращиваемой продукции - до 250 культур.

Таким образом, внедрение технологий интегрированных вертикальных ферм показывает значительную эффективность в аграрно-экономическом, экологическом и социальном моментах жизни. Данные системы дают возможность решать ключевые задачи продовольственной безопасности, уменьшить затраты, увеличить урожайность, адаптировать к городским условиям и климатическим изменениям. Именно приведенные примеры делают рассматриваемые технологии вертикального фермерства перспективными для стран с ограниченными ресурсами и быстрорастущим городским населением.

Выводы. В целом, вертикальное фермерство является перспективным подходом, который привлекает значительные инвестиции в сельское хозяйство и экономику. На современном этапе развития разработка и оптимизация вертикального фермерства направлена на улучшение сельскохозяйственного производства в городских условиях. Вертикальное фермерство изменит сельское хозяйство будущего, поскольку оно несет в себе значительные преимущества: самое важное из них - снижение ущерба окружающей среде и сохранение больших площадей для других целей. Интегрированные системы вертикального фермерства также решают две основные проблемы: сложность транспортировки сельскохозяйственной продукции в города и обеспечение высокого качества продуктов питания с помощью необходимых пестицидов и удобрений.

Стоит отметить, что сельскохозяйственная продукция вертикально-интегрированных фермерских систем ни в чем не уступает продуктам, производимым традиционным сельским хозяйством, - более того, она превосходит их. Вертикальное фермерство имеет множество преимуществ, включая высокую урожайность, возможность выращивать культуры круглый год и потенциал для использования в городских районах. С развитием технологий спрос на вертикальное земледелие растет, а рынок увеличивается. Поскольку рынок растет в геометрической прогрессии, этот сельскохозяйственный сектор становится выгодным для бизнеса, особенно в густонаселенных городских районах.

Финансирование. *Данное исследование было реализовано при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках ПЦФ ИРН: BR24992852 на тему «Разработка интеллектуальных моделей и методов цифровой экосистемы Smart City для устойчивого развития города и повышения качества уровни жизни горожан».*

Литература

1. Туртулова И.Р. Вертикальные фермы как основа для экологически устойчивого АПК/ В сборнике: научные исследования студентов в решение актуальных проблем АПК. Материалы всероссийской студенческой научно-практической конференции. п. Молодежный. - 2022. -Т.2. - С. 89-95.

2. Libia I. Trejo-Téllez and Fernando C. Gómez-Merino. Nutrient Solutions for Hydroponic Systems // Hydroponics - A Standard Methodology for Plant Biological Researches.-2012.- P.1-22. DOI 10.5772/37578

3. Груднева А.А. Вертикальное фермерство как интонационная технология решения проблемы продовольственного снабжения крупных городов//Инновации и инвестиции.- 2018. - № 9. - С.39-41.

4. Дмитриева А.С. Вертикальные фермы- новая тенденция в сельском хозяйстве // Хроноэкономика. - 2019. - № 6 (19). - С.35-38.

5. Буторин С. Инновационно-ориентированная система управления аграрными предприятиями // АПК: Экономика, управление. - 2016. - № 7.- С.40 – 47.

6. Marczewska Magdalena, Sanaullah Ahmed, Tucci Christopher. Business model configurations for successful vertical farming// European journal of innovation management.- 2025.-Vol.28(4). - P.1555 - 1580 DOI 10.1108/EJIM-01-2023-0017

7. Xiao Z., Lester G. E., Luo Y., Wang Q. Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens// In Journal of Agricultural and Food Chemistry. American Chemical Society (ACS).- 2012. -Vol.60(31). - P.7644-7651. DOI 10.1021/jf300459b

8. Projected vertical farming market worldwide from 2022 to 2032 - https://www.statista.com . Дата обращения: 14.12.2024.

9. Treadwell D., Hochmuth R., Landrum L., Laughlin W. Microgreens: A New Specialty Crop// In EDIS. University of Florida George A Smathers Libraries.- 2020. - Vol.2020(5). DOI 10.32473/edis-hs1164-2020

10. Guil-Guerrero J. L., Martínez-Guirado C., del Mar Rebolloso-Fuentes M., Carrique-Pérez A. Nutrient composition and antioxidant activity of 10 pepper (Capsicum annuun) varieties// European Food Research and Technology. – 2006. - Vol.224(1). – P.1-9 DOI 10.1007/s00217-006-0281-5

11. Clifford T., Howatson G., West D., Stevenson E. The Potential Benefits of Red Beetroot Supplementation in Health and Disease// MDPI AG. In Nutrients. – 2015. - Vol.7(4)- P.2801–2822. DOI 10.3390/nu7042801

12. Zheng W., Wang S. Y. Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in Selected Herbs// Journal of Agricultural and Food Chemistry. - 2001. - Vol.49(11)11.- P.5165-5170 DOI 10.1021/jf010697n

13. Эскобар Х.П., Сандоваль А.А., Биензи П.М., Саласар Х.Д. Здания вертикальных ферм в умных городах// Системные технологии. - 2020. - № 1 (34). - С.73-76.

14. Илющенко Е.В. Глотова Н.И. Применение технологий искусственного интеллекта в сельском хозяйстве // Перспективы внедрения инновационных технологий в АПК: сборник статей//Российской (Национальной) научно-практической конференции-Алтайский государственный аграрный университет, 2019.-С172-173.

References

1. Turtulova I.R. Vertikal’ nye fermy kak osnova dlja jekologicheski ustojchivogo APK/ V sbornike: nauchnye issledovanija studentov v reshenie aktual’ nyh problem APK. Materialy vserossijskoj studencheskoj nauchno-prakticheskoj konferencii. p. Molodezhnyj. - 2022. -T.2. S.89-95. [In Russian]

2. Libia I. Trejo-Téllez and Fernando C. Gómez-Merino. Nutrient Solutions for Hydroponic Systems // Hydroponics - A Standard Methodology for Plant Biological Researches.-2012.- P.1-22. DOI 10.5772/37578

3. Grudneva A.A. Vertikal’ noe fermerstvo kak intonacionnaja tehnologija reshenija problemy prodovol’ stvennogo snabzhenija krupnyh gorodov//Innovacii i investicii.- 2018. - № 9. - S.39-41.

4. Dmitrieva A.S. Vertikal’ nye fermy- novaja tendencija v sel’ skom hozjajstve//Hronojekonomika. - 2019. - № 6 (19). - S.35-38. [In Russian]

5. Butorin S. Innovacionno-orientirovannaja sistema upravlenija agrarnymi predprijatijami// APK: Jekonomika, upravlenie. - 2016. - № 7.- S.40 - 47. [In Russian]

6. Marczewska Magdalena, Sanaullah Ahmed, Tucci Christopher. Business model configurations for successful vertical farming// European journal of innovation management.- 2025.-Vol.28(4). - P.1555 - 1580 DOI 10.1108/EJIM-01-2023-0017

7. Xiao Z., Lester G. E., Luo Y., Wang Q. Assessment of Vitamin and Carotenoid Concentrations of Emerging Food Products: Edible Microgreens// In Journal of Agricultural and Food Chemistry. American Chemical Society (ACS).- 2012. -Vol.60(31). - P.7644-7651. DOI 10.1021/jf300459b

8. Projected vertical farming market worldwide from 2022 to 2032 - https://www.statista.com . Дата обращения: 14.12.2024.

9. Treadwell D., Hochmuth R., Landrum L., Laughlin W. Microgreens: A New Specialty Crop// In EDIS. University of Florida George A Smathers Libraries.- 2020. - Vol.2020(5). DOI 10.32473/edis-hs1164-2020

10. Guil-Guerrero J. L., Martínez-Guirado C., del Mar Rebolloso-Fuentes M., Carrique-Pérez A. Nutrient composition and antioxidant activity of 10 pepper (Capsicum annuun) varieties// European Food Research and Technology. – 2006. - Vol.224(1). – P.1-9 DOI 10.1007/s00217-006-0281-5

11. Clifford T., Howatson G., West D., Stevenson E. The Potential Benefits of Red Beetroot Supplementation in Health and Disease// MDPI AG. In Nutrients. – 2015. - Vol.7(4)- P.2801–2822. DOI 10.3390/nu7042801

12. Zheng W., Wang S. Y. Antioxidant Activity and Phenolic Compounds in Selected Herbs// Journal of Agricultural and Food Chemistry. - 2001. - Vol.49(11)11.- P.5165-5170 DOI 10.1021/jf010697

13. Escobar H.P., Sandoval A.A., Benzin P.M., Salazar H.D. Zdaniya vertikal' nyh ferm v umnyh gorodah// Sistemnye tekhnologii. - 2020. - № 1 (34). - Pp.73-76. [In Russian]

14. Ilyushenko E.V. Glotova N.I. Primenenie tekhnologij iskusstvennogo intellekta v sel' skom hozyajstve // Perspektivy vnedreniya innovacionnyh tekhnologij v APK: sbornik statej//Rossijskoj (Nacional' noj) nauchno-prakticheskoj konferencii-Altajskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2019. -S172-173. [In Russian]

Сведения об авторах

Булхаирова Ж.С. - доктор PhD, ассоциированный профессор, Astana IT University» LLP, Астана, Казахстан, e-mail: honeyzhu@mail.ru;

Шоман А.Е. - доктор PhD, ассоциированный профессор, Astana IT University» LLP, Астана, Казахстан, e-mail: a.shoman@astanait.edu.kz;

Байдаков А.К. - к.э.н., ассоциированный профессор, Казахский агротехнический исследовательский университет им. С.Сейфуллина, Астана, Казахстан, e-mail: a_baidakov@mail.ru.

Information about the authors

Bulkhairova Zh.S. – PhD, Associate Professor, Astana IT University LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: honeyzhu@mail.ru;

Shoman A.E. - PhD, Associate Professor, Astana IT University LLP, Astana, Kazakhstan, e-mail: a.shoman@astanait.edu.kz;

Baidakov A.K. - Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, S.Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Astana, Kazakhstan, e-mail: a_baidakov@mail.ru.

МРНТИ 06.52.13 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-956**

АНАЛИЗ И ОЦЕНКА ВНЕШНЕГО ДОЛГА КАЗАХСТАНА

[1]А.Б. Мухамедханова, [2]Н.Н. Жанакова, [3]М.Р. Сергазиева, [4]Е.К. Молдакенова, [4]Г.К. Амренова

[1]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,
[2]Институт экономических исследований, Астана, Казахстан,
[3]Университет дружбы народов им. Академика А. Куатбекова, Шымкент, Казахстан,
[4]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Корреспондент-автор: nazikzhan291178@gmail.com

В статье проведен комплексный анализ структуры, динамики и рисков внешнего долга Казахстана, а также дана оценка ключевых факторов, определяющих рост внешней задолженности. Исследование охватывает как государственный, так и частный сектор, включая межфирменную задолженность и обязательства квазигосударственного сектора.

Изучены секторальные особенности внешнего долга, включая обязательства органов государственного управления, Национального банка, банковского сектора и предприятий реального сектора экономики. Выявлено, что наибольшую долю в структуре долга занимают «другие сектора», к которым относятся нефинансовые организации и квазигосударственные компании. Проанализированы также финансовые инструменты привлечения внешнего долга, среди которых преобладают кредиты и займы.

Особое внимание уделено рискам, связанным с государственными гарантиями по обязательствам частных и квазигосударственных компаний, а также с колебаниями курса национальной валюты, которые могут увеличить стоимость обслуживания долга. Отмечено, что рост гарантированного государством внешнего долга создает дополнительные фискальные риски.

На основе проведенного анализа предложены рекомендации по усилению контроля за заимствованиями, повышению прозрачности корпоративной отчетности, диверсификации источников финансирования и разработке механизмов хеджирования валютных и сырьевых рисков. Подчеркнута необходимость укрепления фискальной дисциплины и развития внутреннего рынка капитала для обеспечения долгосрочной финансовой устойчивости и макроэкономической стабильности Казахстана.

Ключевые слова: внешний долг, долговые обязательства, долговая устойчивость, фискальные риски, внешние займы, долговая политика, бюджетные правила.

ҚАЗАҚСТАННЫҢ СЫРТҚЫ БОРШЫНЫҢ ТАЛДАУЫ ЖӘНЕ БАҒАЛАУЫ

[1]А.Б. Мухамедханова, [2]Н.Н. Жанакова, [3]М.Р. Сергазиева, [4]Е.К. Молдакенова, [4]Г.К. Амренова

[1]М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазахстан Университеті, Шымкент, Қазақстан,
[2]Экономика зерттеулер институты, Астана, Қазақстан,
[3]Академик Ә.Қуатбеков атындағы Халықтар достығы университеті, Шымкент, Қазақстан,
[4]Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
e-mail: nazikzhan291178@gmail.com

Мақалада Қазақстанның сыртқы қарыздың құрылымы, динамикасы және тәуекелдері кешенді талданып, сыртқы қарыздың өсуін анықтайтын негізгі факторлар бағаланған. Зерттеу мемлекеттік және жеке секторды, соның ішінде фирмааралық қарыздар мен квазимемлекеттік компаниялардың міндеттемелерін қамтиды.

Мемлекеттік басқару органдарының, Ұлттық банктің, банк секторының және нақты сектор кәсіпорындарының міндеттемелерін қоса алғанда, сыртқы қарыздың секторлық ерекшеліктері зерттелген.

Қарыз құрылымында ең үлкен үлесті қаржылық емес ұйымдар мен квазимемлекеттік компанияларды қамтитын «басқа секторлар» алатыны анықталды. Сондай-ақ, сыртқы қарызды тартудың қаржылық құралдары талданды, олардың ішінде несиелер мен қарыздар басым болатыны атап өтілді.

Зерттеу барысында жеке және квазимемлекеттік компаниялардың міндеттемелері бойынша мемлекеттің кепілдіктерімен, сондай-ақ ұлттық валюта бағамының өзгеруімен байланысты тәуекелдерге ерекше назар аударылды. Мемлекет кепілдік берген сыртқы қарыздың өсуі қосымша бюджеттік тәуекелдер тудыратыны атап өтілді.

Жүргізілген талдау негізінде қарыз алуды бақылауды нығайту, корпоративтік есептіліктің ашықтығын арттыру, қаржыландыру көздерін әртараптандыру және валюталық және шикізаттық тәуекелдерді хеджирлеу механизмдерін әзірлеу бойынша ұсыныстар көрсетілді. Қазақстанның ұзақ мерзімді қаржылық тұрақтылығын және макроэкономикалық тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін бюджеттік тәртіпті нығайту мен ішкі капитал нарығын дамыту қажеттілігі атап өтілді.

Түйін сөздер: сыртқы қарыз, қарыздық міндеттемелер, қарыздық тұрақтылық, бюджеттік тәуекелдер, сыртқы несиелер, қарыздық саясат, бюджеттік ережелер.

ANALYSIS AND ASSESSMENT OF KAZAKHSTAN' S EXTERNAL DEBT

[1]A.B. Mukhamedkhanova, [2]N.N. Zhanakova✉, [3]M.R. Sergaziyeva, [4]Y.K. Moldakenova, [4]G.K. Amrenova

[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,
[2]Economic Research Institute, Astana, Kazakhstan,
[3]Peoples' Friendship University named after Academician A. Kuatbekov, Shymkent, Kazakhstan,
[4]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
e-mail: nazikzhan291178@gmail.com

The article provides a comprehensive analysis of the structure, dynamics, and risks of Kazakhstan' s external debt, as well as an assessment of the key factors driving the growth of external liabilities. The study covers both the public and private sectors, including intercompany debt and obligations of the quasi-public sector.

The sectoral features of external debt are examined, encompassing the liabilities of government bodies, the National Bank, the banking sector, and enterprises in the real sector of the economy. It is revealed that the largest share of the debt structure belongs to "other sectors," which include non-financial organizations and public companies. The financial instruments used to attract external debt are also analyzed, with loans and borrowings being the predominant forms.

Special attention is given to the risks associated with state guarantees for the obligations of private and public companies, as well as to fluctuations in the national currency exchange rate, which may increase the cost of debt servicing. It is noted that the growth of state-guaranteed external debt creates additional fiscal risks.

Based on the analysis, recommendations are proposed to strengthen borrowing controls, enhance corporate reporting transparency, diversify funding sources, and develop mechanisms for hedging currency and commodity risks. The need to strengthen fiscal discipline and develop the domestic capital market to ensure long-term financial stability and macroeconomic stability in Kazakhstan is emphasized.

Keywords: external debt, debt obligations, debt sustainability, fiscal risks, external borrowing, debt policy, fiscal rules.

Введение. Внешний долг является важным экономическим индикатором, который отражает финансовую устойчивость страны и её способность обслуживать обязательства перед внешними кредиторами. Он играет значительную роль в экономике, обеспечивая приток внешних ресур-

сов, необходимых для финансирования бюджетного дефицита, развития инфраструктуры и реализации стратегических проектов. Однако высокий уровень внешнего долга может создавать определенные риски, связанные с его обслуживанием, зависимостью от внешних заимствований и изменениями в глобальной финансовой среде.

Для Казахстана, как для развивающейся страны с экономикой, ориентированной на экспорт природных ресурсов, эффективное управление внешним долгом является ключом к поддержанию макроэкономической стабильности и обеспечению роста в долгосрочной перспективе. В последние годы структура внешнего долга Казахстана претерпела значительные изменения, что требует детального анализа и оценки для понимания текущих рисков и перспектив.

В этой связи, целью исследования является анализ структуры и динамики внешнего долга Казахстана, а также оценка ключевых факторов, определяющих рост задолженности. Исследование направлено на выявление пределов роста внешнего долга согласно ковенантам внешнего долга, утвержденным в Концепции управления государственными финансами.

Гипотеза исследования заключается в том, что внешний долг Казахстана сохраняет управляемость благодаря диверсификации источников финансирования, росту ненефтяного сектора и стратегическому накоплению валютных резервов, несмотря на рост абсолютных показателей долга и уязвимость к колебаниям сырьевых цен. Ключевым риском остается высокая доля обязательств в иностранной валюте, которая при девальвации тенге может увеличить нагрузку на бюджет и корпоративный сектор.

Материалы и методы. Данное исследование основано на применении широкого спектра научных методов, обеспечивающих аналитическое сопровождение внешнего долга и структурных его элементов, позволивших провести его оценку согласно утвержденным ковенантам внешнего долга.

Для комплексного анализа и оценки внешнего долга Казахстана использованы следующие методы:

- системно-библиографический анализ, проведенного на основе изучения существующих научных публикаций и методологических подходов, касающихся анализа и оценки внешнего долга страны;

- институциональный анализ, позволивший изучить нормативно-правовые документы, регулирующие государственные заимствования, в том числе займы квазигосударственного сектора;

- методы сравнения и сопоставления на основе ключевых статистических показателей, позволивших выявить структурные особенности внешнего долга Казахстана, определить его позицию, а также оценить соответствие долговой нагрузки установленным критериям долговой устойчивости;

- экспертная оценка позволила верифицировать количественные данные, выявить ненаблюдаемые факторы риска и получить качественные инсайды о долгосрочных последствиях текущей долговой политики Казахстана.

Источниками данных явились официальные данные Бюро национальной статистики АСПР, Национального банка РК, Всемирного банка, а также аналитические отчеты и информация из интернет-ресурсов.

