



**ШӘКӘРІМ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ ХАБАРШЫСЫ  
ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР**

**ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ**

**ВЕСТНИК УНИВЕРСИТЕТА ШАКАРИМА  
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ**

**BULLETIN OF SHAKARIM UNIVERSITY  
TECHNICAL SCIENCES**

**SCIENTIFIC JOURNAL**

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



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

---

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

---

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

**№ 3 (11) 2023**

**Семей, 2023**

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

---

№ 3 (11) 2023

---

**Меншік иесі:**

«Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

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

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

**РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА**

**Бас редактор – Есимбеков Ж.С.**, PhD (Қазақстан, Семей қ.)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Жазылу индексі: 76172**

**Редакция құрамы:**

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

**Редакцияның мекен-жайы:**

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

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

© «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғам, 2023

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

№ 3 (11) 2023

## Собственник:

Некоммерческое акционерное общество «Университет имени Шакарима города Семей»

Издается с 1997 года

Периодичность: ежеквартально (4 раза в год)

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

Свидетельство о постановке на учет № KZ93VPY00033663 от 19.03.2021 г.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Главный редактор – Есимбеков Ж.С.**, PhD (Казахстан, г. Семей)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Подписной индекс: 76172**

## Технические редакторы:

Евлампиева Е.П.  
Семейская З.Т.

## Адрес редакции:

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

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

© Некоммерческое акционерное общество «Университет имени Шакарима города Семей», 2023

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

---

№ 3 (11) 2023

---

**Owner:**

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

Published since 1997

Frequency: quarterly (4 times a year)

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

**EDITORIAL BOARD**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Subscription index: 76172**

**Editorial staff:**

Yevlampiyeva Y. – editor

Semeyskaya Z. – editor

**Editorial Office address:**

071412, East Kazakhstan region, Semey,

Glinka str., 20A, room 506

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

Email address: rio@semgu.kz

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

© Non-profit Joint Stock Company «Shakarim University of Semey», 2023

**С.С. Ануарбекова**ТОО «Научно-аналитический центр «Биомедпрепарат»  
Республика Казахстан, г. Степногорск  
e-mail: sanuarbekova@rambler.ru**ФЕРМЕНТЫ МИКРООРГАНИЗМОВ. ПРОТЕАЗЫ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ**

**Аннотация:** Работа посвящена ферментам микроорганизмов. В данной обзорной статье представлены характеристики микробных ферментов, их классификации по различным параметрам. Рассматривается роль ферментов микроорганизмов в различных сферах жизнедеятельности человека. Ферменты участвуют в биохимических процессах микроорганизмов для их защиты, размножения и роста. Производителями ферментов являются различные таксономические группы бактерий, мицелиальных грибов, актиномицетов и дрожжей. Описаны гидролитические ферменты. Раскрывается важное значение гидролитического фермента протеазы, участвующего в различных процессах, в том числе с участием микроорганизмов. Основные продуценты протеолитических ферментов представлены бактериями рода *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, грибами рода *Aspergillus*, *Penicillium*, *Blakeslea*, актиномицетами рода *Streptomyces*, *Actinomyces*. Особая роль отводится молочнокислым бактериям. Показана значимость применения протеазы в биотехнологической промышленности, в частности для разработки препаратов, заквасок, биодобавок, функциональных продуктов питания с заданными свойствами. В статье упоминаются результаты исследования протеолитической активности культур микроорганизмов, полученные мною с сотрудниками. Объектами исследования были бациллы, дрожжи, грибы и молочнокислые бактерии. Для оценки протеолитической активности применяют методы *in vitro*, генетические, хроматографический и другие методы.

**Ключевые слова:** ферменты, ферментативная активность, классификация, протеаза, молочнокислые бактерии, пробиотики, биотехнологическая промышленность.

Одной из основ биотехнологического процесса являются культуры микроорганизмов и их производные. Из года в год учёные занимаются поиском новых штаммов для внедрения в различные сферы жизнедеятельности человека, будь то пищевая промышленность, медицина, очистка почвы, дубление кожи и т.д. При этом свойства одного рода, одного вида, одного штамма микроорганизма уникальны и разнообразны, что один штамм можно использовать в различных направлениях.