Исследованию вопросов внешнего долга посвящено множество научных трудов, каждый из которых подходит к изучению данного вопроса через призму влияния внешнего долга на различные макроэкономические ситуации при разных условиях.

Выявлено, что более высокий уровень внешнего долга связан с повышенной экономической уязвимостью за счет увеличения масштабов и вероятности внешних шоков, особенно в долгосрочном периоде, в то время, как краткосрочный внешний шок, напротив, снижает экономическую уязвимость. Определено, что государственный внешний долг оказывает более негативное влияние на экономическую стабильность, тогда как частный внешний долг не имеет явного эффекта [1]. При этом, экономический рост и инвестиции способствуют снижению внешнего долга [2], в том числе через трансмиссионные мак-

роэкономические каналы [3], [4] тогда как обменный курс, объем торговли, государственные расходы [5], а также международные резервы [6] приводят к его увеличению.

Исследования показывают, что в долгосрочной перспективе внешний долг оказывает положительное влияние на безработицу и ожидаемую продолжительность жизни, в то время как он оказывает негативное влияние на чистый национальный доход [7].

В целом, влияние внешнего долга на экономический рост подтверждает тезис о важности взвешенного управления долгом особенно для развивающихся экономик, уязвимых к внешним шокам [8] с качественной институциональной средой [9].

Несмотря на ряд проведенных исследований, возникает необходимость в углубленном изучении структурных аспектов внешнего долга и его динамики, а также влияния различных факторов и форм, влияющих на рост заимствований с целью их оценки в рамках установленных пределов роста в контексте эффективного управления государственными финансами.

Обсуждение и результаты. Внешний долг представляет собой совокупность финансовых обязательств государства и частного сектора перед иностранными кредиторами, выраженных в иностранной валюте. Он включает займы международных организаций, правительств других стран, коммерческих банков и институциональных инвесторов.

Внешний долг играет двойственную роль в экономике: с одной стороны, он служит инструментом привлечения ресурсов для финансирования дефицита бюджета, развития инфраструктуры и поддержки ключевых отраслей, с другой - создаёт риски макроэкономической нестабильности, особенно при неэффективном управлении долговой нагрузкой. В этой связи вопрос долговой устойчивости страны приобретает особое значение на фоне глобальной нестабильности, внешних шоков и ужесточения монетарной политики ведущих центральных банков, поскольку внешний долг страны, его объемы, структура и динамика оказывают влияние на платежный баланс, курс национальной валюты, уровень инфляции и способность выполнять свои обязательства перед кредиторами.



Рис.1 - Внешний долг РК, включая межфирменную задолженность, в 2014-2023 годы, млрд долл. США / % от ВВП

Примечание – составлено авторами на основании [10]

Внешний долг РК, включая межфирменную задолженность, за период 2014-2023 годы в абсолютном выражении вырос со 157,1 млрд тенге в 2014 году до 163,6 млрд тенге в 2023 году (рост 4,1%). В то время как его доля в ВВП уменьшилась с 71,0% в 2014 году до 62,7% в 2023 году (рисунок 1). Хотя это не критичный уровень по международным стандартам, рост внешнего долга в номинальном выражении вызывает опасения для структуры экономики с сырьевой направлен-

ностью, зависящей от волатильности цен на сырье.

Внешний долг без межфирменной задолженности в абсолютном выражении сократился с 78,0 млрд долл. в 2014 году до 70,5 млрд долл. в 2023 году (снижение на 9,6%). Доля в ВВП так же сократилась с 35,2% в 2014 году до 27,0% в 2023 году (на 8,2 п.п.) (рисунок 2).

При этом, важно отметить рост внешнего долга в кризисные 2016 и 2020 годы (рисунок 1), (рисунок 2).



Рис.2 - Внешний долг РК, исключая межфирменную задолженность, в 2014-2023 годы, млрд долл. США / % от ВВП

Примечание - Составлено по источнику [10]

Как видно из рисунков 1 и 2, большую часть внешнего долга занимает межфирменная задолженность казахстанских резидентов перед аффилированными нерезидентами (например, материнскими компаниями, дочерними предприятиями или партнерами за границей). То есть, это накопленные прямые иностранные инвестиции без учета реинвестированной прибыли. Речь идет о тех инвестициях, которые были привлечены в Казахстан в виде долговых инструментов (например, займов, кредитов внутри группы компаний), а не о прибыли, которую иностранные инвесторы заработали и оставили в стране. Это важно, так как межфирменная задолженность в рамках транснациональных корпораций, хотя может не всегда нести такие же риски, как обычные внешние долги, но все же остается значимой частью финансовых обязательств страны. Риски здесь могут возникнуть в случае внезапных требований к выплатам при кризисах у иностранных партнеров, формируя скрытые обязательства.

В секторальном разрезе к резидентам, имеющим внешний долг, относят:

а) органы государственного управления;

б) Национальный банк РК;

в) банки;

г) а также другие сектора.

Органы государственного управления во внешнем долге страны занимают определенную долю. Их доля составляет в среднем 19% за последние десять лет от всего внешнего долга РК, что указывает на активное привлечение внешних заимствований для финансирования бюджетных расходов. В ВВП их доля составила 4,5% в 2023 году. Хотя данный показатель не критичен, важно учитывать возможные риски увеличения долговой нагрузки в случае ухудшения экономической конъюнктуры.

Внешний долг Национального банка РК в структуре внешнего долга составил 2% или 0,9% от ВВП в 2023 году, оставаясь в целом незна-

чительным, что указывает на относительно консервативную политику привлечения внешних средств и наличие достаточных резервов для выполнения обязательств.

Банковский сектор за последние десять лет занимает лишь 11% в структуре внешнего долга. В ВВП их доля составила 4,3% в 2023 году. Это свидетельствует о снижении притока внешнего финансирования в банковскую систему, что вызвано как ужесточением регуляторных требований, так и ограниченным доступом казахстанских банков к международным кредитным ресурсам.

Значительную часть внешнего долга в общей структуре занимают «Другие сектора». Их доля составила 67% за последние десять лет или 17,4% от ВВП в 2023 году. К их числу относятся нефинансовые организации, то есть предприятия реального сектора экономики, привлекающие внешние кредиты и займы, а также квазигосударственные компании, такие как «Самрук Казына», «КазМунайгаз», и др., и частные корпорации, к числу которых относятся крупные предприятия, использующие внешнее финансирование. Эти сектора вносят значительный вклад в общий объем внешнего долга страны, особенно в части корпоративного заимствования.

По срокам до погашения внешний долг подразделяется на: а) краткосрочный; б) долгосрочный. Преобладающую долю занимает долгосрочный внешний долг (94%).6% принадлежит краткосрочному внешнему долгу.

Структура внешнего долга с точки зрения участия государства подразделяется на: а) государственный внешний долг; б) внешний долг банков и организаций, контролируемых государством, в том числе: в) гарантированный государством внешний долг. Структура внешнего долга с точки зрения участия государства позволяет оценить степень ответственности правительства за внешний долг и возможные бюджетные риски.

За десятилетний период государственный внешний долг вырос в абсолютном выражении с 8,3 млрд долл. в 2014 году до 14,0 млрд долл. в 2023 году (рост в 1,7 раза). Доля государственного внешнего долга в ВВП также выросла с 3,7% в 2014 году до 5,4% в 2023 году (рост на 1,6 п.п.) (рисунок 3). То есть это означает, что обязательства правительства перед международными кредиторами выросли.

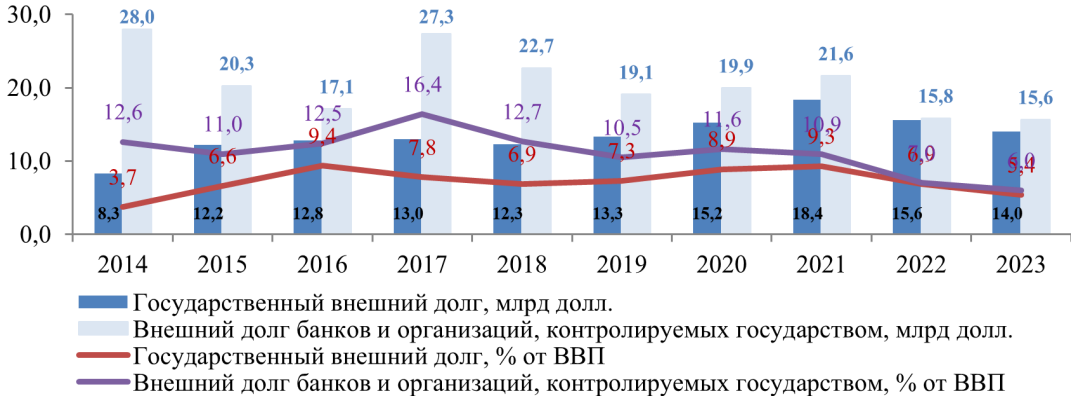


Рис.3 - Государственный внешний долг и внешний долг банков и организаций, контролируемых государством, млрд долл. / % от ВВП

Примечание - Составлено по источнику [10]

Внешний долг банков и организаций, контролируемых государством, имея значительно большую долю в общей структуре, тем не менее, согласно рисунку 3, в абсолютном выражении снизился с 28,0 млрд долл. в 2014 году до 15,6 млрд долл. в 2023 году (снижение в 1,8 раза). Их доля ВВП так же снизилась (в 2 раза) с 12,6% в 2014 году до 6,0% в 2023 году (рисунок 3). Внешний

долг банков и организаций, контролируемых государством, охватывает долговые обязательства государственных предприятий и финансовых институтов, находящихся под контролем государства. Такие организации могут привлекать внешнее финансирование на льготных условиях, однако высокий уровень их задолженности несет потенциальные бюджетные риски в случае необходимости поддержки со стороны государства. К числу таких организаций относятся квазигосударственные компании, национальные управляющие холдинги, такие как АО «Банк Развития Казахстана, АО «НУХ «Байтерек», «АО Самрук-Казына» и др.

Зачастую за обязательства частных или государственных компаний поручителем выступает правительство, и в случае дефолта заемщика эти обязательства ложатся на бюджет, что создает потенциальные фискальные риски. И обеспокоенность вызывает то, что гарантированный государством внешний долг за десятилетний период вырос в 6,7 раза – с 0,4 млрд долл. в 2014 году до 2,8 млрд долл. в 2023 году.

Государственный внешний долг сформировался за счет привлечения кредитов у международных финансовых организаций и двусторонних займов. За десятилетний период основная часть долга приходится на Еврооблигации (52,4% от всего внешнего долга), что указывает на зависимость от глобальных рынков капитала.

Международный банк реконструкции и развития, на которого приходится 26,1% от всего внешнего долга, является стабильным многосторонним кредитором с льготными условиями.

На Азиатский банк развития приходится 14,6% от всего внешнего долга, который финансирует инфраструктурные проекты в Центральной Азии.

К числу кредиторов входят также и Японский банк международного сотрудничества, на долю которого приходится за последние десять лет около 3,1% от всего внешнего долга, Европейский банк реконструкции и развития (1,3%), Исламский банк развития (0,9%), и другие.

В целом, внешний долг государственного сектора в расширенном определении, который включает в себя государственный внешний долг и внешний долг банков и организаций, контролируемых государством, снижается в абсолютном выражении с 36,2 млрд долл. в 2014 году до 29,7 млрд долл. в 2023 году (снижение на 18,1%). В отношении к ВВП данный показатель так же снижается с 16,4% в 2014 году до 11,4% в 2023 году, комплексно показывая долговую устойчивость на удовлетворительном уровне.

Для эффективного управления бюджетными ресурсами, государственным долгом, доходами и расходами страны на долгосрочную перспективу в 2022 году принята Концепция управления государственными финансами до 2030 года [11].

Согласно данной Концепции политика управления долгом стала осуществляться в рамках следующих основных ограничений:

1. Внешний долг Правительства (с учетом внешнего гарантированного государством долга) и внешний долг субъектов КГС не должен превышать 75% валютных активов Национального фонда РК.

2. Совокупный государственный долг и долг квазигосударственного сектора не должен превышать лимит 53,2% к ВВП.

3. Долг квазигосударственного сектора не должен превышать 21,2% к ВВП.

Из представленных ограничений оценку внешнего долга, в нашем случае, возможно провести согласно первому пункту ограничений касательно внешнего долга. Второй и третий пункты ограничений охватывают весь государственный долг и долг квазигосударственного сектора, включающий внутренний и внешний долг.

Согласно Концепции управления государственными финансами до 2030 года, лимит внешнего долга Правительства (с учетом внешнего гарантированного государством долга) и внешнего долга субъектов квазигосударственного сектора не должен превышать 75% валютных активов Национального фонда РК [11]. По расчетам авторов, за анализируемый период внешний долг государственного сектора в расширенном определении, который охватывает государственный

внешний долг и внешний долг банков и организаций, контролируемых государством, не превысил установленный лимит в 75% к валютным активам Национального Фонда РК (рисунок 4).

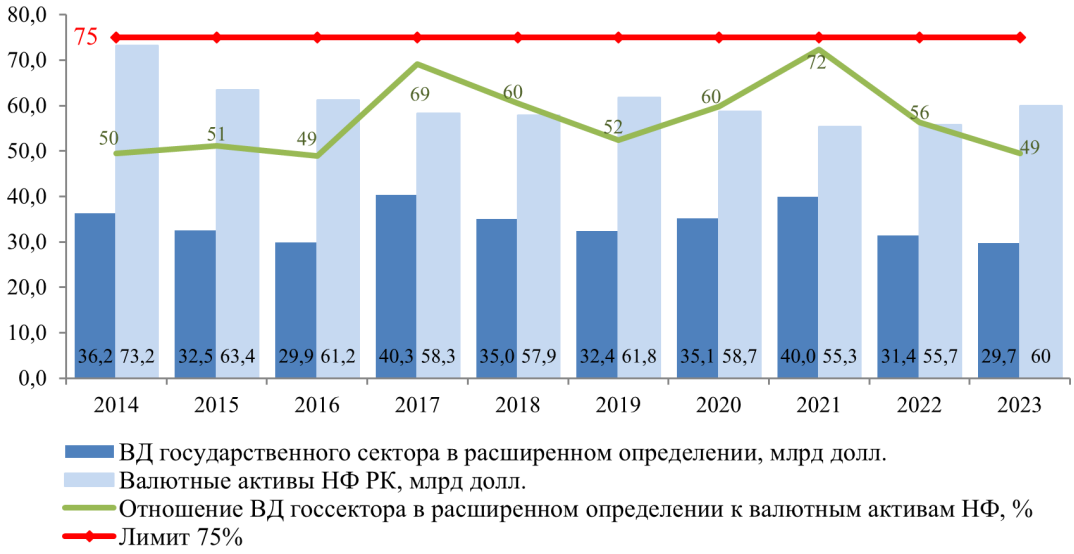


Рис.4 - Государственный внешний долг и внешний долг банков и организаций, контролируемых государством к валютным активам Национального Фонда РК, млрд долл. / %

Примечание - Составлено по источнику [10]

Согласно данным рисунка 4, следует отметить рост данного показателя к установленному лимиту в 75% в 2017 году (69%) и 2021 году (72%), объясняемый посткризисным восстановлением экономики, когда государство брало на себя как прямые, так и условные обязательства после кризисных годов.

Отдельное внимание необходимо уделить внешнему долгу частного сектора, который включает обязательства независимых от государства компаний и организаций перед иностранными кредиторами. Важно отметить их преобладающую долю в общей структуре долга и рост с 120,9 млрд долл. в 2014 году до 133,9 млрд долл. в 2023 году (рост на 10,8%). В процентном отношении к ВВП внешний долг частного сектора сократился с 54,6% в 2014 году до 51,3% в 2023 году. Хотя данный вид долга напрямую не связан с государственными финансами, кризисные ситуации могут потребовать косвенной поддержки со стороны правительства, например, в случае банкротства системообразующих предприятий. Поэтому необходимо тщательно отслеживать динамику задолженности, уровень валютных рисков и способность заемщиков обслуживать свои обязательства, чтобы минимизировать потенциальные фискальные и макроэкономические риски.

Внешний долг Казахстана классифицируется по финансовым инструментам, что позволяет детально анализировать структуру обязательств перед иностранными кредиторами. По финансовым инструментам внешний долг осуществляется через:

а) специальные права заимствования;

б) наличные деньги и депозиты;

в) долговые ценные бумаги;

г) кредиты и займы;

д) торговые кредиты и авансы;

е) прочие обязательства.

Среди всех финансовых инструментов основную долю занимают кредиты и займы (70,2%), динамика которых выросла за последние десять лет на 3,6%, что свидетельствует о значительной зависимости страны от международных заимствований (рисунок 5).

Долговые ценные бумаги в общей классификации финансовых инструментов внешнего долга занимают 11%, динамика которых за десять лет сократилась в 1,6 раза, что указывает на изменение предпочтений в способах привлечения капитала через кредиты и займы, а не путем выпуска облигаций.

Торговые кредиты и авансы, хотя и занимают небольшую долю в структуре применяемых финансовых инструментов (6,3%), динамика их роста увеличивается на 21,9% за десять лет, что свидетельствует об усилении внешнеэкономической деятельности.

Наличные деньги и депозиты занимают лишь 1,3%, но динамика их также значительно выросла и составила 3,5 раза за 2014-2023 годы, что свидетельствует о росте ликвидности внешних активов Казахстана.

Специальные права заимствования занимают 0,5%, но их рост составил 3,9 раза, что связано с перераспределением резервов МВФ в рамках глобальных антикризисных мер.



Рис.5 - Внешний долг РК в классификации по финансовым инструментам за 2014-2023 годы, млрд долл.

Примечание - Составлено по источнику [10]

Проведенный анализ показывает, что внешний долг Казахстана сохраняет устойчивость благодаря снижению доли в ВВП, а также соблюдению лимитов согласно Концепции управления государственными финансами до 2030 года. Однако рост номинального долга с преобладающей долей межфирменной задолженности, зависимость от сырьевых доходов и скрытые фискальные риски (гарантии государства) требуют усиления системы управления внешним долгом.

Прежде всего, основные вызовы связаны с доминированием межфирменных и частных обязательств, номинированные в иностранной валюте (доллар, евро). Эти обязательства зачастую не отражаются в публичной отчетности компаний, что затрудняет оценку реальной долговой нагрузки и создает дополнительные риски для экономики. Проблема усугубляется отсутствием жёстких лимитов на соотношение заёмных и собственных средств в рамках внутригруппового финансирования, что может приводить к накоплению долгов. В случае ослабления курса национальной валюты стоимость обслуживания долга для резидентов существенно возрастает, что негативно сказывается на их финансовой устойчивости. Ухудшение финансового состояния компаний-заемщиков может привести к сокращению инвестиционной активности, снижению темпов эконо-

мического роста и уменьшению занятости населения. В долгосрочной перспективе это создает угрозу для стабильности всей экономической системы.

Для минимизации данных рисков необходимы меры по повышению прозрачности корпоративной отчетности, введению более жестких регуляторных требований к заемной деятельности компаний, а также разработка механизмов, способствующих снижению зависимости от иностранной валюты.