В рамках выполнения нами научной программы (2022-2024 г.), одним из объектов исследования являются молочнокислые бактерии, а именно их способность к кислотообразующей активности, антагонизму к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам, выделению ферментов, что способствовало применению их в качестве пробиотических препаратов, заквасок для получения молочнокислых продуктов, сыров, хлебобулочных изделий и продуктов функционального значения. Нами изучались микроорганизмы на наличие таких ферментов, как липазы, целлюлазы, протеазы, лизоцим и др. Большой интерес для микробиологов, представляют протеолитические ферменты, так как они не только имеют положительное значение для биотехнологии, но и являются одним из факторов идентификации культур микроорганизмов.

Несмотря на уникальность микроорганизмов, культуры необходимо постоянно обновлять в связи с утерей их биотехнологических свойств.

В связи с этим целью данной работы является систематизация знаний по ферментам микроорганизмов (классификация, применение) с предоставлением наших результатов, полученных в ходе многолетних исследований и исследований в рамках данного научного проекта, которое заключается в поиске новых пробиотических штаммов с устойчивостью к различным антибактериальным препаратам и с высокой протеолитической активностью.

Ферменты (от лат. «закваска»), или энзимы (от греч. «закваска»), – сложные белковые соединения, РНК (рибозимы) или их комплексы, ускоряющие химические реакции в живых системах. Термин «фермент» и «энзим» – синонимы. Белковые ферменты синтезируются на рибосомах, а в РНК – в ядре. Ферментативная активность может регулироваться активаторами (повышаться) и ингибиторами (понижаться) [1-3].

Любая живая клетка является продуцентом ферментов, в том числе микроорганизмы, в которых могут находиться десятки различных ферментов. Среди ферментов микроорганизмов много таких, которые встречаются и у растений, и у животных, но существуют и ферменты только «микробиологического происхождения». Все биохимические процессы, протекающие в микробных клетках, регулируются энзимами, поэтому любой фактор, действующий на активность фермента, будет действовать и на сам микроорганизм [4]. Один фермент действует только на один фактор, т.е. для ферментов характерна специфичность: лактаза расщепляет молочный сахар, амилаза – крахмал.

Интересным является то, что для осуществления какого-либо процесса большого количества фермента не нужно и это количество остаётся неизменным. Это отмечает И.Б. Леонова на примере амилазы: грамм амилазы превращает тонну крахмала в сахар [4].

Питание, дыхание, рост, размножение микроорганизмов осуществляются благодаря энзимам. Микробные ферменты также являются защитным фактором для микроорганизмов, фактором сохранения вида, патогенным фактором и признаками для определения их видовой и родовой принадлежности, т.е. идентификации.

В настоящее время известно более двух тысяч ферментов. Микроорганизмы располагают всем набором энзимов [4-8]. Они разделены на шесть классов, которые делятся на подклассы и подпод классы: оксидоредуктазы (оксидазы, пероксидазы, каталазы), трансферазы (фосфотрансферазы, аминотрансферазы), гидролазы (фосфатазы, эстеразы, глюкозидазы), лиазы (пируватдекарбоксилазы), изомеразы (рацемазы, эпимеразы), лигазы-синтетазы (глутаминсинтетаза, аспарагинсинтетаза) [3, 4, 6, 8, 9].

По строению ферменты подразделяются на простые и сложные белки [10, 11].

Ферменты в зависимости от реакции на условия среды делят на [4, 6-9]: конструктивные – концентрация в клетках микроорганизмов остаётся неизменной, пример, ферменты гликолиза; индуцибельные – концентрация в клетках микроорганизмов значительно увеличивается в присутствии соответствующего субстрата, пример,  $\beta$ -галактозидаза; репрессибельные – ферменты, синтез которых блокируется конечным продуктом.

Есть такие ферменты микроорганизмов как конститутивные и адаптивные [4, 12]. Конститутивные ферменты обязательны для данного вида, а адаптивные вырабатываются клеткой только при необходимости.

Первые как обязательные применяются при идентификации, например, фермент каталаза у бацилл или плазмокоагулаза для золотистого стафилококка. Адаптивным примером также могут служить бациллы, которые могут расти на любой среде, используя те элементы, которые присутствуют в данной среде. По моему мнению, связано это со способностью бацилл к спорообразованию, споры которых могут адаптироваться к любым условиям существования и сохранять вид. И за счёт большого комплекса ферментов, продуцируемых бациллами и оказывающих защитную функцию.