Кроме того, вызывают особую тревогу скрытые фискальные обязательства государства, которое выступает поручителем по займам тех системообразующих предприятий (например, в нефтегазовом секторе), неспособных покрыть долговые обязательства, трансформируемые в бюджетные расходы. В результате создается давление на платежный баланс, поскольку резкий отток валюты для погашения долгов ухудшает текущий счет и снижает золотовалютные резервы.

Такая ситуация не только подрывает финансовую стабильность, но и ограничивает возможности государства для реализации стратегических программ и поддержки экономики в периоды кризисов. Для предотвращения подобных сценариев необходимы меры по повышению прозрачности финансовой деятельности системообразующих компаний, а также разработка механизмов, минимизирующих риски переложения долговых обязательств на государственный бюджет.

Такие вызовы в комплексе формируют систему взаимоусиливающихся рисков, образуя «эффект домино», когда проблемы у одного крупного заёмщика (например, в сырьевом секторе) могут спровоцировать цепную реакцию в связанных отраслях.

Без глубоких реформ ужесточения контроля за заимствованиями частного и квазигосударственного сектора, стимулирования несырьевого экспорта, создания механизмов хеджирования валютных и сырьевых рисков, страна рискует столкнуться с долговым кризисом, аналогичным кризисам таких развивающихся стран, как Аргентина, Турция в 1990-х гг. Текущие показатели, хотя и находятся в «зелёной зоне» по международным стандартам, маскируют накопленные структурные дисбалансы, которые могут проявиться при следующем глобальном шоке.

Выводы. Анализ структуры государственного долга Казахстана показывает, что страна демонстрирует относительно успешное управление государственным долгом, однако для обеспечения долгосрочной финансовой устойчивости и макроэкономической стабильности требуется дальнейшее совершенствование подходов к заимствованиям и снижение внешних рисков. Ключевыми вызовами остаются зависимость от колебаний курса тенге, глобальные изменения в финансовых условиях, а также необходимость финансирования дефицита бюджета, что создает дополнительную нагрузку на государственные ресурсы.

Для минимизации рисков важно продолжить диверсификацию источников финансирования, укрепить внутренний рынок капитала и усилить контроль за заимствованиями квазигосударственных и частных компаний. Особое внимание следует уделить повышению прозрачности корпоративной отчетности и разработке механизмов хеджирования валютных и сырьевых рисков, а также созданию резервов для покрытия потенциальных обязательств.

Кроме того, необходимо внедрять более строгие нормативы для внутригрупповых займов, стимулировать реинвестирование прибыли и повышать прозрачность корпоративной отчетности. Укрепление фискальной дисциплины, оптимизация структуры долга и развитие системы эффективного управления государственными финансами будут способствовать снижению долговой нагрузки, повышению доверия инвесторов и обеспечению устойчивого экономического роста в долгосрочной перспективе.

Литература

1. Dau N.H., Pham T., Luu H.N. & Nguyen D.T. External Debt and Economic Vulnerability: An International Evidence//Journal of Economic Integration.-2024.- Vol.39(4). - P.969-990. DOI

10.11130/jei.2024023.

2. Abdelaziz H., Rim B. & Majdi K. External Debt, Investment, and Economic Growth // Journal of Economic Integration. - 2019. – Vol.34(4). - P.725-745. DOI 10.11130/jei.2019.34.4.725.

3. Dawood M., Feng Z.R., Ilyas M. & Abbas G. External Debt, Transmission Channels, and Economic Growth: Evidence of Debt Overhang and Crowding-Out Effect // SAGE Open. - 2024. - 14(3). - P.1-20. DOI 10.1177/21582440241263626.

4. World Bank Group. Human Development Global Practice. External Debt, Fiscal Consolidation, and Government Expenditure on Education // Policy Research Working Paper. -2023. -10475. P.1-13. - URL: https://worldbank.org .- Date of address: 21.02.2025.

5. Dawood M., Baidoo S.T. & Raza Shah S.M. An empirical investigation into the determinants of external debt in Asian developing and transitioning economies // Development Studies Research. - 2021.- Vol.8(1). - P.253-263. DOI 10.1080/21665095.2021.1976658.

6. Mijiyawa A.G., Oloufade D.K. Effect of Remittance Inflows on External Debt in Developing Countries // Open Economic Review.- 2023. – Vol.34. - P.437-470. DOI 10.1007/s11079-022-09675-5

7. Ayoub A., Wani T.A. & Sultan A. External debt crisis & socio-economic fallout: Evidence from the BRICS nations // Regional Science Policy & Practice. - 2024. – Vol.16(6). - P.1-10. DOI 10.1016/j.rspp.2024.100029.

8. Elkhalfi O., Chaabita R., Benboubker M., Ghoujdam M., Zahraoui K., El Alaoui H., Laalam S., Belhaj I. & Hammouch H. The impact of external debt on economic growth: The case of emerging countries // Research in Globalization.-2024.- Vol.9.- P.1-10. DOI 10.1016/j.resglo.2024.100248.

9. Harsono E., Kusumawati A., Nirwana N. External Debt Determinants: Do Macroeconomic and Institutional Ones Matter for Selected ASEAN Developing Countries? // Economies. -2024. – Vol.12(1). - P.1-16. DOI 10.3390/economies12010007

10. Национальный банк РК. Статистика. Внешний долг. – URL: https://www.nationalbank.kz .- Дата обращения 21.02.2025.11.Об утверждении Концепции управления государственными финансами Республики Казахстан до 2030 года. Указ Президента Республики Казахстан от 10 сентября 2022 года № 1005. // https://adilet.zan.kz .- Дата обращения 21.02.2025.

References

1. Dau N.H., Pham T., Luu H.N. & Nguyen D.T. External Debt and Economic Vulnerability: An International Evidence//Journal of Economic Integration.-2024.- Vol.39(4). - P.969-990. DOI 10.11130/jei.2024023.

2. Abdelaziz H., Rim B. & Majdi K. External Debt, Investment, and Economic Growth // Journal of Economic Integration. - 2019. – Vol.34(4). - P.725-745. DOI 10.11130/jei.2019.34.4.725.

3. Dawood M., Feng Z.R., Ilyas M. & Abbas G. External Debt, Transmission Channels, and Economic Growth: Evidence of Debt Overhang and Crowding-Out Effect // SAGE Open. - 2024. - 14(3). - P.1-20. DOI 10.1177/21582440241263626.

4. World Bank Group. Human Development Global Practice. External Debt, Fiscal Consolidation, and Government Expenditure on Education // Policy Research Working Paper. -2023. -10475. P.1-13. - URL: https://worldbank.org .- Date of address: 21.02.2025.

5. Dawood M., Baidoo S.T. & Raza Shah S.M. An empirical investigation into the determinants of external debt in Asian developing and transitioning economies // Development Studies Research. - 2021.- Vol.8(1). - P.253-263. DOI 10.1080/21665095.2021.1976658.

6. Mijiyawa A.G., Oloufade D.K. Effect of Remittance Inflows on External Debt in Developing Countries // Open Economic Review.- 2023. – Vol.34. - P.437-470. DOI 10.1007/s11079-022-09675-5

7. Ayoub A., Wani T.A. & Sultan A. External debt crisis & socio-economic fallout: Evidence from the BRICS nations // Regional Science Policy & Practice. - 2024. – Vol.16(6). - P.1-10. DOI 10.1016/j.rspp.2024.100029.

8. Elkhalfi O., Chaabita R., Benboubker M., Ghoujdam M., Zahraoui K., El Alaoui H., Laalam S., Belhaj I. & Hammouch H. The impact of external debt on economic growth: The case of emerging countries // Research in Globalization.-2024.- Vol.9.- P.1-10. DOI 10.1016/j.resglo.2024.100248.

9. Harsono E., Kusumawati A., Nirwana N. External Debt Determinants: Do Macroeconomic and Institutional Ones Matter for Selected ASEAN Developing Countries? // Economies. -2024. – Vol.12(1). - P.1-16. DOI 10.3390/economies12010007

10. Nacional' nyj bank RK. Statistika. Vneshnij dolg. - URL: https://www.nationalbank.kz .- Data obrashhenija 21.02.2025.[in Russian]

11. Ob utverzhdenii Koncepcii upravlenija gosudarstvennymi finansami Respubliki Kazahstan do 2030 goda. Ukaz Prezidenta Respubliki Kazahstan ot 10 sentjabrja 2022 goda № 1005. // https://adilet.zan.kz .- Data obrashhenija 21.02.2025. [in Russian]

Сведения об авторах

Мухамедханова А.Б. - PhD, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан, e-mail: Dia-2808@mail.ru;

Жанакова Н.Н. - кандидат экономических наук, ассоциированный профессор, Институт экономических исследований, Астана, Казахстан, e-mail: nazikzhan291178@gmail.com;

Сергазиева М.Р. – кандидат экономических наук, Университет дружбы народов имени академика А.Куатбекова, Шымкент, Казахстан, e-mail: vipforever@mail.ru;

Молдакенова Е.К. - PhD, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: erke_totai_77@mail.ru;

Амренова Г.К. - старший преподаватель кафедры «Менеджмент», Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, e-mail: amrenova1969@mail.ru.

Information about the authors

Mukhamedkhanova A. - PhD, South-Kazakhstan University named after M.Auezov, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: Dia-2808@mail.ru;

Zhanakova N. - Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Economic Research Institute, Astana, Kazakhstan, e-mail: nazikzhan291178@gmail.com;

Sergaziyeva M. – Candidate of Economic Sciences, Peoples' Friendship University named after Academician A. Kuatbekov, Shymkent, Kazakhstan, e-mail: vipforever@mail.ru;

Moldakenova Y.K. - Ph.D, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: erke_totai_77@mail.ru;

Amrenova G.K. - Senior Lecturer, Department of Management; L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: amrenova1969@mail.ru.

ҒТАМР 06.52.41 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-944**

ЛАТЫН АМЕРИКАСЫ ЕЛДЕРІНДЕГІ ӨНЕРКӘСІПТІК САЯСАТ

[1]Ж.Д. Серикбаева, [2]К.А. Мадыханова, [3]А.С. Бактымбет

[1,2]Алматы Менеджмент Университеті, Алматы, Қазақстан,
[3]Т. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан
Корреспондент-автор: madyxanova77@mail.ru

Бұл мақала Латын Америкасы елдерінің индустриялық саясатының құрылымын, мәселелерін және перспективаларын талдауға арналған. Өңірдегі негізгі экономикалық және құрылымдық өзгерістер, жаһандық экономикалық процестердің әсері және өнеркәсіптің ішкі даму динамикасы зерттеледі. Мақалада шикізат экспортына тәуелділік, жаһандық құн тізбектеріне төмен қатысу және инновацияларға шектеулі инвестициялар сияқты макроэкономикалық қиындықтар қарастырылады. Чили, Бразилия және Мексика сияқты елдердің табысты өнеркәсіптік стратегияларын қолдану тәжірибесі талданады. Зерттеуде экономикалық, тарихи және саяси талдауды қамтитын пәнаралық әдіс, сондай-ақ қаржылық құжаттар мен стратегияларды контент-талдау қолданылды. Мексикадағы автомобиль өнеркәсібі және Бразилиядағы авиация саласы сияқты кластерлік бастамалардың мысалдары қарастырылған. Өнеркәсіптік саясаттың табысты болуына әсер ететін факторларға ерекше назар аударылады, соның ішінде ұзақ мерзімді жоспарлау, жеке сектордың қатысуы, ішкі сұранысты дамыту және іске асыру механизмдерінің икемділігі. Өңірдің ерекшеліктерін ескере отырып, халықаралық тәжірибені бейімдеудің, мемлекеттің және жеке сектордың тұрақты индустриялық саясатты қалыптастыруға белсенді қатысуының маңыздылығы туралы қорытынды жасалды.

Түйін сөздер: индустриялық саясат, Латын Америкасы, экономикалық даму, инновациялар, макроэкономика, жаһандық құн тізбектері, инвестициялар, кластерлік бастамалар.

ИНДУСТРИАЛЬНАЯ ПОЛИТИКА В СТРАНАХ ЛАТИНСКОЙ АМЕРИКИ

[1]Ж.Д. Серикбаева, [2]К.А. Мадыханова, [3]А.С. Бактымбет

[1,2]Алматы Менеджмент Университет, Алматы, Казахстан,
[3]Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова, Астана, Казахстан,
e-mail: madyxanova77@mail.ru

Статья посвящена анализу индустриальной политики стран Латинской Америки, ее структуре, проблемам и перспективам. Исследуются ключевые экономические и структурные изменения в регионе, влияние глобальных экономических процессов и внутренняя динамика развития промышленности. В работе рассматриваются макроэкономические вызовы, включая зависимость от экспорта сырья, низкий уровень участия в глобальных цепочках добавленной стоимости и ограниченные инвестиции в инновации. Анализируется опыт различных стран региона, включая Чили, Бразилию и Мексику, в применении успешных промышленных стратегий. В статье использован междисциплинарный подход, включающий экономический, исторический и политический анализ, а также контент-анализ финансовых документов и стратегий. Рассмотрены примеры кластерных инициатив, таких как автомобильная промышленность Мексики и авиационная отрасль Бразилии. Особое внимание уделено факторам, влияющим на успех промышленной политики, включая долгосрочное планирование, участие частного сектора, развитие внутреннего спроса и гибкость механизмов реализации. Сделан вывод о необходимости адаптации международного опыта к специфике региона, активного вовлечения государства и частного сектора в формирование устойчивой индустриальной политики.

Ключевые слова: индустриальная политика, Латинская Америка, экономическое развитие, инновации, макроэкономика, глобальные цепочки добавленной стоимости, инвестиции, кластерные инициативы.

INDUSTRIAL POLICY IN LATIN AMERICAN COUNTRIES

[1]Zh.D. Serikbaeva, [2]K.A. Madykhanova✉, [3]A.S. Baktymbet

[1,2]Almaty Management University, Almaty, Kazakhstan,
[3]Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulazhanov, Astana, Kazakhstan,
e-mail: madyxanova77@mail.ru

This article analyzes the industrial policy of Latin American countries, its structure, challenges, and prospects. It examines key economic and structural changes in the region, the impact of global economic processes, and the internal dynamics of industrial development. The study addresses macroeconomic challenges such as dependence on raw material exports, low participation in global value chains, and limited investments in innovation. The experience of countries like Chile, Brazil, and Mexico in implementing successful industrial strategies is analyzed. The research employs an interdisciplinary approach that includes economic, historical, and political analysis, as well as content analysis of financial documents and strategies. Examples of cluster initiatives, such as Mexico's automotive industry and Brazil's aviation sector, are considered. Special attention is given to factors influencing the success of industrial policy, including long-term planning, private sector involvement, domestic demand development, and flexibility in implementation mechanisms. The article concludes that adapting international experience to regional specifics and ensuring active participation of both the state and the private sector are crucial for the development of a sustainable industrial policy.

Keywords: industrial policy, Latin America, economic development, innovation, macroeconomics, global value chains, investments, cluster initiatives.

Кіріспе. Соңғы екі онжылдықта жаһандық экономикалық жағдай айтарлықтай өзгерістерге ұшырады. Қытай экономикасының өсуі, геосаяси өзгерістер және цифрлық революция тез өзгеретін экономикалық ландшафтты қалыптастыруда. Оңтүстік-Шығыс Азия мен Тынық мұхиты аймағы өзінің өсіп келе жатқан жаһандық маңыздылығымен назар аударады. Африка халқының қарқынды өсуімен және аймақ басшыларының жаңа даму стратегиясын қалыптастыруымен ерекшеленеді. Ал Латын Америкасы мен Кариб бассейні елдерінің даму перспективалары әлі де күрделі күйде қалып отыр.2023 жылы экономикалық өсім тұрақты тұтыну мен инвестициялардың, капитал ағынының және сыртқы сұраныстың арқасында күткеннен жоғары болды. Дегенмен, инфляция төмендегенімен, ол әлі де жоғары деңгейде сақталуда, ал құрылымдық қиындықтар мен макроэкономикалық саясат мәселелері өзектілігін жоғалтқан жоқ.2024 жылы қаржылық жағдайдың қатаңдауы ішкі сұранысқа әсер етіп, Қытай мен АҚШ-тағы экономикалық өсімнің баяулауы экспортты тежеді [1].

Кедейлік деңгейінің төмендеуі, табыстардың бөлінуінің жақсаруы, білім беру мен денсаулық сақтау салаларына қолжетімділіктің артуы және цифрландырудағы жетістіктерге қарамастан, Латын Америкасы елдері әлі де экономикалық тұрақсыздықпен сипатталады. Негізгі мәселе - бұл аймақ әлемдік нарықта шикізат жеткізуші мәртебесінен шығып, жаһандық құн тізбектеріне қалай тиімдірек қатыса алады деген сұрақта. Бұл қатысудың артуы жергілікті экономикалық субъектілер үшін тиімді болуы керек [2].

Бұл мақалада Латын Америкасы елдеріндегі өнеркәсіптік саясатты жүзеге асыру мәселелері қарастырылады. Бұл аймақ біртектіліктен алыс: елдер экономикалық дамудың әртүрлі деңгейінде және нарық көлемі әртүрлі. Дегенмен, бұл елдердің ортақ тарихи-мәдени мұрасы және индустриялық саясатты жүзеге асырудағы ортақ көзқарастары бар. Латын Америкасы елдерінің тәжірибесі, макроэкономикалық саясаттың проблемаларына қарамастан, бай және елдер таныс технологияларды қалай және неге толығымен өзгертетіні және кадрларды қайта дайындайтыны, неге кейбіреулер басқаларға қарағанда тезірек және жақсырақ үйренеді және неге кейбіреулері өнеркәсіптік саясатты дамыту үшін қажетті тетіктерді іске қоспай жатқаны туралы қызықты са-

бақтар ұсынады.

Біз бірнеше Латын Америкасы елдерінің тәжірибесін қарастырамыз және ең дамыған және өнеркәсібі дамыған елдерге назар аударамыз. Біз мақаланы Латын Америкасындағы экономикалық даму және құрылымдық өзгерістер туралы статистикалық мәліметтерге талдау жасаудан, аймақ елдеріндегі өнеркәсіптік даму проблемаларын, өндіріс пен сауданың басым үлгілерінен туындайтын білім беру жүйесінің кемшіліктерін, білім базасының шектеулілігін қарастырудан бастаймыз. Содан кейін ол Латын Америкасының өнеркәсіптік саясатындағы жаңа мүмкіндіктер мен инновациялық тәсілдерді талдайды. Мақаланың соңында Латын Америкасындағы табысты өнеркәсіптік саясат мысалдарына назар аударылады. Мақалада өнеркәсіптік саясатты дамытудың әмбебап тәсілі жоқ, бірақ экономикалық дамудың қолайлы тетіктерін іске қосатын жалпы принциптер бар деп қорытындыланады.