Также ферменты бывают внутренние и внешние – эндо- и экзоферменты, в зависимости от расположения и пространства выделения.

Ферменты в микробной клетке находятся в различных структурах. Ферменты энергетического обмена и транспорта питательных веществ находятся в цитоплазматической мембране и её производных. Ферменты белкового синтеза – в рибосомах. Многие ферменты располагаются в цитоплазме в растворённом виде [7, 9].

В практической бактериологии для идентификации микроорганизмов до вида или рода применяют биохимические показатели. Они основаны на ферментах, например, сахаролитическая активность – сбраживание углеводов до кислоты и газа. Также используются протеолитические, аутолитические, окислительно-восстановительные ферменты и ферменты патогенности (вирулентности).

В своей практике, мы применяли сахаролитические ферменты, протеолитические, окислительно-восстановительные и ферменты патогенности (вирулентности) [2, 13].

Например, для изучения сахаролитических свойств лактобацилл, исследовали сбраживание углеводов на пептонной воде с индикатором Андрее. На средах Гисса, Клигlera (рис. 1) изучали сахаролитические свойства энтеробактерий. Результатом является газообразование и образование кислоты – изменение цвета среды. Сбраживание лактозы энтеробактерий исследовали на лактозосодержащей среде Эндо [2, 13].

Протеолитические ферменты бактерий определяли по выделению индола, сероводорода, расщеплению фенилаланина, лизина, редукции нитрата. На средах Клигlera (рис. 1) и Олькеницкого также можно исследовать протеолитические свойства бактерий, так как рост микроорганизмов сопровождается высвобождением аммиака и образуется чёрный ободок – сероводород (№ 855 и № 857). Кроме этих дифференциальных сред для оценки протеолитической активности использовали разжижение казеина молока и желатины [2, 7, 9, 13].

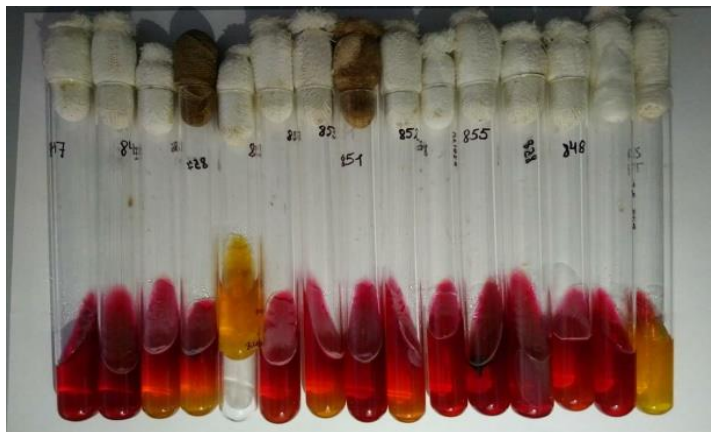


Рисунок 1 – Посев на среду Клигlera

Аутолитические ферменты – это гидролитические ферменты, под действием которых происходит саморастворение (автолиз) мёртвых клеток и тканей, разрушающих молекулы.

Для обнаружения окислительно-восстановительных ферментов в нашей практике мы использовали расщепление перекиси водорода, утилизацию цитрата.

Для определения наличия и степени патогенности (или вирулентности) бацилл, стафилококков, дрожжей, мы исследовали плазмокоагулазу, лецитиназу, бактериолитическую активность, киллерный эффект. Они разрушают ткани и клетки макроорганизма, вызывая инфекционные процессы. В тоже время эти факторы являются фактором защиты от внешних воздействий.

Определение ферментов патогенности также имеет значение при идентификации ряда микроорганизмов и выявления их роли в патологии.

Исследование на вирулентность также проводили на мышах в клинических испытаниях при разработке пробиотика для коррекции дисбактериоза кишечника и для разработки пародонтальных стрипов на основе лактобацилл.

Широкое применение микроорганизмов как продуцентов биологически активных веществ, в частности ферментов, основано на их продуктивности. Культуры микроорганизмов часто заменяют продуктами метаболизма, что способствует улучшению качества технологического процесса, повышению выхода продукции, улучшения качества продукта и удешевления финансовых затрат.

Использование микроорганизмов для получения ферментов имеет ряд преимуществ по сравнению с растительным и животным сырьем, что отмечено И.Б. Леоновой [4]:

- микроорганизмы имеют большое количество разнообразных ферментов;
- микроорганизмы имеют способность быстро размножаться при минимуме времени с выходом большого количества биомассы и с последующим получением большого количества фермента;
- для культивирования микроорганизмов не требуется больших затрат, так как они растут на относительно дешевых субстратах, например на отходах различных промышленных производств;



– управлять развитием микроорганизмов при современном аппаратном оформлении таких производств значительно легче и проще, чем выращивать растения и животных.

В связи с этими преимуществами, во многих отраслях промышленности микробные ферменты заменяют животные и растительные ферменты.

Итак, ферменты и микроорганизмы работают на нужды человека с незапамятных времен.

В древности люди занимались виноделием, пивоварением, сыроделием – всё это биотехнологические процессы с использованием ферментов культур микроорганизмов. Также готовили хлеб и квасили капусту, где опять же участвовали микроорганизмы, а именно продукты их метаболизма.

Примером использования ферментов микробного происхождения является производство этилового спирта, когда в сырье, содержащее крахмал, вместо зернового солода добавляют амилолитические ферменты из грибов. При производстве хлеба солод заменяют ферментами микробного происхождения, при этом повышается качество изделий, их органолептические показатели. При производстве пива использование ферментов позволяет заменить солод. При производстве сыра вместо сычужного фермента используются ферменты микробного происхождения. Имеется опыт использования пептидаз микробного происхождения для размягчения мяса, ускорения его созревания, в различных технологических процессах при переработке сырья [4].

Ферменты микроорганизмов применяются в медицине, ветеринарии, биологии в качестве лечебных препаратов и ферментов – регуляторов биологических процессов, особенно в генетике.

С ферментами связан целый ряд перспективных исследований и разработок в сфере медицины, которые помогут удешевить производство антибиотиков и сделать их более эффективными, повысить качество и доступность средств диагностики многих серьезных недугов, в частности, сердечно-сосудистых заболеваний. Особое место занимает разработка пробиотиков [2, 14-18].

Антисептические свойства пробиотиков связаны с продукцией антимикробных факторов: органических кислот, бактериоцинов, ингибиторных протеинов, ферментов [18].

Особое внимание [19] много десятиков лет уделено молочнокислым бактериям (МКБ) как источникам пробиотиков.

МКБ представляют бактерии семейства *Lactobacillaceae*, которые объединены в одну группу по способности бактерий выделять молочную кислоту. Семейство представлено лактобациллами, лактококками, молочнокислыми стрептококками, педиококками и др. Бактерии рода *Bifidobacterium* не относятся к МКБ, но их рассматривают в одном аспекте как пробиотики, закваски, благодаря их способности подавлять условно-патогенные и патогенные микроорганизмы.

МКБ выделяют из молока, молочнокислых продуктов, квашеных продуктов, ягод, растений, биотопов человека, в частности из толстого кишечника. Особенно пробиотически эффективны штаммы, выделенные из каловых масс маленьких детей.

О биологических свойствах лактобацилл подробно написано в работе Глушановой Н.А. «Биологические свойства лактобацилл» [20]. Благодаря их уникальности с каждым годом учёные получают всё новые штаммы [21, 22].

МКБ участвуют в обмене веществ, продуцируют витамины, ферменты и другие биологически активные вещества, поддерживают биоценоз биотопов человека, обладают иммуномодулирующими, канцерогенными, антимуtagenными и другими свойствами.

Важное значение имеют антагонизм к условно-патогенным и патогенным микроорганизмам и продукция ферментов. Антагонисты подавляют бактерии, дрожжи, актиномицеты и мицелиальные грибы. На их основе разработаны десятки пробиотиков в медицине и ветеринарии; молочнокислые продукты; косметические и моющие средства.

Препараты на основе лакто- и бифидобактерий применяют для профилактики и лечения заболеваний желудочно-кишечного тракта, дыхательных путей, для восстановления кишечного, орального и вагинального микробиоценоза.