Өндіріс жүйелерінің жаһандық трансформациясы және ресурстар мен нарықтар үшін бәсекелестіктің күшеюі жағдайында өнеркәсіптік саясат экономикалық даму стратегиясында тағы да басты мәнге ие болуда. Әлеуметтік-экономикалық, саяси және институционалдық факторлардың тоғысында индустриялық стратегиялар қалыптасатын Латын Америкасы елдерінің тәжірибесіне ерекше назар аударылады. Осы макроөңірдегі өнеркәсіптік саясатты талдау дамудың экономикалық теорияларының ықпалын, саясиқұқықтық реттеу тетіктерін, сондай-ақ аймақтың тарихи-мәдени ерекшеліктерін жан-жақты қарастыруға мүмкіндік беретін пәнаралық көзқарасты қажет етеді. Экономиканың, саясаттанудың, институционалдық теорияның және аймақтанудың әдістері мен концептуалды негіздерін біріктіру Латын Америкасы елдерінде олардың құрылымдық шектеулерін, әлеуметтік біркелкі еместігін және әлемдік үрдістерге тәуелділігін ескере отырып, индустриялық стратегияларды қалыптастыру және жүзеге асыру заңдылықтарын неғұрлым толық ашуға мүмкіндік береді.

Материалдар мен әдістер. Бұл зерттеу барысында Латын Америкасы елдерінің индустриялық саясатын кешенді талдауға мүмкіндік беретін түрлі әдістер қолданылды. Негізгі назар экономикалық, тарихи және саяси талдауды қамтитын пәнаралық әдіске аударылды.

1. Ғылыми әдебиеттерді талдау. UNCTAD, ABDI, ECLAC/CEPAL сияқты халықаралық ұйымдардың жарияланымдары мен Латын Америкасы елдерінің индустриялық саясатына арналған академиялық жұмыстар зерттелді.

2. Қаржылық құжаттар мен стратегиялық жоспарларды контент-талдау. Үкіметтік құжаттар, стратегиялық жоспарлар, заңнамалық актілер мен экономикалық даму бағдарламалары талданды.

3. Кросс-мәдени талдау. Латын Америкасы елдерінің ортақ тарихи негіздері болғанымен, олардың экономикалық даму модельдері әртүрлі. Бұл зерттеу жалпы заңдылықтар мен әр елге тән ерекшеліктерді анықтауға көмектесті.

4. Кластерлік бастамаларды талдау. Латын Америкасының өнеркәсіптік саясатындағы табысты кластерлік стратегиялардың үлгілері, мысалы, Мексикадағы автомобиль кластерлері мен Бразилиядағы авиация индустриясы зерттелді.

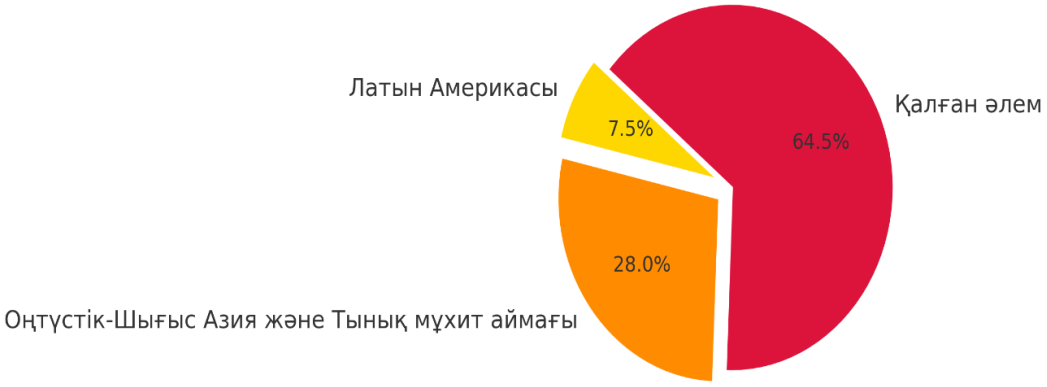
Нәтижелер және талқылау. Латын Америкасы дамуының баяу қарқынымен ерекшеленетін әлемдік экономикалық жағдай жоғары жылдамдықпен өзгеруде. Латын Америкасының жаһандық ЖІӨ-ге қосқан үлесі 1960 жылдардан бері шамамен 7,5% деңгейінде тұрақты болды (сурет 1) [3]. Оңтүстік-Шығыс Азия мен Тынық мұхиты аймағының көтерілуі, атап айтқанда, 1970 жылдардың соңынан бастап Қытайдың жедел көтерілуі жаһандық экономика эволюциясының маңызды кезеңі болды [4]. Оңтүстік-Шығыс Азия мен Тынық мұхиты елдері қазір жаһандық ЖІӨнің 28% құрайды, бұл 1960 жылғы 12% -дан жоғары және 2007 жылдан бері әлемдегі жетекші экономика ретінде АҚШ-ты басып озды [5].

Алайда 2014 жылы Латын Америкасы елдерінің әлемдік ЖІӨ-дегі үлесі 7,9%-ды құраса, 2021 жылы бұл көрсеткіш шамамен 2%-ға төмендеді [6].

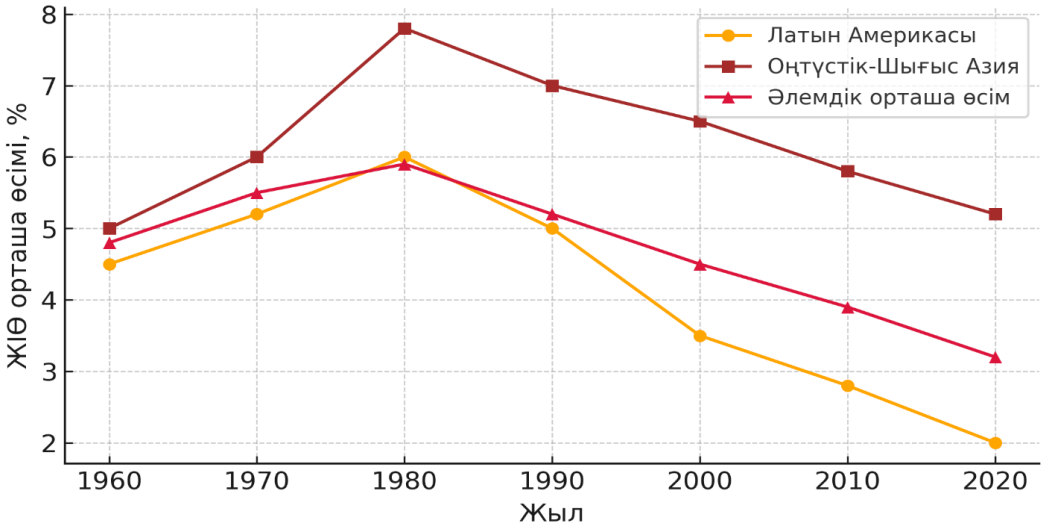
Қытай шамамен отыз жыл бойы жаһандық экономикалық өсудің негізгі драйвері болды.1990 және 2020 жылдар аралығында бұл ел әлем-

дік ЖІӨ өсімінің төрттен бірінен астамын құрады.2013 және 2021 жылдар аралығында Қытай жаһандық ЖІӨ өсімінің 39%-ға жуығын құрады, бұл G7 елдерін біріктіргеннен 13%-ға көп [7].

Халықаралық валюта қорының (ХВҚ) мәліметі бойынша Қытай қазіргі уақытта номиналды ЖІӨ көлемі бойынша әлемде екінші орында тұр. Азияның басқа экономикалары да ең үлкендердің қатарында, Жапония ЖІӨ бойынша әлемде төртінші, ал Үндістан бесінші орында.



1 - сурет. Латын Америкасының әлемдік ЖІӨ-дегі үлесі



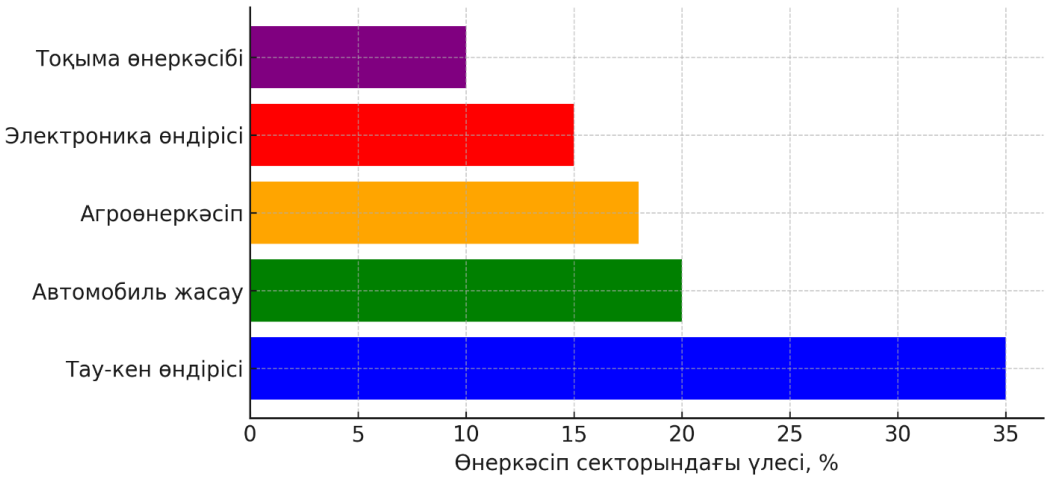
2 - сурет. Латын Америкасы және басқа аймақтардағы ЖІӨ өсу динамикасы

Жапония бұған дейін әлемдегі үшінші ірі экономика болды, бірақ ол 2023 жылдың үшінші және төртінші тоқсанында ІЖӨ-нің қысқаруы нәтижесінде техникалық рецессияға түсіп, Германияға бұл позициясын ұсынды [8].

Латын Америкасы экономикалық динамизмнің аздығымен сипатталады. Африкадан, Қытайдан және Оңтүстік-Шығыс Азиядан айырмашылығы, аймақ ұзақ мерзімді кезеңде орташа әлемдік деңгейден баяу өсті. Тауарларға сұраныстың өсуіне және ішкі сұраныс арқылы ЖІӨ өсуін қамтамасыз ете алатын өсіп келе жатқан ор-

та тапқа қарамастан, аймақ осы кезеңді сипаттайтын экономикалық өсу қарқынын қалпына келтіруден алыс. Соңғы онжылдықтағы аймақтың ЖІӨ-нің орташа өсімі ел әлемдік нарықта бәсекеге қабілетті отандық өнеркәсіптік әлеуетті құруға бағытталған мемлекеттік даму және импортты алмастыру саясаты кезеңінде болған 1950 және 1960 жылдардағы көрсеткіштің жартысын ғана құрайды (сурет 2).

Өнеркәсібі дамыған елдердің тәжірибесін пайдалану дамушы елдердің алға жылжуына мүмкіндік береді, ол шын мәнінде ЖІӨ мен өнімділіктің өсу көзі болып табылады [9]. Тәжірибемен алмасу әртүрлі деңгейде өтеді. Бір жағынан, ол саясат пен институционалдық даму деңгейінде жүзеге асырылады; екінші жағынан, өндіріс процесінде және инновациялық жүйелерде әртүрлі деңгейлерде орын алады: секторлар мен құн тізбегінде, фирмаларда, аумақтық кластерлерде және жеке деңгейде. Азиямен салыстырғанда Латын Америкасының шектеулі экономикалық өсу көрсеткіштері оның жаһандық экономикаға маргиналды, біркелкі интеграциялануымен, аймақтың тұрақты құрылымдық инерциясымен және осыған байланысты оқу мүмкіндіктерінің шектелуімен байланысты [10]. Бір жағынан, Латын Америкасы тауарлармен байланысты болып қала береді және жаһандық құн тізбегіне шектеулі қатысуға ие. Экономикалық күрделіліктің Хидалго-Хаусман индексі соңғы екі онжылдықта азиялық табыстар тарихында көтерілгенімен, Оңтүстік Америкада, Орталық Америкада және Кариб бассейнінде өте төмен болып қалды. Өңірдегі елдер ресурстарды көп қажет ететін қызметке немесе жаһандық құн тізбегіндегі құрастыру желілеріне маманданған жоқ, сонымен бірге олардың көпшілігі өнеркәсіптік мүмкіндіктеріне зиян келтіре отырып, уақыт өте келе табиғи ресурстарға тәуелділігін арттырды. Мысалы, Чилиде тау-кен экспортының жалпы экспорттағы үлесі 1990 жылдан 2017 жылға дейін 40%-дан 50%-ға дейін өссе, Колумбияда мұнай экспортының үлесі 25%-дан 50%-ға дейін өсті [11].



3 - сурет. Латын Америкасындағы негізгі өнеркәсіптер, 2023ж. [8]

Латын Америкасында құрылымдық өзгерістерге және экономиканы әртараптандыруға қол жеткізу өнеркәсіптік саясаттың негізгі мақсаты болып қала береді. Өңдеу өнеркәсібі – облыстың материалдық өндірісінің негізгі саласы. Мұнда Латын Америкасының экономикалық белсенді халқының шамамен 15% жұмыс істейді.1960 жылдардың соңына дейін өңдеу өнеркәсібінің жетекші саласы тамақ өнеркәсібі болды, ал 1970 жылдардан бастап оны металл өңдеу және машина жасау басып озды. Дегенмен, Латын Америкасының өңдеу өнеркәсібі қазір Қытайдың бәсекелестігінің күшеюіне және ғылыми зерттеулер мен инновацияларға инвестицияның шектеулі болуы-

на байланысты өз орнын жоғалтып жатыр.

Өңірдегі экономикалардың көпшілігі төмен өнімділік және экономикалық құрылымдарының жеткіліксіз әртараптандыру проблемаларымен бетпе-бет келеді. Бұл сипаттамалар мүмкіндіктердің бірнеше фирмаларда, секторларда және аумақтарда шоғырлануымен байланысты. Мысалы, Чилиде ірі фирмалар экономикада басым рөл атқарады, бірақ олар дамыған елдердегі әріптестеріне қарағанда жаңашылдығы төмен. Чилидегі ірі фирмалар бизнес айналымының 73% және жалпы ҒЗТКЖ-ның 57% құрайды, ал Германияда мұндай фирмалар айналымның 53% және ҒЗТКЖ-ның 85% құрайды [11].

Өнеркәсіптік саясат (әртүрлі формада және әртүрлі атаулармен) 1950 жылдардан бері Латын Америкасы үшін жаңалық емес [12]. Алайда, 1950-1970 жылдар аралығын қоспағанда, олар ұлттық даму стратегияларында маңызды рөл атқара алмады. Олардың дамуы жүйелі болған жоқ және олар қайтадан ұлттық даму стратегияларының бір бөлігіне айналса да, Латын Америкасын жаңғыртудың бастапқы кезеңіне тән амбиция мен инвестицияны ешқашан қайтара алмады [11].

1980-1990 жылдар аралығында бірте-бірте индустрияландыруға, біліктілікті арттыруға және өндірістік мүмкіндіктерді жинақтауға бағытталған өнеркәсіп саясаты бұрынғы танымалдылығын жоғалтып, экономикалық дамудың онша маңызды емес стратегиясына айналды. Іс жүзінде ырықтандыру кезеңінде өнеркәсіптік саясаттың кейбір құралдары белсенді болғанымен, олар бәсекеге қабілеттілік және кластерді дамыту саясаты сияқты нарыққа қолайлы тұжырымдамалар ретінде ұсынылды [13]. Сол кезде аймақтағы өнеркәсіптік саясатқа қатысты басым пікірді «Ең жақсы өнеркәсіптік саясат – өнеркәсіптік саясат жоқ» деген атақты сөз тіркесімен түйіндеуге болады [14]. Ресурстарды бөлу және ынталандыру механизмі ретінде нарықтың артықшылығына идеологиялық сенім мемлекеттің экономикаға белсенді араласуының қауіптілігі туралы кең алаңдаушылықты тудырды және сыбайлас жемқорлық пен билікті басып алу тәуекелдерін барынша азайту мақсатында даму стратегияларына ұстамды көзқарасты ынталандырды. Содан бері өнеркәсіптік саясаттар аймаққа әртүрлі нысандарда және вариацияларда қайта оралды, бірақ олардың әсері, бірнеше оқшауланған сәтті жағдайларды қоспағанда, күткеннен төмен болды.

Латын Америкасында өнеркәсіптік саясаттың әлсіз болуының көптеген себептері бар. Олардың ішінде ең маңыздысы басқа аймақтардағы өнеркәсіптік саясат табысының әртүрлі факторларының Латын Америкасының тәжірибесінде жоқтығымен байланысты. Латын Америкасындағы өнеркәсіпті дамыту саясаты әрқашан Оңтүстік-Шығыс Азия елдерінің экспортқа бағытталған өршіл индустрияландыру стратегияларынан, тіпті одан әрі отандық өнеркәсіпке басымдық берудің бүкіл үкіметтік көзқарасынан және АҚШ-та әрқашан басым болған технологиялар мен зерттеулерге баса назар аударудан алыс болды. Оның үстіне олар экономикасы табысты елдердегідей дәйектілікпен және бюджеттік қолдаумен жүзеге асырылмайды.

Латын Америкасындағы өнеркәсіптік даму саясатының бастамалары инновацияларды дамыту мен енгізуге және елдердің технологиялық алшақтығын еңсеруге қатысты баламалы ойлау мен перспективаларды қалыптастыруға бағытталған. Салық жеңілдіктерін беруге, ҒЗТКЖ және инновациялық қызметтің басқа да түрлеріне жұмсалатын шығындарды арттыруға баса назар аударылды. Саясатты әзірлеуде оқыту екі негізгі арна арқылы жүзеге асады: орындау арқылы үйрену (яғни, тәжірибе жасау және жаңа саясаттарды енгізу арқылы) және басқалардан үйрену (яғни, басқа елдерде қолданылатын тәжірибелерді жергілікті шындыққа бейімдеу арқылы үйрену) [15].

Латын Америкасының тәжірибесі көрсеткендей, басқа елдердің тәжірибелерін қолдану маңызды болғанымен, өнеркәсіптік дамудың жоғары қарқынына жету жеткіліксіз. Тәжірибе арқылы білім алу – саяси процестердің сапасы мен әсерін жақсартудың күшті құралы. Латын Америкасы елдері тарихи түрде басқа елдердің тәжірибесінен үйренуге дайын және ашық болды.2000 жылдардың басынан бастап аймақта енгізілген көптеген инновациялық бағдарламалар Еуропа елдерінің тәжірибесі негізінде әзірленді және биз-

несті құру мен кеңейтудің бірнеше қаржылық құралдары АҚШ тәжірибесінен алынды [16].

Оқыту процесінде Латын Америкасының үкіметтері өз нарықтарына бейімделуде сақтық танытты. Өзара оқыту мен диалог маңызды және саясатты жасау процесінің сапасы мен әсерін жақсарта алатын болса да, оқытудың көп бөлігі елдер өнеркәсіптік саясатты әзірлеу мен жүзеге асырумен тікелей тәжірибе жасағанда орын алады.

Бір жағынан, Латын Америкасындағы өнеркәсіптік саясаттың шектеулі әсер ету себебі - бұл саясаттар үкіметтер үшін ешқашан басымдық болған емес - кем дегенде 1980 жылдардан бері. Макроэкономикалық тұрақтылық пен басымдық деп саналатын және дәстүрлі экономикалық саясатты ұстану ұлттық даму стратегияларын қалыптастырудың негізгі факторлары болды. Оңтүстік-Шығыс Азиядағы, Латын Америкасындағы табысты экономикалардың тәжірибесінен айырмашылығы, саясат тиімді жасалған кезде де, олар ұлттық даму стратегияларын бағыттауда рөл атқармады [13]. Оңтүстік-Шығыс Азияда жергілікті экономикадағы оқу динамикасын белсендіру және технологиялық және өндірістік мүмкіндіктерді жинақтау басты ұлттық басымдықтардың бірі болды; сондықтан бұл өнеркәсіптік саясаттар инвестицияны жұмылдыра алды және оқу мен әлеуетті арттыру үшін қажетті ынталандыруды жасай алды.