Микроорганизмы вводят в пищевые добавки, кисломолочные продукты.

МКБ, присутствующие в пище, улучшают усвояемость белков, замедляют высвобождение жирных кислот и поддерживают здоровье человека, обитая в желудочно-кишечном тракте.

При выполнении различных научных работ, мною с сотрудниками, были выделены лактобациллы, лактококки и стрептококки, которые обладали антагонизмом различной степени проявления. На основе бактерий с высокой степенью антагонизма были разработаны пробиотические препараты. Их адсорбировали на сорбентах и лекарственных растениях [23-26]. Сорбенты усиливали действие антагонистов за счёт того, что они на себе собирают токсины, а лекарственные растения, также как бактерии, подавляют патогенную микрофлору, нормализуя биоценоз.

В последнее время, МКБ применяют при разработке продуктов функционального назначения с заданными свойствами, которые стали модными и востребованными, например, кисломолочные продукты с пробиотическим эффектом, лактозоутилизирующими свойствами или с добавками микроэлементов, витаминов для коррекции той или иной патологии, например, недостатка йода.

Нами были получены МКБ с лактозоутилизирующими и пробиотическими свойствами, которые являются перспективными в разработке молочнокислых продуктов для больных с лактазной недостаточностью и могут применяться больными сахарным диабетом [27-29].

Итак, имеется ряд направлений по разработке продуктов с пробиотическими, антиоксидантными, холестеринутилизирующими, канцерогенными свойствами, с содержанием йода, калия и других микроэлементов, с низким содержанием сахара, без лактозы и т.д. [16-20, 30-35].

Например, Хамагаевой И.С. с сотрудниками [35] разработана технология сухих молочно-белковых концентратов с кальцием и лактобактериями вида *Lactobacillus helveticus*. Молоко использовали коровье и козье. Выбор авторов был основан на литературных данных, о том, что этот вид имеет высокую протеолитическую активность, что подтверждено и в данной работе. Значительным свойством является высокий пробиотический потенциал заквасочных штаммов микроорганизмов. Они имеют хорошую кислотообразующую активность и высокий показатель жизнеспособности, что является одним из требований при разработке препаратов ( $10^6$  КОЕ/мл и более) –  $10^8$  КОЕ/мл.

Более эффективным оказался штамм *Lactobacillus helveticus* H<sub>17-18</sub>.

МКБ также являются продуцентами ферментов, в том числе гидролитических ферментов, перспективных в различных сферах жизнедеятельности человека [36-41]. Их используют в лёгкой, пищевой промышленности, для кормов, в медицине [42].

Среди гидролаз, продуцируемые МКБ, особый интерес представляют протеолитические ферменты, применяемых при разработке пробиотиков, заквасок, ветеринарных препаратов, в кожевенной промышленности и т.д. [41, 43-45]. В препаратах протеазы являются сигнальными и эффекторными молекулами иммунной защиты [46]. Они располагаются в клеточной стенке микроба.

Есть исследования, в которых доказано эффективное применение казеинолитических МКБ для расщепления казеина и белка молока, так как у многих людей есть аллергия к этим компонентам [47].

Ферменты-протеазы играют роль в метаболизме бактерий, так как протеолиз необходим для снабжения МКБ азотом, аминокислотами, витаминами, которые образуются при разложении казеина, например, протеолитические ферменты снабжают *Lactococcus lactis* аминокислотами во время роста в молоке [48]. Эти ферменты имеют значение, так как МКБ требуют большое количество аминокислот для своего роста и размножения.

Протеолитические ферменты применяются для гидролиза белков, коагуляции молочных белков, например в сыроделии. Для заквасок при производстве сыра важным является их протеолитическая активность: ускоряют процесс гидролиза, формируют органолептические и реологические показатели сыра [49]. Протеазы как продукты жизнедеятельности микроорганизмов используются в мясной отрасли для модификации свойств мясного сырья в целях повышения его нежности и степени гидратации, улучшения качества полученных из модифицированного сырья мясных продуктов [31, 50, 51]. В работах представлены исследования действия консорциумов микроорганизмов на мясное сырье.