Екінші жағынан, өнеркәсіптік саясаттар Латын Америкасында сәтсіздікке ұшырады, өйткені оларда табысты жағдайларды ерекшелейтін белгілі бір сипаттамалар болмады. Жалпы, оларға Корея Республикасы мен Қытай сияқты басқа экономикалар пайдаланатын уақыт пен бюджеттік қолдау жетіспеді. Бірақ олардың үш санатқа топтастыруға болатын ерекше сипаттамалары да болды: а) пайымдау және стратегия; б) жеке сектордың рөлі және ішкі сұраныс; және в) іске асыру механизмдері.

Латын Америкасында тұтастай алғанда өнеркәсіптік саясатты жүзеге асыруда тұтас көзқарас пен стратегиялық көзқарас жоқ. Оның орнына саясат көбінесе қысқа мерзімді экономикалық қиындықтар мен саяси қажеттіліктерге жауап ретінде әзірленді, бұл ұзақ мерзімді даму стратегиясын қалыптастыруға кедергі болды. Мысалы, экономикалық дағдарыстар елдің өнеркәсіптік базасы үшін салдарын тиісті түрде ескермей, мемлекеттік шығындарды қысқарту немесе сауданы ырықтандыру сияқты тез тұрақтандыруға бағытталған шараларды жиі енгізуге әкелді [12].

Оның үстіне, өнеркәсіптің экономикалық өсудегі рөлі туралы нақты көзқарас болған Оңтүстік-Шығыс Азия елдерінен айырмашылығы, Латын Америкасы елдері көбінесе өнеркәсіп саясатын әртүрлі министрліктер мен ведомстволарға тапсырып, күш-жігердің бытыраңқылығына және үйлестірудің болмауына әкелді. Нәтижесінде бұл жүзеге асырылып жатқан шаралардың тиімділігін төмендетіп, еліміздің негізгі салаларды дамыту арқылы жасалған әлеуетті мүмкіндіктерді пайдалануына кедергі келтірді.

Нақты стратегияның жоқтығы жеке секторды қолдаудың жоқтығынан да байқалады. Көптеген Латын Америкасы елдерінде үкіметтік қолдау көбінесе арнайы мүдделі топтардың қолдауына жауап ретінде іріктеліп, компаниялар үшін бірқелкі емес бәсекелестік өрісін құрады.

Өнеркәсіптік саясаттың табысты мысалдары бар елдерде жеке сектор өнеркәсіптік стратегиялар мен бастамаларды әзірлеуге белсенді қатысады. Бұл консультацияларды, мемлекеттік органдармен ынтымақтастықты және нормалар мен стандарттарды әзірлеуге қатысуды қамтиды [16].

Латын Америкасында, керісінше, жеке сектор көбінесе құндылық жасаудағы серіктес емес, мемлекет үшін кіріс көзі ретінде қабылданады. Мемлекет пен бизнес арасында диалогтың болмауы өнеркәсіптік саясатқа қатысты мәселелер бойынша келісімге келуді қиындатады. Нәтижесінде, мемлекеттік органдар әзірлеген бастамалар жеке сектордың нақты қажеттіліктері мен мүмкіндіктерін көрсетпеуі мүмкін, бұл олардың қолайлылығы мен тиімділігін төмендетеді [15].

Сонымен қатар, Латын Америкасы елдеріндегі ішкі сұраныс жиі әлсіз болып қалады. Аймақтың экономикасы айтарлықтай әлеуетке ие болғанымен, ішкі нарықтар әдетте табыстың төмен деңгейімен шектеледі, бұл оларды инвестиция үшін тартымды етеді. Бұл сондай-ақ сыртқы сұраны-

сқа тәуелділікті қалыптастырып, экономиканы жаһандық нарықтық ауытқуларға осал етеді [17].

Латын Америкасындағы өнеркәсіптік саясатты жүзеге асыру тетіктері жиі жүйелілік пен тұрақтылықтың болмауынан зардап шегеді. Нәтижесінде, саясат пен мемлекеттік басқару құрылымдарының жиі өзгеруі бағдарламалар мен бастамалардың ұзақ мерзімді перспективада жүзеге асырыла алмайтынын білдіреді [16].

Бастамаларды тиімді жүзеге асыруға икемсіз әкімшілік процедуралар мен бюрократия да кедергі келтіреді. Корея Республикасы сияқты өнеркәсіптік саясаттың табысты үлгілері бар елдерде әртүрлі мемлекеттік органдар арасында нақты және тиімді үйлестіру тетіктері болды, бұл бастамаларды жүзеге асырудағы жүйелілік пен тұрақтылықты қамтамасыз етті.

Өнеркәсіптік саясатты тиімді жүзеге асыру үшін бағдарламаларды үйлестіруге және бақылауға жауапты мамандандырылған институттар болуы керек. Бұл сондай-ақ нәтижелерді қадағалауға және қажет болған жағдайда түзетулер енгізуге мүмкіндік беретін деректер базасын және бағалау жүйесін әзірлеуді талап етеді

Латын Америкасының өнеркәсіптік саясаттағы тәжірибесі аймақтағы елдерге болашақта тиімдірек стратегияларды жасауға көмектесетін бірнеше негізгі сабақ береді.

1. Ұзақ мерзімді көзқарас пен стратегия: Өнеркәсіпті дамыту күш-жігерін бағыттау үшін нақты ұзақ мерзімді мақсаттар мен стратегиялар белгіленуі керек. Бұл стратегиялар өзгермелі экономикалық жағдайлар мен мүмкіндіктерге бейімделу үшін икемді болуы керек.

2. Жеке секторды белсенді тарту: Өнеркәсіптік саясатты тиімдірек жүзеге асыру үшін мемлекет пен жеке сектор арасында серіктестік орнату маңызды. Бизнеспен кеңесу және оның қажеттіліктерін түсіну стратегияларды сәтті жүзеге асыруды қамтамасыз етеді.

3. Ішкі сұранысты дамыту: Ішкі сұранысты ынталандыру үшін жағдай жасау қажет, бұл өндірістік қуаттылықты арттырады және сыртқы нарыққа тәуелділікті азайтады. Бұған халықтың табысын арттыру және әлеуметтік саясатты дамыту арқылы қол жеткізуге болады.

4. Іске асырудағы икемділік және үйлестіру: Іске асыру тетіктері әртүрлі мемлекеттік органдарда нақты анықталған және жақсы үйлестірілген болуы керек. Бұл бюрократиялық қағазбастылықты болдырмауға және бастамаларды жүзеге асыру тиімділігін арттыруға көмектеседі.

5. Оқыту және әлеуетті арттыру: Елдер табысты тәжірибелерді өз жағдайларына бейімдей отырып, халықаралық тәжірибені белсенді түрде үйренуі керек. Бұған басқалардан үйрену де, жаңа идеялар мен тәсілдерді тексеру үшін эксперименттер жүргізу де кіреді.

6. ҒЗТКЖ-ға инвестиция: Технологиялық жаңарту мен бәсекеге қабілеттілікті қамтамасыз ету үшін ғылыми-зерттеу және тәжірибелік-конструкторлық жұмыстарға инвестицияны арттыру қажет. Тиімді ҒЗТКЖ стратегиялары жаңа секторларды құру және өнімділікті арттыру үшін негіз бола алады.

7. Тұрақтылық және қоршаған орта: Климаттың өзгеруі мен өсіп келе жатқан экологиялық проблемалар жағдайында экологиялық тұрақтылықты өнеркәсіптік стратегияларға біріктіру маңызды. Бұл қоршаған ортаны қорғауға көмектесіп қана қоймайды, сонымен қатар бизнестің жаңа мүмкіндіктерін ашады.

Латын Америкасы өнеркәсіптік саясатта көптеген қиындықтарға тап болады, бірақ жақсарту және өсу үшін айтарлықтай әлеует бар. Тұрақты экономикалық даму тек экономикалық емес, сонымен қатар әлеуметтік және экологиялық аспектілерді қамтитын кешенді тәсілді қажет етеді. Өткен тәжірибелерден алынған сабақтарды қолдану аймақтағы елдерге экономикалық өсу мен дамуды ілгерілету үшін неғұрлым сенімді және табысты стратегияларды жасауға көмектеседі.

Жаңа мүмкіндіктер мен инновациялық тәсілдер. Бар қиындықтарға қарамастан, Латын Америкасында да жаңа мүмкіндіктер пайда болуда, әсіресе цифрландыру мен жаңа технологиялар контекстінде. Соңғы жылдары дамудың жаңа кезеңіне негіз бола алатын инновациялар мен стартаптарға қызығушылық артуда.

1. Экономиканы цифрландыру: Цифрлық

технологияларды енгізу өндірістік процестерді оңтайландыру, өнімділікті арттыру және шығындарды азайту үшін жаңа көкжиектерді ашады. Аймақтағы елдер жұмысшыларды жаңа ортаға дайындау үшін цифрлық инфрақұрылым мен білімге инвестиция салуы керек.

2. Стартап экожүйелерін дамыту: Бразилия, Чили және Мексика сияқты елдерде өсіп келе жатқан стартап мәдениеті жас компаниялардың экономикалық өсудің катализаторы бола алатынын көрсетеді. Стартаптарды қаржыландыру, акселераторлар және инкубаторлар арқылы қолдау жаңа жұмыс орындарын құруға және бәсекеге қабілеттілікті арттыруға әкелуі мүмкін.

3. Инновацияларды ынталандыру: Елдер зерттеулер мен әзірлемелерді ынталандыратын инновациялық ортаны дамыту үшін жағдай жасауы керек. Бұл зерттеу ұйымдарын салықтық ынталандыруды, ғылыми зерттеулерге инвестициялауды және технологияларды дамыту орталықтарын құруды қамтуы мүмкін.

4. Халықаралық ынтымақтастық: Латын Америкасы елдері арасында серіктестік орнату тәжірибе мен ресурстар алмасуды жеңілдетуі мүмкін. Бірлескен бастамалар жаңа нарықтар мен экспорттық мүмкіндіктерді құруға әкелуі мүмкін.

5. Тұрақты даму және жасыл экономика (ESG): Тұрақты технологиялар мен жасыл экономикаға инвестициялар елдерге жаңа жұмыс орындары мен экономикалық секторларды құру кезінде климаттың өзгеруінің қиындықтарымен күресуге көмектеседі. Қоршаған ортаны қорғау принциптерін өз стратегияларына белсенді түрде кіріктіретін елдер экологиялық таза өнімдер мен қызметтерге өсіп келе жатқан жаһандық сұраныстан пайда таба алады.

Тұрақты өсуге қол жеткізу үшін Латын Америкасы бар құрылымдық проблемаларды жеңіп қана қоймай, сонымен қатар жаңа экономикалық жағдайларға бейімделуі керек. Бұл процестің негізгі аспектілері:

1. Адами капиталға инвестиция: Білім беру мен кәсіби даярлау сапасын арттыру халықты еңбек нарығының жаңа талаптарына дайындап, оның бәсекеге қабілеттілігін арттырады.

2. Инклюзивті экономикаларды құру: Тұрақты өсу халықтың барлық топтарының мүмкіндіктерге қол жеткізуін талап етеді. Оның ішінде жұмыс орындарын құруда маңызды рөл атқаратын шағын және орта кәсіпкерлікті қолдау да бар.

3. Мемлекеттік басқару реформалары: Мемлекеттік басқару реформалары ашықтықты жақсарту, сыбайлас жемқорлықты азайту және мемлекеттік институттардың тиімділігін арттыру үшін қажет.

4. Ұзақ мерзімді инвестициялар: Тұрақты дамуды қамтамасыз ету үшін инфрақұрылымға және инновацияға ұзақ мерзімді инвестицияларды ынталандыру қажет.

Латын Америкасы мүмкіндіктер мен қиындықтардың тоғысқан жерінде тұр. Аймақ елдері жаһандық өзгерістер жағдайында тұрақты экономикалық өсуді қамтамасыз ете алатын неғұрлым тиімді және инклюзивті индустриялық саясаттарды құру үшін өткен сабақтарды пайдалануы керек. Инновациялардың, жеке сектордың қатысуының және тұрақты дамудың интеграциясы арқылы ғана Латын Америкасы динамикалық өзгеретін жаһандық экономикалық ландшафтта өз орнын ала алады.

Латын Америкасындағы табысты өнеркәсіптік саясаттың мысалдары. Жалпы қиындықтарға қарамастан, кейбір Латын Америкасы елдері басқаларға үлгі бола алатын өнеркәсіптік саясаттың сәтті үлгілеріне ие болды. Бұл мысалдар мақсатты күш-жігердің экономикалық ландшафтта елеулі өзгерістерге әкелетінін көрсетеді.

1. Чили және тау-кен өнеркәсібі: Чили заманауи технологиялар мен басқару әдістерін енгізу арқылы тау-кен секторындағы өнімділігін айтарлықтай арттыра алды.1990 жылдардың басында үкімет саланың бәсекеге қабілеттілігін арттыруға бағытталған бірқатар реформалар жүргізді. Бұл шаралар Чилидің әлемдегі ең ірі мыс экспорттаушылардың біріне айналуына ықпал еткен шетелдік инвестициялар мен технологиялық серіктестерді тартуды қамтыды.

2. Бразилия және авиация өнеркәсібі: Бразилия Эмбраер ұсынған өзінің авиациялық секторын қолдау арқылы табысты өнеркәсіптік саясат-

ты көрсетті.1970 жылдардың басынан бастап үкімет ұшақтарды әзірлеуге және өндіруге көп қаражат бөлді. Нәтижесінде мыңдаған жұмыс орындарын құрған және ілеспе өндірістерді дамытатын әлемдегі жетекші аймақтық реактивті компаниялардың бірі құрылды.

3. Мексика және автомобиль өнеркәсібі: Мексика өз экономикасын ашу және шетелдік инвестицияларды тарту арқылы әлемдік автомобиль нарығында маңызды ойыншыға айналды. NAFTA-ға қол қою арқылы Мексика Солтүстік Америка нарығына қол жеткізді, бұл автомобиль өндірісі мен экспортының айтарлықтай өсуіне әкелді. Бұл жетістік автомобиль өндірушілері мен бөлшектерді жеткізушілер арасында синергия тудыратын кластерлерді құру арқылы мүмкін болды.

Сәтті мысалдардан алынған сабақтар. Осы сәтті мысалдардан бірнеше негізгі сабақ алуға болады:

1. Ұзақ мерзімді инвестициялар: Табысты өнеркәсіптік саясаттар мемлекеттік және жеке сектордан айтарлықтай және ұзақ мерзімді инвестицияларды талап етеді. Тиісті ресурстарсыз тұрақты дамуға қол жеткізу мүмкін емес.

2. Икемділік және бейімделу: Саясаткерлер экономикалық ортадағы өзгерістерге бейімделу және басқа елдердегі табысты тәжірибелерден үйрену үшін жеткілікті икемді болуы керек.

3. Инновацияны ынталандыру: Жылдам өзгеретін әлемде бәсекеге қабілетті болып қалу үшін ғылыми зерттеулер мен әзірлемелерге инвестиция салу қажеттілігі.

4. Жаһандық құн тізбегіне интеграция: Елдер халықаралық саудадан пайда алуға мүмкіндік беретін жаһандық құн тізбегіне бірігу мүмкіндіктерін белсенді түрде іздеуі керек.

5. Мемлекеттік-жекеменшік ынтымақтастық: Табыс тиімді саясатты әзірлеу және жүзеге асыру үшін мемлекеттік және жеке секторлардың өзара әрекеттесуі мен ынтымақтастығына байланысты.

Латын Америкасы өзінің проблемаларына қарамастан, экономикалық өсу мен даму үшін айтарлықтай әлеуетке ие. Өңірдегі өнеркәсіптік саясаттың сәтті мысалдары мақсатты күш-жігердің елеулі өзгерістерге әкелетінін көрсетеді. Табысты тәжірибелерден сабақ ала отырып, Латын Америкасы елдері жаһандық экономикада күшті орын алуға көмектесетін тиімдірек стратегиялар жасай алады.

Өнеркәсіптік саясатты жүзеге асырудағы проблемалар мен міндеттер. Табысты мысалдар мен елеулі әлеуеттің болуына қарамастан, Латын Америкасы елдері өнеркәсіптік саясатты тиімді жүзеге асыруға кедергі келтіретін бірқатар проблемалар мен қиындықтарға тап болуды жалғастыруда (сурет 4).

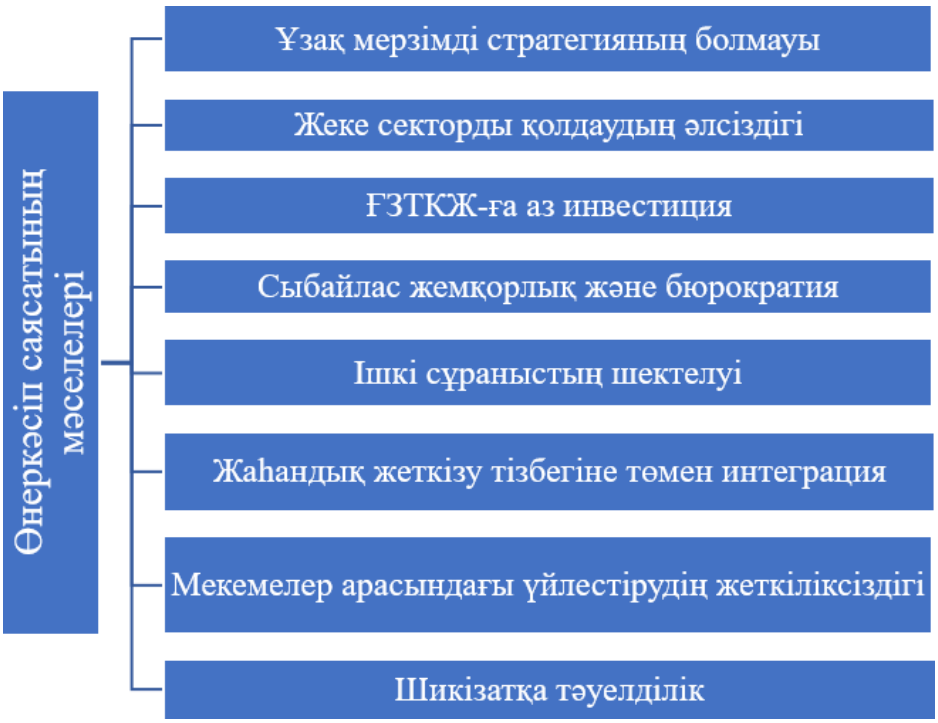
1. Сыбайлас жемқорлық және нашар басқару: Сыбайлас жемқорлық тиімді өнеркәсіптік саясатты жүзеге асыруға елеулі кедергі болып қала береді. Нашар басқару және мемлекеттік институттардағы ашықтықтың болмауы үкіметтің бастамаларына сенімсіздік тудырады және инвестиция деңгейін төмендетеді.