К.М. Альхатибом и Т.М. Данильчук [31] были исследованы комплекс бактерий – продуцентов протеаз – *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus helveticus*, *Propionibacterium freudenreichii* ssp. *Shermanii*. В результате проведенных экспериментов показано, что из мяса бедра индейки, модифицированного обработкой жидкой

биомассой консорциума, получается продукт, имеющий более нежную структуру, улучшенные органолептические свойства и повышенные потребительские качества [31].

Нестеренко А.А. и Акопян К.В. были изучены влияние консорциума микроорганизмов на функционально-технологические свойства модельных фаршей. Они установили, что введение стартовых культур с заданным составом, способствует повышению сортности мясного сырья, ускорению посола, влияет на физико-химические, структурно механические и биологическую ценность мясного сырья [50].

Молочнокислые протеазы увеличивают срок хранения хлеба и макаронных изделий, также применяются в качестве консервантов для увеличения срока хранения пакетированных соков. Протеолитические ферменты защищают продукты питания от загрязнения различными микроорганизмами и отвечают за органолептические показатели.

80-90% различных видов и штаммов молочных бактерий обладают различной степенью способности расщеплять протеазы. Из 137 штаммов МКБ, выделенных нами и подвергнутых скринингу, 61,3% штаммов имеют протеолитическую активность [52].

Внешними факторами, влияющие на протеолитическую активность культур микроорганизмов являются температура, рН среды, состав среды, достаточное количество аминокислот, наличие спиртов, фенола. При этом, как отмечено в некоторых работах, оптимальное значение рН для роста бактерий не всегда совпадает с оптимальным значением рН для биосинтеза ферментов [44, 53].

Для каждого штамма это значение индивидуально.

Протеолитические ферменты лактобактерий способны проявлять активность в широком интервале значений рН, и по этому признаку они делятся на слабокислые, нейтральные и щелочные. В основном максимальная протеолитическая активность была зарегистрирована при рН 8,0, тогда как оптимальное значение для роста и развития данных штаммов лежит в диапазоне от 5,5 до 6,2 [36].

Интересным являются исследования криорезистентности бактерий с ферментативными свойствами, используемые в промышленности.

Исследователями была дана оценка протеолитической активности пятнадцати новых криорезистентных штаммов МКБ рода *Lactobacillus*, обладающих рядом функционально-технологических свойств [36].

Исследование криогенных свойств, связано с тем, что в силу увеличения занятости населения, а именно женщин, увеличился спрос на полуфабрикаты, которые находятся в замороженном состоянии. Длительное же хранение продуктов приводит к утрате вкусовых качеств, структурных свойств; в отношении дрожжевого теста к долгому созреванию дрожжей или их гибели; к ослизнению колбас и т.д. Подавлению функций подвергаются и МКБ, которые характерны в составе хлебобулочных изделий, мороженого.

Упор сделан на протеолитические энзимы, которые в качестве консервантов увеличивают срок хранения продуктов питания, что подтверждено литературными данными и практическими изысканиями.

Результаты исследования показали, что все штаммы (выделенные ими ранее) демонстрируют более высокую протеолитическую активность в щелочной среде и в среде, близкой к нейтральной рН (6,5), в слабокислой среде протеолитическая активность лактобацилл имеет минимальные значения, за исключением штаммов *L. fermentum* 12 и *L. plantarum* 21 [36].

Авторы рекомендуют применять выделенные ими криорезистентные штаммы *L. casei* 32, *L. casei* 36 и *L. fermentum* 10 с высокой степенью протеолитической активности в качестве заквасок для производства ферментированных продуктов питания [36].

Активность не связана с видом, а является индивидуальной для каждого штамма.

Вообще микроорганизмы хорошо могут храниться при различных температурах, например, в лиофильновысушенном состоянии и при криоконсервации: штаммы культур микроорганизмов хранятся при минус 80 °С. Культуры на скошенной агаризованной среде или под минеральным маслом хранятся при минус 4 °С. Причём различные их свойства, как например, ферментативная активность, антагонизм к патогенным и условно-патогенным микроорганизмам сохраняются. Нами неоднократно данный факт подтверждался при закладке культур на хранение и оценке активности в процессе хранения годами.

Итак, МКБ обладают определенной протеолитической активностью, обусловливаемой действием протеиназ пептидаз.