2. Үйлестірудің болмауы: Әртүрлі мемлекеттік органдар мен басқару деңгейлері арасында қажетті үйлестірудің болмауы жиі кездеседі. Бұл күш-жігердің бытыраңқы болуына және ресурстардың тиімсіз бөлінуіне әкеледі. Өнеркәсіптік саясатты табысты жүзеге асыру үшін барлық мүдделі тараптардың өзара іс-қимылы мен ынтымақтастығын қамтамасыз ету қажет.

3. Шектеулі ресурстар: Аймақтағы көптеген елдер қаржылық ресурстардың шектеулі болуына тап болып, өнеркәсіпті дамытуға ұзақ мерзімді инвестиция салуды қиындатады. Несие мен қаржыландыруға қолжетімділіктің болмауы да бизнестің өсуі мен кеңеюіне мүмкіндіктерді шектейді.

4. Әлеуметтік теңсіздіктер: Әлеуметтік теңсіздік пен кедейліктің жоғары деңгейі ішкі сұранысты азайтып, тұрақты экономикалық өсуге кедергі келтіруі мүмкін. Табысты даму үшін халықтың барлық топтары үшін мүмкіндіктерге қол жеткізуді қамтамасыз ету қажет.

5. Сыртқы факторларға тәуелділік: Латын Америкасы елдері көбінесе сыртқы нарыққа және шикізат бағасының ауытқуына тәуелді. Бұл оларды жаһандық экономикалық өзгерістерге осал етеді және олардың ұзақ мерзімді өсу мүмкіндіктерін шектейді.



4 - сурет. Латын Америкасындағы өнеркәсіптік саясаттың негізгі мәселелері

Қорытынды. Бұл қиындықтарды сәтті жеңу үшін бірқатар шараларды қабылдау қажет:

1. Институттарды нығайту: өнеркәсіптік саясаттың іс-әрекеттерін үйлестіре алатын және оның жүзеге асырылуын қамтамасыз ете алатын тиімді және ашық мемлекеттік институттарды құру маңызды.

2. Инвестициялық тартымдылықты арттыру: шетелдік инвестицияларды тартуға және жергілікті бизнесті қолдауға бағытталған стратегияларды әзірлеу жаңа жұмыс орындарын құруға және технологиялық даму деңгейін арттыруға көмектеседі.

3. Инклюзивті экономикаларды құру: тұрақты ішкі сұранысты құру үшін әлеуметтік теңсіздікті жою және өмір сүру деңгейін жақсарту үшін саясатты әзірлеу қажет.

4. Ұзақ мерзімді жоспарлау: өнеркәсіптік саясат экономикалық дамуға әсер ететін ішкі және сыртқы факторларды есепке алатын ұзақ мерзімді стратегияларға негізделуі керек.

5. Инновацияларды ынталандыру: ғылыми зерттеулер мен инновациялық бастамаларды қолдау жаңа секторларды құру және бәсекеге қабілеттілікті арттыру үшін негіз бола алады.

Латын Америкасының тәжірибесі табысты индустриялық саясат нақты көзқарас пен стратегияға негізделуі, жеке секторды белсенді түрде тарту және ішкі сұранысты қамтамасыз ету керектігін көрсетеді. Іске асыру механизмдері өзгермелі жағдайларға бейімделу үшін икемді және жақсы үйлестірілген болуы керек.

Өнеркәсіптік саясатты жүзеге асырудағы кемшіліктерге қарамастан, облыс оқу және әлеуетті арттыру әлеуетін сақтап қалды. Латын Америкасы елдері озық тәжірибелерді өз жағдайларына бейімдеу арқылы басқа елдердің табысты тәжірибесінен сабақ ала алады. Қорытындылай келе, Латын Америкасы елдерінде өздерінің өнеркәсіптік саясатын қалпына келтіру және өзгерту үшін бірегей мүмкіндіктер бар. Дегенмен, табысқа жету үшін бар қиындықтарды жеңіп, құрылымдық өзгерістерді жүзеге асыру қажет. Табысты мысалдардан алынған сабақтарды біріктіру және барлық мүдделі тараптарды белсенді тарту аймақтарға тұрақты және бәсекеге қабілетті экономикаларды құруға көмектеседі.

Қаржыландыру. *Бұл жұмыс Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім мини-*

стрлігінің Ғылым комитеті қаржыландыратын «Қазақстанда жеделдетілген технологиялық әртараптандыру стратегиясын және жаңа индустриялық саясатты әзірлеу» Бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру BR24992789 жобасы аясында жүзеге асырылды.

Әдебиеттер

1. Мировое экономическое положение и перспективы на 2024 год. ООН. https://desapublications.un.org .- Дата обращения: 18.02.2025.

2. Габарта А.А. Интеграция в Латинской Америке // Мировая экономика и международные экономические отношения. - 2020. - № 4 (53). ISSN 2713-0983.

3. Amsden, Alice H. Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization // New York: Oxford University. Press. - 1989. - 379 p. ISBN 0-19-505852-6, 0-19-507603-6 (PBK).

4. Cassiolato J., Bernardes R., Lastres H. Transfer of Technology for Successful Integration in the Global Economy: A Case Study of Embraer in Brazil // Geneva: UNCTAD Publishing. – 2002. URL: https://digitallibrary.un.org .- Date of address: 18.02.2025

5. Cimoli M., Ferraz J. C., Primi A. Science and Technology Policies in Open Economies: The Case of Latin America and the Caribbean // Serie Desarrollo Productivo. - No.165. - Santiago: ECLAC/CEPAL. United Nations. - 2005. - 57 p. ISBN 92-1-121563-8.

6. Cimoli, M., Castillo M., Porcile G., and Stumpo G. (eds) Políticas industriales y tecnológicas en América Latina. LC/TS.2017/91. Santiago: United Nation Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). - 2017. - 578p. URL: https://www.cepal.org .- Date of address: 18.02.2025.

7. Ferraz, J. C., Marques F. S., and Alves A. J. Jr. A contribuição do BNDES para a política industrial brasileira / 2003-2014// Dez anos de Política Industrial: Balanço e perspectivas. -2015

8. World Bank Group. Global Economic Prospects. -2025.-225 p. DOI 10.1596/978-1-4648-2147-9. ISBN 978-1-4648-2147-9

9. Toni, J. D. Introdução à Dez Anos da Política Industrial brasileira, Balanço & Perspectivas, 2004 - 2014 / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI. - 2015.- 194 p. ISBN: 978-85-61323-39-4.

10. Dini M. and Stumpo G. (eds). Mipymes en América Latina: un frágil desempeño y nuevos desafíos para las políticas de foment// ECLAC, LC/TS.2018/75. - 2018. - 491 p. ISBN 978-92-1-058625-2, 978-92-1-121987-6, 978-92-1-358092-9.

11. OECD/UN. Production Transformation Policy Review of Chile: Reaping the Benefits of New Frontiers // Paris: OECD Publishing. – 2018.- 150 p. ISBN 978-92-64-28833-1

12. Greenwald B., Stiglitz J.E. Industrial Policies, the Creation of a Learning Society, and Economic Development // The Industrial Policy Revolution I, International Economic Association Series. - London: Palgrave Macmillan. - 2013. - P.43-71. DOI 10.1057/9781137335173_4.

13. Porter M. The Competitive Advantage of Nations// International business. - 1990. URL: https://hbr.org .- Date of address: 18.02.2025.

14. Zapata-Cantu L. Challenges for Innovation and Sustainable Development in Latin America: The Significance of Institutions and Human Capital.- 2021. -Vol.13 (7):4077 DOI 10.3390/su13074077.

15. Latin American Exports. URL: https://wholesale.exporta.io . Date of address: 19.02.2025.

16. da Silva, L. C. F. & Mourão P. R. The Insertion of Latin America in the Global Context. A Focused Approach to Regional Economic Development // European Journal of Multidisciplinary Studies. - 2018. - Vol.7(2).- P.28–32. DOI 10.26417/ejms.v7i2.p28-32.

17. МВФ предсказал Латинской Америке десятилетие без экономического роста. - 2020 URL: https://tass.ru .- Дата обращения: 19.02.2025.

References

1. Mirovoe jekonomicheskoe polozhenie i perspektivy na 2024 god. OON. https://desapublications.un.org .- Data obrashhenija: 18.02.2025. [in Russian]

2. Gabarta A.A. Integracija v Latinskoj Amerike // Mirovaja jekonomika i mezhdunarodnye jekonomicheskie otnoshenija. - 2020. - № 4 (53). ISSN 2713-0983. [in Russian]

3. Amsden, Alice H. Asia's Next Giant: South Korea and Late Industrialization // New York: Oxford University. Press. - 1989. - 379 p. ISBN 0-19-505852-6, 0-19-507603-6 (PBK).

4. Cassiolato J., Bernardes R., Lastres H. Transfer of Technology for Successful Integration in the Global Economy: A Case Study of Embraer in Brazil // Geneva: UNCTAD Publishing. – 2002. URL: https://digitallibrary.un.org.- Date of address: 18.02.2025

5. Cimoli M., Ferraz J. C., Primi A. Science and Technology Policies in Open Economies: The Case of Latin America and the Caribbean // Serie Desarrollo Productivo. - No.165. - Santiago: ECLAC/CEPAL. United Nations. - 2005. - 57 p. ISBN 92-1-121563-8.

6. Cimoli, M., Castillo M., Porcile G., and Stumpo G. (eds) Políticas industriales y tecnológicas en América Latina. LC/TS.2017/91. Santiago: United Nation Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). - 2017. - 578p. URL: https://www.cepal.org .- Date of address: 18.02.2025.

7. Ferraz, J. C., Marques F. S., and Alves A. J. Jr. A contribuição do BNDES para a política industrial brasileira / 2003-2014// Dez anos de Política Industrial: Balanço e perspectivas. -2015

8. World Bank Group. Global Economic Prospects. -2025.-225 p. DOI 10.1596/978-1-4648-2147-9. ISBN 978-1-4648-2147-9

9. Toni, J. D. Introdução à Dez Anos da Política Industrial brasileira, Balanço & Perspectivas, 2004 - 2014 / Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI. - 2015.- 194 p. ISBN: 978-85-61323-39-4.

10. Dini M. and Stumpo G. (eds). Mipymes en América Latina: un frágil desempeño y nuevos desafíos para las políticas de foment// ECLAC, LC/TS.2018/75. - 2018. - 491 p. ISBN 978-92-1-058625-2, 978-92-1-121987-6, 978-92-1-358092-9.

10. Dini M. and Stumpo G. (eds). Mipymes en América Latina: un frágil desempeño y nuevos desafíos para las políticas de foment// ECLAC, LC/TS.2018/75. - 2018. - 491 p. ISBN 978-92-1-058625-2, 978-92-1-121987-6, 978-92-1-358092-9.

11. OECD/UN. Production Transformation Policy Review of Chile: Reaping the Benefits of New Frontiers // Paris: OECD Publishing. – 2018.- 150 p. ISBN 978-92-64-28833-1

12. Greenwald B., Stiglitz J.E. Industrial Policies, the Creation of a Learning Society, and Economic Development // The Industrial Policy Revolution I, International Economic Association Series. - London: Palgrave Macmillan. - 2013. - P.43-71. DOI 10.1057/9781137335173_4.

13. Porter M. The Competitive Advantage of Nations// International business. - 1990. URL: https://hbr.org.- Date of address: 18.02.2025.

14. Zapata-Cantu L. Challenges for Innovation and Sustainable Development in Latin America: The Significance of Institutions and Human Capital.- 2021. -Vol.13 (7):4077 DOI 10.3390/su13074077.

15. Latin American Exports. URL: https://wholesale.exporta.io/blog/latin-american-exports. Date of address: 19.02.2025.

16. da Silva, L. C. F. & Mourão P. R. The Insertion of Latin America in the Global Context. A Focused Approach to Regional Economic Development // European Journal of Multidisciplinary Studies. - 2018. - Vol.7(2).- P.28–32. DOI 10.26417/ejms.v7i2.p28-32

17. MVF predskazal Latinskoj Amerike desjatiletie bez jekonomicheskogo rosta. - 2020 URL: https://tass.ru .- Data obrashhenija: 19.02.2025. [in Russian]

Авторлар туралы мәліметтер

Серикбаева Ж.Д. - Қаржы және экономика мектебінің э.ғ.к., ассистент профессор, Алматы Менеджмент Университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: zh.serikbayeva@almau.edu.kz;

Мадыханова К.А. - Қаржы және экономика мектебінің э.ғ.к., ассистент профессор, Алматы Менеджмент Университеті, Алматы, Қазақстан, e-mail: madyxanova77@mail.ru;

Бактымбет А.С. - к.э.н., и.о. профессора Казахского университета технологий и бизнеса, Астана, Казахстан, asembaktymbet@gmail.com.

Information about the authors

Serikbayeva Zh.D. - Assistant Professor, School of Economics and Finance, Almaty Management University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: zh.serikbayeva@almau.edu.kz;

Madykhanova K.A. -Assistant Professor, School of Economics and Finance, Almaty Management University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: madyxanova77@mail.ru;

Baktymbet A.S. - c.e.s., acting professor at the Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan, e-mail: asembaktymbet@gmail.com.

МРНТИ 06.56.31 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.27-927**

MODELS AND CONCESSIONS FOR THE DEVELOPMENT OF PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP IN KAZAKHSTAN IN THE CONTEXT OF DIGITALIZATION

[1]M.T. Zhumazhanova, [2]B.S.Saparova, [3]Syed Faisal Hassan Bukhari

[1]Kazakh University of Technology and Business named after K.Kulazhanov, Astana, Kazakhstan,
[2]L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan,
[3]Air University, Islamabad, Pakistan

Corresponding author: maral2804@mail.ru

The scientific article analyzes the development of public-private partnership (PPP) in Kazakhstan, models and development concessions in the context of digitalization. As part of the economic transformation, PPP is becoming an important tool for diversifying the economy, modernizing infrastructure, and improving the quality of public services. The key areas of effective cooperation between the state and the private sector are considered, as well as the main problems, including insufficient institutional maturity, risks, corruption threats and the uncertainty of the political situation. Special attention is paid to attracting investments, innovative technologies and experience for the successful implementation of PPP projects.

The success of PPP in Kazakhstan depends on the creation of a stable institutional framework, ensuring transparency and improving the skills of government agencies. One of the priorities is the digitalization of the PPP system, which helps to improve project management, increase transparency and reduce the risks of corruption. The article provides examples of successful digital solutions such as electronic tender platforms and monitoring systems that have improved the interaction between public and private institutions.

Digitalization is an important factor in increasing the efficiency and sustainability of the PPP system in Kazakhstan. To fully unlock its potential, it is necessary to solve existing problems such as insufficient infrastructure and standards for digital solutions, as well as create platforms for effective data exchange and project monitoring. In the context of digitalization, PPP models such as concessions and public-private partnerships can be adapted to introduce innovative technologies, which will accelerate the implementation of infrastructure projects and ensure their long-term sustainability by ensuring cooperation between public and private interests.

Keywords: public-private partnership, concession, models, innovations, messages, GDP, digital technologies, Public-private agreements, infrastructure projects, digitalization, modernization.

ЦИФРЛАНДЫРУ ЖАҒДАЙЫНДА ҚАЗАҚСТАННЫҢ МЕМЛЕКЕТТІК-ЖЕКЕШЕЛІК ӘРІПТЕСТІГІН ДАМЫТУ МОДЕЛЬДЕРІ МЕН КОНЦЕССИЯЛАРЫ

[1]М. Т.Жұмажанова, [2]Б.С.Сапарова, [3]Syed Faisal Hassan Bukhari

[1]Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті АҚ., Астана, Қазақстан,
[2]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан,
[3]Әуе университеті, Исламабад, Пәкістан,
e-mail: maral2804@mail.ru

Ғылыми мақалада Қазақстандағы мемлекеттік-жекешелік әріптестіктің (МЖӘ) дамуы, цифрландыру жағдайындағы даму модельдері мен концессиялары талданады. Экономикалық трансформация шеңберінде МЖӘ экономиканы әртараптандыру, инфрақұрылымды жаңғырту және мемлекеттік көрсетілетін қызметтердің сапасын арттыру үшін маңызды құралға айналады. Мемлекет пен жеке сектордың тиімді ынтымақтастығының негізгі бағыттары, сондай-ақ институционалдық жетілудің жеткіліксіздігін, тәуекелдерді, сыбайлас жемқорлық қатерлерін және саяси ахуалдың белгісіздігін қоса алғанда, негізгі проблемалар қаралады. МЖӘ жобаларын табысты іске асыру үшін инвестицияларды, инновациялық технологияларды және тәжірибені тартуға ерекше назар аударылды.

Қазақстандағы МЖӘ табысы тұрақты институционалдық базаны құруға, ашықтықты қамтамасыз етуге және мемлекеттік органдардың біліктілігін арттыруға байланысты. Жобаларды басқаруды жақсартуға, ашықтықты арттыруға және сыбайлас жемқорлық тәуекелдерін азайтуға ықпал ететін МЖӘ жүйесін цифрландыру басым бағыттардың бірі болып табылады. Мақалада мемлекеттік және жеке мекемелер арасындағы өзара әрекеттесуді жақсартқан электронды тендерлік платформалар мен бақылау жүйелері сияқты сәтті цифрлық шешімдердің мысалдары келтірілген.

Цифрландыру Қазақстандағы МЖӘ жүйесінің тиімділігі мен тұрақтылығын арттырудың маңызды факторы болып табылады. Оның әлеуетін толық ашу үшін инфрақұрылымның жеткіліксіздігі және цифрлық шешімдер стандарттары сияқты бар мәселелерді шешу, сондай-ақ деректерді тиімді бөлісу және жобаларды бақылау үшін платформалар құру қажет. Цифрландыру жағдайында концессиялар мен мемлекеттік-жекешелік әріптестіктер сияқты МЖӘ модельдері инновациялық технологияларды енгізуге бейімделуі мүмкін, бұл инфрақұрылымдық жобаларды іске асыруды жеделдетуге және мемлекеттік және жеке мүдделер арасындағы ынтымақтастықты қамтамасыз ете отырып, олардың ұзақ мерзімді орнықтылығын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: мемлекеттік-жекешелік әріптестік, концессия, модельдер, инновациялар, Жолдаулар, ЖІӨ, цифрлық технологиялар, Жария-жекешелік келісімдер, инфрақұрылымдық жобалар, цифрландыру, жаңғырту.

МОДЕЛИ И КОНЦЕССИИ РАЗВИТИЯ ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОГО ПАРТНЕРСТВА КАЗАХСТАНА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

[1]М.Т.Жумажанова✉, [2]Б.С.Сапарова., [3]Syed Faisal Hassan Bukhari

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

[2]Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан,

[3]Воздушный университет, Исламабад, Пакистан,

e-mail: maral2804@mail.ru

В научной статье анализируется развитие государственно-частного партнерства (ГЧП) в Казахстане, модели и концессии развития в условиях цифровизации. В рамках экономической трансформации ГЧП становится важным инструментом для диверсификации экономики, модернизации инфраструктуры и повышения качества государственных услуг. Рассматриваются ключевые направления эффективного сотрудничества государства и частного сектора, а также основные проблемы, включая недостаточную институциональную зрелость, риски, коррупционные угрозы и неопределенность политической ситуации. Особое внимание уделено привлечению инвестиций, инновационных технологий и опыта для успешной реализации проектов ГЧП.