Для оценки протеолитической активности используются различные методы, как методы *in vitro*, модифицированный метод Ансона, генетические методы, методами SDS-PAGE, жидкостной хроматографии и масс-спектрометрии.

*In vitro* исследуется расщепление казеина и желатины. Протеолитические ферменты катализируют расщепление белков на поли- и олигопептиды [2, 13, 54].

Для выявления активности кazeиназы используют молочный агар Эйкмана, где в качестве субстрата применяют обезжиренное молоко. Способность к образованию протеолитических ферментов определяют по прозрачным ореолам вокруг зоны роста бактерий, что обуславливает пептонизацию казеина.

Другим методом для определения протеолитических ферментов *in vitro* – коллагеназ, производят посев уколом исследуемой культуры в столбик мясо-пептонной желатины. При положительном результате наблюдается разжижение желатины различной формы.

В ходе научно-исследовательской деятельности на протяжении 25 лет, мною с сотрудниками были выделены, изучены и разработаны различные микроорганизмы с ферментативными свойствами, среди которых были протеолитически активные [55-58].

В одном из исследований для выявления протеолитической активности выделенных культур и коллекционных культур МКБ и дрожжей, мы использовали качественный метод – высевали уколом на молочный агар и помещали в термостат при 37 °С на 2-10 суток. Казеинолитическую активность бактерий оценивали по зоне просветления вокруг выросших колоний.

В результате данного исследования было выявлено, что 85,7% выделенных культур МКБ обладают протеолитической активностью, не активны – 12 культур, что составляет 14,3%. Зона лизиса колеблется от 1 до 20 мм, увеличиваясь на один порядок при выдерживании в условиях комнатной температуры после инкубации в термостате (рис. 2).

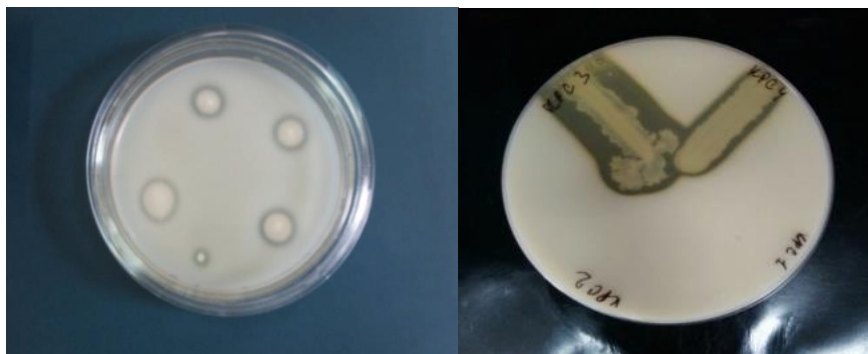


Рисунок 2 – Расщепление протеазы

Активные культуры были выделены из биотопов человека, молочных продуктов, отходов животноводческих ферм.

Среди музейных штаммов из 17, 1 штамм не обладает свойством лизировать казеин, 10 штаммов имеют низкую активность (1-4 мм), 2 – среднюю (5-9 мм), 5 – высокую (10 и более). *L. plantarum 0015* имеет наиболее высокий показатель протеолиза, который составляет 30 мм.

Наиболее активные культуры были исследованы на хроматографе, что подтвердило их активность.

Среди дрожжевых культур 9 обладают свойством разлагать казеин.

В следующем исследовании были изучены МКБ и дрожжи в качестве заквасок и оценивали активность протеазы для получения протеолитического фермента.

Основную массу культур, обладающих протеолитической активностью составляют МКБ, что отражено на диаграмме (рис. 3).

Из 102 МКБ 82 (80,4±3,9%) культуры лизируют казеин молока. Цифры от 1 до 10,6 мм. 49 культур имеют показатель протеолитической активности более 5 мм. Наиболее высокие показатели имеют культуры лактобацилл LB46 – 9,5 мм, L73 – 10,6 мм, L96 – 9 мм, 11LR – 9 мм, 12LR – 10 мм, LK14 – 10,3. Есть культуры из биотопов человека и молочных продуктов.