Успех ГЧП в Казахстане зависит от создания устойчивой институциональной базы, обеспечения прозрачности и повышения квалификации государственных органов. Одним из приоритетных направлений является цифровизация системы ГЧП, которая способствует улучшению управления проектами, повышению прозрачности и снижению рисков коррупции. В статье приведены примеры успешных цифровых решений, таких как электронные платформы для тендеров и системы мониторинга, которые улучшили взаимодействие между государственными и частными учреждениями.

Цифровизация является важным фактором повышения эффективности и устойчивости системы ГЧП в Казахстане. Для полного раскрытия ее потенциала необходимо решить существующие проблемы, такие как недостаточная инфраструктура и стандарты цифровых решений, а также создать платформы для эффективного обмена данными и мониторинга проектов. В условиях цифровизации модели ГЧП, такие как концессии и публично-частные партнерства, могут быть адаптированы

для внедрения инновационных технологий, что позволит ускорить реализацию инфраструктурных проектов и обеспечить их долгосрочную устойчивость, обеспечивая сотрудничество между государственными и частными интересами.

Ключевые слова: государственно-частное партнерство, концессия, модели, инновации, послания, ВВП, цифровые технологии, Публично-частные соглашения, инфраструктурные проекты, цифровизация, модернизация.

Introduction. In the annual messages of the President of Kazakhstan, namely from 2020-2024, special attention is paid to the development of PPP as a key tool for modernizing infrastructure and the social sphere. Kassym-Jomart Tokayev focuses on the importance of creating a transparent and sustainable PPP system, which will improve the quality of public services and attract significant private investment, including foreign partners.

In the President' s Address to the People of Kazakhstan "Kazakhstan in a new reality: Time for Action" in 2020, Kassym–Jomart Kemeluly outlined the need to strengthen the role of PPP in the country' s economy. The president noted that entrepreneurship should be an active and key partner of the country in solving social and infrastructure problems. In particular, Kassym-Jomart Kemelovich noted that it is necessary to improve regulatory and legislative acts on the implementation of PPP projects, optimize procedures, processes and develop additional incentive programs for private investors. Tokayev, in his address to the people of Kazakhstan in 2021 with the title" Hadik unity and systemic reforms – a solid foundation for the country' s prosperity", once again emphasized the relevance of public-private partnership as the main mechanism for infrastructure and social modernization. He noted that it is necessary to step up the participation of the private sector in projects such as the construction of schools, hospitals and roads.

In the 2022 Message, "A just State. One nation. Prosperous Society" Tokayev continued to focus on attracting private investment through PPP in the development of infrastructure and housing and communal services.

In his 2023 Address "The Economic Course of a Just Kazakhstan," Tokayev reiterated the importance of PPPs for the implementation of infrastructure projects, as well as for attracting private investment in the social sphere. In particular, he noted the need to increase the number of successful PPP projects in the fields of healthcare, education and housing construction.

In the 2024 Address "Fair Kazakhstan: Law and Order, economic growth, public optimism", the President again pointed to the role of PPP as a tool for infrastructure development and improving the quality of life of the population. In this context, special attention was paid to increasing the scale and coverage of PPP projects in new areas such as ecology, digitalization and the development of "smart" cities [1].

Present literature on PublicPrivate Partnership (PPPs) in Kazakhstan mainly focuses on traditional frameworks and overlooking digitalization' s role in enhancing concession models [2]. The republic of Kazakhstan experiences digital transformation,resultantlynew technologies like blockchain and AI offer openings to improve PPP governance and efficiency [3]. However, a more organized approach by integrating these technologies into PPPs is still lacking and creating investment uncertainties. This research study fills the gap by offering a digitalized PPP framework, assessing governance mechanisms and providing policy recommendations. It also empirically evaluates digitalization's impact on PPP performance, aiming more transparent, efficient, and sustainable PPP environment in Kazakhstan [4].

As part of the study of the role of PPP in the development of Kazakhstan and the introduction of digital technologies in this process, a multifaceted approach is used, including quantitative, qualitative methods of analysis and SWOT analysis. To achieve the set goals and on the way to the implementation of the tasks, the following methods are proposed:

Study of legislative and normative documents;

Analysis of public-private partnership projects;

Analysis of statistical publications in the direction of PPP;

Comparison of Kazakhstan' S PPP process with international experience;

Development of proposals for forecasting PPP improvements

Conducting a comprehensive analysis and reviewing reports.

The scientific article examines the current state of public-private partnership in the Republic of Kazakhstan and analyzes it. In addition, the prospects for the further development of the PPP industry using digital technologies were considered. The article used various literature, normative acts, articles and methodological approaches, including the use of analytical tools, as well as forecasting models. This approach makes it possible not only to understand current issues, but also to develop specific recommendations for improving the efficiency of PPPs through innovation and digitalization at all levels.

Kazakhstan is the largest landlocked country in the world, with one of the lowest population densities in the world. It has a strategic location in the center of the Eurasian continent at the crossroads of the routes between the People' s Republic of China and Western Europe, connected by road and rail transport and a port on the Caspian Sea. The Republic of Kazakhstan is a medium-income and economically dependent state on natural resources, including energy. But despite this, our country is a developing state. Our country ranks 9th in terms of oil reserves in the world, which, according to 2020, accounted for 19.5% of gross domestic product and 73% of exports in 2023. In 2020, after the COVID – 19 pandemic, Kazakhstan' s GDP decreased by 2.5%. This was the first time in 20 years. However, in 2021, the situation returned to normal and the volume of GDP was recorded at 4.3%. The Asian Development Bank estimates that GDP growth in 2022 will be approximately 3.0% as a result of increased domestic activity, a recovery in global oil demand, ongoing fiscal support measures and a successful vaccination program aimed at combating the COVID pandemic.

In February 2021, Kazakhstan updated its National Development Plan until 2025, which sets out a medium-term vision for economic diversification through reforms in the agro-industrial and transport sectors, support for small and medium-sized enterprises, as well as the development of tourism and other sectors. The main goal of this plan is to increase liquidity, as well as increase the volume of private investment. This, in turn, will help our state to become one of the 30 richest economies by 2030. The Parliament of the Republic of Kazakhstan has completed the development of a new economic policy "Adil Kazakhstan", approved in September 2022.

The main principles of this policy are guaranteeing entrepreneurship, creating a favorable investment climate in the country, increasing activity, effective management of public finances, reducing administrative barriers, minimizing the role of the state in the economy and social protection of the population. Estimates show that annual investment currently accounts for about 20% of GDP, compared with an average of 28% in the richest 30 countries. Therefore, it is expected that the Government' s consistent efforts will contribute to creating more favorable conditions for private investment.

In the period from 1990 to 2020, 23 PPP projects of national importance in various sectors such as transport (including roads, railways and airports), energy, ICT and solid household waste (MSW) reached financial closure. The total investment in these projects amounted to about 2.6 billion US dollars. During this period, one PPP project (the agreement for the management of Astana Airport) was cancelled, which is 4% of the total number of projects. The energy sector was the most active, accounting for 73% of the total number of projects that reached financial closure. Figure 1 shows the number of PPP projects that have reached financial closure.

According to Figure 1, the largest number of financially closed projects is in the energy sector.

The distribution of projects by industry is shown in the figure below. (Fig.2)

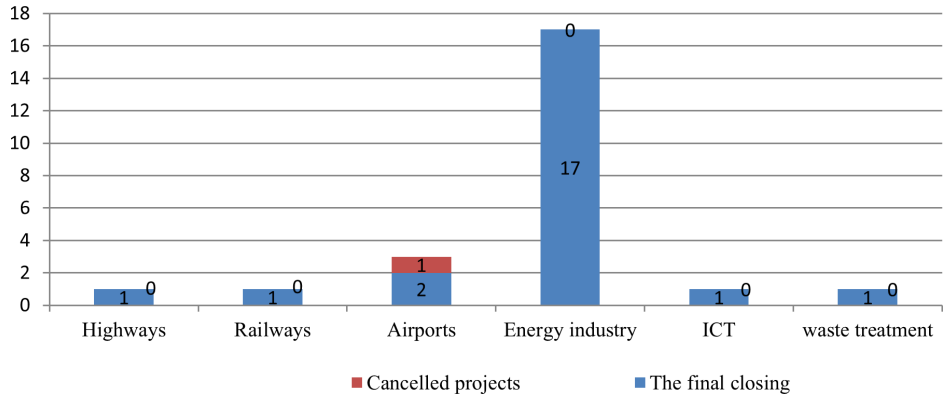


Fig.1 - PPP projects in Kazakhstan that reached financial closure and were cancelled in the period from independence to 2020

Note: compiled by the author based on Asiap development bank data: "Overview of Public-Private Partnership in Kazakhstan" [5]

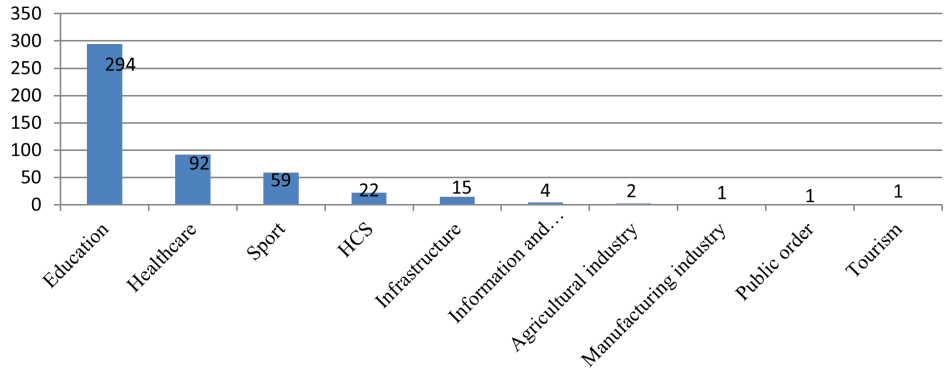


Fig.2 - Distribution of projects by industry

Note: Compiled by the author on the basis of data from JSC "Kazakhstan PPP Development Center" [6]

From the chart data, it can be seen that PPP facilities in the field of education are the most common, including schools, school canteens, kindergartens, and others. The next place is occupied by the healthcare sector, i.e. laboratories, magnetic resonance imaging complexes and others. The sports sector ranks third, which includes organizing sports schools for children and teenagers and other projects.

Currently, various projects are being implemented in Kazakhstan within the framework of public-private partnerships in various sectors of the economy. These projects include both infrastructural and social initiatives. Here are some examples of such projects: (Table 1)

Public-private partnerships in Kazakhstan cover a wide range of sectors, from infrastructure and energy projects to social initiatives in the fields of healthcare, education and the environment. These projects contribute not only to economic growth, but also to improving the quality of life of citizens. The introduction of digital technologies and innovative PPP solutions opens up new opportunities for effective resource management and process optimization at all levels.

According to the Ministry of Finance of the Republic of Kazakhstan, the volume of government obligations assumed in 2023 amounted to 1.9 trillion tenge, of which 1.1 trillion tenge for 7 republican projects and 811 billion tenge for 1,060 local

PPP projects. The fulfillment of the assumed state obligations amounted to approximately 45%.

In 2022, it was planned to fulfill government obligations in the amount of 167 billion tenge, of which 146.5 billion tenge was actually paid. In 2023, 144.2 billion tenge was planned for implementation. See table 2.

Table 1 - Types of PPP projects

№	Project direction	Project Industry	Name of the projects
1.	Infrastructure projects	Transportation projects:	Western Europe - Western China Highway
		Housing projects	project Svoi Dom
		Energy projects	project is a project for the construction of a solar power plant in Pavlodar region
2.	Educational and medical projects	Medical institutions	The project ”Construction and operation of multidisciplinary hospitals”
		Educational institutions	Private schools and universities. Projects in the field of ecology and water supply
3.	Environmental and water supply projects	Water supply and sanitation	Water supply and sanitation project in Almaty
		Environmental technologies and waste management	Incinerator construction project
4.	Digitalization and smart technology projects	Digitalization of public administration	Government electronic platforms
		The development of ”smart” cities	The smart city project in Nursultan
5.	Agriculture and processing of agricultural products	Agricultural sector development projects	A project to create agricultural clusters
Note: Compiled by the author on the basis of data from the National Chamber of Entrepreneurs of the Republic of Kazakhstan ”Atameken” Public-Private Partnership [7]			

Table 2 - Distribution of PPP projects, concession projects of local importance by region, billion tenge

№	Region	Number of contracts	Government obligations		
			Accepted	Completed	Balance
1	East Kazakhstan region	190	47,6	30,9	16,7

2	Turkestan region	185	196,6	99,5	97,1
3	Akmola region.	71	5,3	5,2	0,1
4	Almaty region.	71	65,7	31,4	34,3
5	Zhambyl region.	68	8	2,2	5,8
6	city of Almaty	66	92	51,2	40,8
7	Kyzylorda region.	63	17,1	13,8	3,3
8	Shymkent,	61	0	0	0
9	Karaganda region	52	50,9	24,2	26,7
10	North Kazakhstan region	40	11,9	6,5	5,4
11	Kostanay region	35	15,6	13,6	2
12	Mangystau region	32	18,8	5,2	13,6
13	Atyrau region	31	120,7	55	65,7
14	West Kazakhstan region	22	3,5	3,4	0,1
15	Pavlodar region.	22	9,6	6,9	2,7
16	Aktobe region.	19	23,4	18,8	4,6
17	Astana	16	115,9	43,4	72,5
18	Zhetisu	14	6	1	5
19	region Abai	2	2,1	0,1	2
20	region Ulytau region	0	0	0	0
	Total	1060	811	412,6	398,4
Note: Compiled by the author on the basis of data from Kazakhstan PPP Development Center JSC [6]					

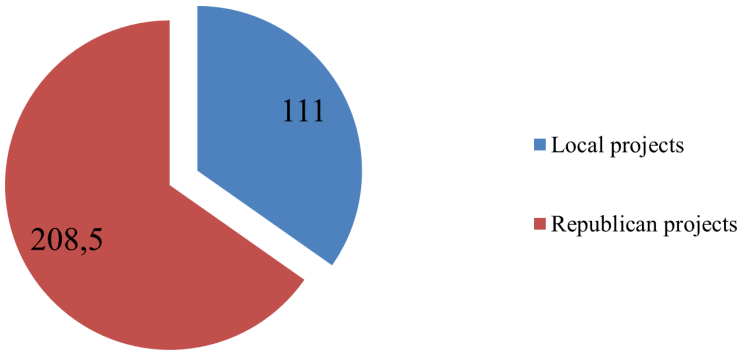


Fig.3 - Distribution of PPP projects by levels and government obligations, billion tenge

Note: Compiled by the author on the basis of data from JSC "Kazakhstan PPP Development Center" [6]

According to the data provided, the largest number of government commitment projects are in the East Kazakhstan region and the Turkestan region. From the point of view of the state, the most capital-

intensive PPP projects are located in Astana and Atyrau region.

The figure below shows the distribution of PPP projects by levels and government obligations, billion tenge. Fig.3

Of the 7 republican projects assessed, only one includes government obligations in the amount of 208.5 billion tenge. The remaining 6 projects do not provide for direct obligations on the part of the state. For PPP projects and local-level concessions, 66% of government obligations (73.3 billion tenge) fall on the following 9 projects. Table 3.

Table 3 - Government obligations under PPPs and concessions at the local level (billion tenge)

№	Project name	Place of implementation	The amount
1	Intelligent Traffic Safety and Analysis System (Sergec)	Almaty city	14,2
2	Landscaping of the territory of the city of Almaty	Almaty city	8,1
3	Organization of management of multifunctional complexes ”Almaty - Arena” and ”Halyk Arena”		5
4	Current repair of the road network	Almaty city	4,5
5	Landscaping of Atyrau city	Atyrau city	4,7
6	Modernization and operation of canteens in 20 boarding schools	Turkestan region	17,6
7	Modernization and operation of canteens in the Centers for the provision of special social services to children with disabilities, the elderly and the disabled of groups I and II of the Office for the Coordination of Employment and Social Programs	Turkestan region	6,5
8	Organization and operation of children’s and youth sports schools by sports	Turkestan region	4,7
9	Maintenance and maintenance of the B. Alexandrov Sports Palace	Ust-Kamenogorsk city	8
Note: Compiled by the author on the basis of the final report on the evaluation of the implementation of PPP projects for 2023 of the Kazakhstan Center for Public-Private Partnership [6]			

The most capital-intensive project with large private investments in the creation (construction, reconstruction, overhaul) of a PPP facility at the national level is the project ”Providing broadband access to rural settlements of the Republic of Kazakhstan using fiber-optic communication lines technology”, in which 74.6 billion tenge of private funds have been invested. The second place in terms of private investment is occupied by the republican PPP project ”Implementation of the horizontal monitoring platform” of the Ministry of Finance of the Republic of Kazakhstan, with private investments in the amount of 10.0 billion tenge (the project is at the stage of termination of the PPP agreement).

Results and discussion. A public-private partnership is defined as a contractual agreement between a public institution and a private sector entity in which each sector shares skills, assets, risks, and benefits in providing services or funds for use by the general public. Public - private partnership has several advantages that can be noted: private financing, as well as the rapid implementation of the approved project, comprehensive implementation of public services, increasing the risk to the business sector, as well as improving the efficiency of the life

cycle, etc. [8].

Models of public-private partnership differ in each country, and its effectiveness depends on the economic situation, legal framework, institutional framework and historical structure. The article provides several countries as examples, including countries such as Kyrgyzstan and China.

So let' s move on to considering the PPP sector of several countries in comparison. The models of Kyrgyzstan and Kazakhstan in the field of PPP are similar to each other. However, there is a difference and it depends on the level of institutional improvement and the scale of implementation.

As for the Republic of Kazakhstan, the PPP system is developed here thanks to the legislative framework, the creation of specialized departments, as well as the implementation of large projects in the transport, energy and social spheres.

And the number of such large projects in Kyrgyzstan is very small, and there is not enough institutional support. In this country, the support and development of the PPP system is now underway.

The economy of Kazakhstan is relatively stable and has a high potential for entering the international market, which, in turn, will attract foreign investment. And in Kyrgyzstan, economic and political instability prevails, which is one of the high risks for investors.

In China, a system of public-private partnership is widely used in the implementation of infrastructure projects. Chinese PPP models include: see the table below (Table 4)

Table 4 - Chinese PPP models

Name	Definition
Concessions:	Private companies receive the right to manage an infrastructure facility (such as a road or port) for a certain period of time, usually in exchange for payment through user fees.
Public-private agreements:	As part of the PPP, private companies participate in the design, construction or operation of facilities in partnership with the government. These agreements may include both partial and full private sector financing.
Concession agreements and state subsidies:	China often uses hybrid models where the private sector invests in projects, but the government also provides subsidies or guarantees.
Ke, Y.J., Wang, S.Q. and Chan, A.P.C. (2009). "Public-Private Partnerships in China's Infrastructure Development: Lessons Learnt." Proceedings of Changing roles: new roles, new challenges (CIB W096, W104), Noordwijk ann Zee, Netherlands, October 5-9, 2009, 177-188 [9]	

In China, the main focus is on large-scale infrastructure projects, such as the road industry, the construction of bridges, airports, as well as housing construction. The country' s authorities manage the risk by providing guarantees and support to private companies, which, in turn, contributes to a decrease in the amount of losses.

All the processes that the state is doing in the direction of PPP are associated with preventing the project from becoming unprofitable for the state.

The Chinese authorities understand that PPP is not a universal solution. That is, it takes into account that it is a tool that is used to its advantage, taking into account all the risks and benefits that may occur [9]

China is one of the most steadily developing countries. The need for infrastructure is at a high level, which puts pressure on the budget of the Chinese country. Private investors cannot afford to master the size of the Chinese infrastructure market. Entrepreneurship is interested in the PPP sector, and the public sector' s interest in increasing efficiency

through private investment contributes to making the best decisions on the development of PPP.

China has been found to have a wealth of experience with PPP, and the number of PPP projects will continue to grow in the future. However, an insufficiently developed institutional and regulatory framework does not guarantee the sustainability of PPP projects. Investors should align their interests with the public sector and therefore receive support from local authorities, especially for projects with a weak ability to generate income [10].

In Australia, PPP is also widely used, especially in the construction and maintenance of infrastructure. Main features: see table 5.

Table 5 - PPP models used in Australia

Name	Definition
Models with variable risk:	In Australia, there is a practice of distributing risks based on the parties' ability to cope with them. For example, construction risks may be borne by the private sector, while operational risks may remain at the government level.
Public-private agreements and concessions:	Australia actively uses the concession model, where the private sector gets the right to manage infrastructure, but in the case of social or strategically important facilities, private participation is limited.
Australian Government Department of Infrastructure, Transport, Regional Development and Communications. (2022). Public-Private Partnerships: A Guide to Best Practice [11]	

In Australia, PPP finds a balance between private and public participation, with an emphasis on long-term efficiency and strategic planning.

In Kazakhstan, there is a dynamic development of public private partnership (PPP), while a variety of models are used in the market: see table 6.

Table 6 - PPP models used in Kazakhstan

Name	Definition
Government guarantees:	As part of the PPP, the government provides guarantees to private companies that reduce the risks associated with possible changes in the economic situation.
Concessions and partially private projects:	There are projects where private investors can build and operate infrastructure, but critical functions such as providing social services or regulating tariffs remain under government control.
Models with partial private sector financing:	Kazakhstan actively attracts private investment through co-financing mechanisms. In such projects, the government and the private sector share the risks and benefits.
Compiled by the author on the basis of a scientific article by Soltangazinov A.R., Isenova G.K., Kaidarova L.K. Models and forms of public–private partnership, Bulletin of the Belgrade University of Cooperation, Economics and Law [12]	

Public-private partnership (PPP) is an important tool for solving public problems and infrastructure development in Kazakhstan. Taking into account the current development process, the variety of

problems encountered, we believe that digitalization of public-private partnership should be a factor in the successful completion of projects today.

The introduction of digital technologies in the sphere of public-private partnership will increase the efficiency of the state and business, as well as improve the quality of public services, reduce costs associated with money transfers and ensure transparency of all ongoing activities.

Table 7 - Common international PPP models

№	Analyzed countries	PPP Models	Institutional and legal features
1	Kazakhstan	Active implementation of PPPs since the early 2000s. Concession and joint investment projects prevail. The government is actively involved in attracting foreign investors. Main areas: transport, energy, Housing and communal services. Implementation of specialized legislation on PPP.	Special government agencies and agencies for the development of PPPs have been created. Legislation is constantly being improved. The legal framework is well-established. The institutional infrastructure is developing, which makes it possible to gradually reduce risks and increase transparency.
2	Kyrgyzstan	The PPP model is developing gradually, and concession and lease schemes are often used. The main focus is on socially significant objects (roads, communal infrastructure). Problems: limited private capital, lack of an institutional base.	The insufficiently developed legislative framework governing PPPs. Lack of clear support mechanisms and guarantees for private investors. The institutional structures responsible for PPPs operate with limited resources and low coordination. International financial organizations that provide technical and financial assistance play an important role.
3	China	China is actively using PPP in infrastructure projects such as the construction of transport networks and energy generation. The main model is a concessional one, often with elements of co—financing. PPPs in China have strict regulation and government support, which makes it possible to scale projects quickly. The focus is on large infrastructure projects involving public and private companies.	A comprehensive regulatory framework has been formed to regulate various types of PPPs. The system of public-private interaction is highly institutionalized. Strong administrative resources and centralized control contribute to the rapid scaling of projects. The private sector is actively involved, but subject to clear government frameworks and constraints.
4	Australia	One of the most developed and mature PPP systems. A variety of forms are used, from concessions to long—term contracts. Emphasis on efficiency and transparency, extensive experience in attracting private investment in social and transport infrastructure. Clear legislation and well - developed institutional infrastructure	A clear and well-developed legislative framework governing all aspects of PPPs. Availability of specialized agencies and bodies responsible for project support. A high level of institutional maturity, which allows effective risk management and ensuring a balance of interests. Public audit and reporting systems promote high transparency and trust on the part of investors and society.
Note: the analysis is based on sources [6 , 8, 9].			

The success of PPP models depends on a balance between active government support, a developed and transparent legal framework, and a mature institutional infrastructure capable of effectively

managing projects and risks.

- In developed countries such as Australia, high institutional maturity and legal transparency create comfortable conditions for private investors and society.

- In countries with economies in transition (Kazakhstan, Kyrgyzstan), it is important to work on improving the legislative framework and developing PPP institutions.

- China is showing an example of strong government regulation and centralized project management, which allows for the rapid implementation of large-scale initiatives.

Thus, the international experience of PPP shows that the success of the model depends on a balance of government support, a developed legal framework, the ability of the private sector and the priority of strategically important industries for the country.

In the Republic of Kazakhstan, in recent years, the process of digitalization of the PPP industry has been carried out on a large scale. It is considered very useful for the following aspects:

Project management: you can improve the efficiency and accuracy of decision-making by using digital tools to track and evaluate the implementation of PPP projects.

Modern information devices can combine information about the risks associated with the project, deadlines and costs associated with it, which allows you to effectively evaluate and manage projects in real time.

List of anti-corruption measures: digitalization of the process reduces the possibility of the human factor, which, in turn, increases transparency in the implementation of the PPP project and reduces the possibility of corruption. Allows you to increase the transparency of online reporting platforms and electronic tender procedures.

The joint work of the state and entrepreneurship will allow: to improve the use of digital platforms for the exchange of information between government agencies and private companies, reduce paperwork and reduce the stages of concluding contracts.

Sustainability and adaptability: digitalization of the PPP industry increases its ability to quickly adapt to changes in the external environment. Software solutions based on big data and artificial intelligence can predict potential problems in advance and suggest ways to solve it.

The Republic of Kazakhstan has been actively introducing digital technologies into the PPP industry in recent years. As a great example, I can mention the public procurement portal, which is a platform that contributes to open access to Information, selection of contractors on the most objective basis. Details can be found below (Table 8)

Table 8 – Digital projects and platforms operating in the Republic of Kazakhstan for 2024

Name of the platform/project	**Purpose, and Year of activation**	
Public Procurement Portal	the main electronic resource for conducting tenders and contests, which ensures transparency and accessibility of information on public procurement. This portal is used to electronically place orders, participate in tenders, and monitor the execution of contracts.	2006
Electronic Monitoring and Management System for PPP Projects (e-Gov)	This system allows you to effectively monitor the progress of PPP projects in real time, which contributes to a more timely response to emerging problems and deviations from schedule.	2004

Smart Government Monitoring system	This system is used to analyze and predict risks in PPP projects, as well as to assess their financial and technical effectiveness. It collects information and processes it at regular intervals. In turn, this contributes to the rapid and effective decision-making of government agencies.	2017-2018
Public procurement platform of the Republic of Kazakhstan	A system for improving the transparency and efficiency of the public procurement process using digital technologies aimed at automating the procedures for submitting applications and evaluating proposals.	2017
Integrated electronic procurement system	An e-procurement platform that ensures the mutually beneficial work of the state and entrepreneurship, as well as transparency in the process of conducting tenders.	2019
PPP digital information system of the Republic of Kazakhstan	This project will allow you to carry out control work at all stages of the implementation of PPP projects and provide all interested parties with reliable information in a timely manner.	2020
Note: the table was compiled by the author based on the analysis of domestic digital platforms in the field of PPP.		

State bodies are actively implementing digital technologies in order to control the work of public-private partnership. An important step was also the development of infrastructure for data collection and processing, which contributes to a more accurate analysis of the state of affairs and risk forecasting.

Despite the obvious advantages, the digitalization of the PPP system in Kazakhstan faces a number of challenges:

Technical and organizational barriers: Not all public and private institutions are ready to fully integrate digital solutions, which can slow down the digitalization process.

Lack of standards and protocols for data exchange: Kazakhstan does not yet have uniform standards for working with digital data, which leads to difficulties in integrating various information systems.

Cybersecurity: The introduction of digital solutions increases the risks of cyber attacks, which requires the government and private companies to take additional measures to protect information.

A number of measures must be taken to successfully digitalize the PPP system in Kazakhstan.:

Development of a unified platform for managing PPP projects, which will ensure transparency, convenience and the possibility of integration with other government systems.

Creation of standards and protocols for data exchange, which will improve interaction between various PPP participants.

Professional development of civil servants and private sector specialists in the field of digital technologies, which will ensure more efficient use of digital solutions.

Strengthening cybersecurity at all levels of implementation of PPP projects in order to protect data and prevent possible threats.

Digitalization is a significant factor contributing to the development of the public-private partnership system in Kazakhstan. The introduction of digital technologies in project management processes

contributes to improving the transparency and efficiency of interaction between public and private organizations. However, to achieve a fully digitized system, it is necessary to develop a single infrastructure, standards. Strengthening cybersecurity measures is also considered important [13].

Table 9 - SWOT analysis of the state of Public-Private Partnership in the Republic of Kazakhstan

Strengths	Weaknesses
State support Growth of private investment Implementation of a diverse project in a short time Digitalization of processes Contributing to the development of the private sector	Technical and organizational barriers Legislative acts still need to be developed Dependence on public funding Challenges in project management at the local level
Opportunities	**Danger**
Expanding digital platforms and integrating solutions International cooperation and attracting foreign investment Smart cities and environmental projects Support and development of entrepreneurship through PPP Using artificial intelligence and big data	Economic instability and external risks Political risks and legislative changes Cyber threats and data security Bureaucracy and administrative barriers Uncertainty in project deadlines and budgets
Note: the table was compiled by the author based on the analysis of the data presented in the scientific work.	

The results of the SWOT analysis. It showed a significant development in the development of public-private partnership in Kazakhstan. This is primarily due to the increase in state support for the introduction of digital technologies and the attraction of private investment. However, it was noted that the current system faces a number of obstacles, including such problems as lack of standards, organizational difficulties and dependence on foreign economic factors. Eliminating these weaknesses, effective use of digitalization and opportunities for international cooperation can significantly increase the profitability and sustainability of PPP projects in Kazakhstan.

Conclusion. In recent years, the PPP mechanism in the Republic of Kazakhstan has become an important tool for modernizing infrastructure and social spheres. Owl is actively using this tool in the direction of attracting private investment.

Digitalization of PPP projects is becoming

a key factor in improving their efficiency and sustainability. The introduction of modern information systems contributes to improving the quality of project management, ensuring transparency of processes, accelerating them and reducing corruption risks. The first results in this direction are assessed positively, although the need to improve the system is still relevant.

At the same time, a number of serious problems arise in the process of digitalization. In particular, the lack of uniform data exchange standards, technical and organizational restrictions, as well as risks in the field of cybersecurity hinder the full implementation of digital technologies in the PPP system.

To fully realize the digital potential, it is recommended to implement the following measures:

- creation of a single digital platform for managing PPP projects, which will effectively coordinate all stages of the system;

- development of standardized data exchange protocols, necessary to ensure effective integration between all stakeholders;

- strengthening cybersecurity, increasing the level of protection of data and systems;

- systematic professional development of specialists, development of training programs and professional development courses;

- improvement of incentive measures for private investors, including the formation of a system of financial benefits and guarantees;

- support for the introduction of innovative technologies, which will improve the quality and efficiency of PPP projects.

The mechanism of public-private partnership in Kazakhstan serves as an important tool in modernizing infrastructure, improving the quality of social services and attracting private investment.In recent years, the digitalization process has been prioritized in this area, which in turn contributes to increasing the transparency of projects, reducing corruption risks and improving interaction between government agencies and the private sector.

The introduction of modern digital technologies in the PPP project management process will improve the quality of control and monitoring, timely focus on risks and optimize management processes. Electronic equations, automated project tracking and management systems, as well as updated data standards are aimed at ensuring the efficiency and sustainability of the implementation of infrastructure projects.

However, there are also problems that need to be solved in order to fully realize this potential. In particular, barriers of a technical and organizational nature, the lack of uniform data exchange standards and threats to cybersecurity remain as the main factors hindering digital transformation. Therefore, the systematic solution of these difficulties will become a prerequisite for the effective implementation of digitalization and the high-quality development of PPP projects.

It is important to develop a single digital platform for managing public-private partnership projects that will ensure effective work between all participants, as well as develop data standards to simplify the workflow and ensure transparency. It is also worth paying attention to the issue of advanced training of specialists in the field of digital technologies. This will help introduce digital solutions to PPP models and concessions, accelerate their development and strengthen interaction between the state and entrepreneurship.

The introduction of blockchain-based smart contracts will improve the efficiency and transparency of public-private partnership agreements through electronic transactions. [4]. In addition, integrating big information analytics into decision-making methods allows you to optimize resource allocation and project development. [3]. Creating a reliable and effective regulatory framework and a convenient legal framework is very important for digital PPP in a safe and innovation – friendly environment. [2]. As a result of successful digitalization, the PPP system in Kazakhstan will not only be able to effectively solve the problems of social and infrastructural modernization, but also become an important tool for sustainable economic growth, as well as improving the quality of life of

citizens.

Future research should evaluate digital PPP applications across sectors and compare global best practices. Focus areas include regulatory changes, cybersecurity and AI-driven governance [14]. Effective digitalization will ensure PPPs contribute to sustainable economic growth and better public services.

Литература

1. Poslanija Prezidenta narodu Kazahstana za 2020-2024 gg. https://www.akorda.kz .- Data obrashhenija: 04.01.2025.[in Russian]

2. Ismailova R.A., Zhandaulet B. Analiz primenenija i perspektivy razvitija gosudarstvenno chastnogo partnerstva v Respublike Kazahstan. -2023. – №2 (51).- C.91-100. DOI 10.52260/2304-7216.2023.2(51) .12. [in Russian]

3. Ajtkalieva A.M., Galieva A.H., Toksanova A.N. Razvitie gosudarstvenno chastnogo partnerstva v transportnoj infrastrukture Respubliki Kazahstan//Jekonomicheskaja serija vestnika ENU imeni L.N. Gumileva. -2022. -№1. - S.19-31. DOI 10.32523/2789-4320-2022-1-19-31.[in Russian]

4. Lukpanova Zh.O, TyngishevaA.M.,Napravlenija razvitija gosudarstvenno chastnogo partnerstva v zdravoohronenii Kazahstana // VESTNIK Kazahskogo universiteta jekonomiki, finansov i mezhdunarodnoj torgovli, 2022 - №4 (49) VESTNIK Kazahskogo universiteta jekonomiki, finansov i mezhdunarodnoj torgovli. - 2022 - №4 (49) DOI 10.52260/2304-7216.2022.4(49).28.[in Russian]

5. Asian Development bank: «Obzor gosudarstvenno – chastnogo partnerstva Kazahstan»

6. Oficial' nyj sajt AO «Kazahstanskij centr razvitija GChP» https://ppp-center.kz .-Data obrashhenija: 04.01.2025. [in Russian]

7. Nacional' naja palata predprinimatelej RK «Atameken» Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo https://atameken.kz .- Data obrashhenija: 04.01.2025.[in Russian]

8. Chan A.P.C., Lam P.T.I., Chan D.W.M., Cheung E. and Ke Y.J. Drivers for Adopting Public Private Partnerships – Empirical Comparison between China and Hong Kong Special Administrative Region// Journal of Construction Engineering and Management.-2009.- Vol.135(11).- P.1115-1124. DOI 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000088

9. Ke Y.J., Wang S.Q. and Chan A.P.C. "Public-Private Partnerships in China's Infrastructure Development: Lessons Learnt." Proceedings of Changing roles: new roles, new challenges (CIB W096, W104), Noordwijk ann Zee, Netherlands, October 5-9, 2009, 177-188. https://www.researchgate.net .- Date of address: 04.01.2025.

10. Ke Y., Jefferies M., Shrestha A., Jin X. Public Private Partnership in China: Where to from Here // Organization, Technology & Management in Construction.-2014.-Vol/6(3).-P.1156-1162. DOI 10.5592/otmcj.2014.3.10

11. Australian Government Department of Infrastructure, Transport, Regional Development and Communications. (2022). Public-Private Partnerships: A Guide to Best Practice. https://www.infrastructure.gov.au .- Date of address:04.01.2025.

12. Солтангазинов А.Р., Исенова Г.К.,Кайдарова Л.К. Модели и формы государственно – частного партнерства//Вестник Белградского университета кооперации, экономики и права. -2019. -№5 (78).- С.95-104. DOI 10.21295/2223-5639-2019-5-95-104

13. Официальный информационный ресурс Премьер-министра Республики Казахстан Автоматизированы 82% госуслуг и оказано более 54 млн услуг в электронном формате — итоги цифрового развития. https://primeminister.kz .- Дата обращения 04.01.2025

14. Yermekbayev, A., et al. (2022). Opportunities and prospects of public-private partnership for technological development of mining and metallurgical complex enterprises of Kazakhstan// Bulletin of the Karaganda University: Economy Series .- 2022.- Vol.102(4).- P.89-104. DOI 10.31489/2022ec3/34-44

Информация об авторах

Жумажанова М.Т.- старший преподаватель, магистр, АО «Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова», Астана, Казахстан e-mail: maral2804@mail.ru;

Сапарова Б.С.- к.э.н., профессор «Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева» Астана, Казахстан. e-mail: sbsfmenu@mail.ru;

Syed Faisal Hassan Bukhari- PhD, профессор, Воздушный университет, Исламабад, Пакистан e-mail: nadealishanawer@gmail.com.

Information about the authors

Zhumazhanova M.- Senior Lecturer, Master's Degree, «Kazakh University of Technology and Business named after K. Kulzhanov», Astana, Kazakhstan, e-mail: maral2804@mail.ru;

Saparova B.- Candidate of Economics, Professor, L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, e-mail: sbsfmenu@mail.ru;

Syed Faisal Hassan Bukhari - PhD Professor, Air University, Islamabad, Pakistan. e-mail: nadealishanawer@gmail.com..

Редактор: Оспанова М.К.
Верстка: Ундасынов Р.Е.
Подписано в печать: 28.06.2025 г.
Издание: АО «КазУТБ» 010000, Астана, Казахстан, ул. Кайыма Мухамедханова, 37 А,
Рабочий телефон: +7 (7172)72-58-12(134)
E-mail: vestnik@kaztbu.edu.kz