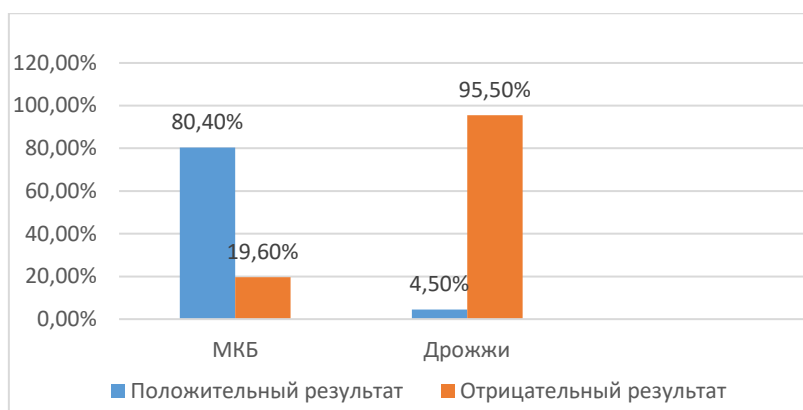


Рисунок 3 – Результат исследования протеолитической активности

Из 133 культур дрожжей всего 6 культур обладают способностью к протеолизу. Дрожжи же дали положительный результат в 6 случаях ( $4,5 \pm 1,8\%$ ), из них 5 культур (С123, С141, С161, С194, С237), выделенные из молочнокислых продуктов домашнего приготовления, 1 (DK29) – заводского приготовления. Показатель протеолиза колеблется в пределах 1-4,6 мм. Эти данные опять свидетельствуют о том, что дрожжи менее активны в качестве продуцентов протеолитических ферментов.

Основная масса культур микроорганизмов имеют способность разлагать казеин, больший процент составляют МКБ, поэтому они являются наиболее актуальными при выделении протеолитического фермента, что подтверждено многими научными данными.

Таким образом, знание о протеолитической активности МКБ имеет решающее значение при подборе заквасочных культур, протеолитических и других бактериальных препаратов. Высокая протеолитическая активность штамма микроорганизмов в сочетании с антагонистической активностью увеличивает возможность применения их в пищевой, перерабатывающей промышленности, животноводстве и медицине.

### Список литературы

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ферменты> (дата обращения 11.04.2023).
2. Практикум по микробиологии / ред. А.И. Нетрусова. – М.: АСADEМА. – 2005. – 603 с.
3. Емельянов В.В., Максимова Н.Е., Мочульская Н.Н. Биохимия. – Учебное пособие. Екатеринбург: Издательство Уральского университета. – 2016. – 134 с.
4. Леонова И.Б. Основы микробиологии: учебник и практикум для ВУЗов. – Москва: Издательство Юрайт, 2023. – 277 с. – Текст электронный. — URL: <https://urait.ru/bcode/512297> (дата обращения: 18.05.2023).
5. Госманов Р.Г., Галиуллин А.К., Волков А.Х., Ибрагимова А.И. Микробиология. – Учебное пособие. – 2-е изд., стер. – СПб.: Лань, 2017. – 496 с.
6. [https://www.pesticity.ru/dictionary/Enzymes\\_of\\_microorganisms](https://www.pesticity.ru/dictionary/Enzymes_of_microorganisms) (дата обращения: 20.05.2023).
7. Мусина Л.Т. Физиология бактерий (часть вторая): метод. реком. – Казань: КГМУ. – 2001. – 17 с.
8. Пилькевич Н.Б., Виноградов А.А., Боярчук Е.Д. Основы микробиологии: Учебное пособие для студентов ВУЗ. – Луганск: Альма-матер. – 2008. – 192 с.
9. Лысак В.В., Игнатенко Е.И. Физиология микроорганизмов: учеб.-метод. пособие. – Минск: БГУ. – 2016. – 80 с.
10. Емцев В.Т. Микробиология: учебник для ВУЗов / В.Т. Емцев, Е.Н. Мишустин. – 5-е изд., переработанное и доп. – Москва: Дрофа. – 2005. – 445 с.
11. <https://propionix.ru/mikrobnaya-fermentatsiya> (дата обращения 11.04.2023.).
12. [https://studme.org/258307/geografiya/fermenty\\_mikroorganizmov](https://studme.org/258307/geografiya/fermenty_mikroorganizmov) (дата обращения 11.04.2023.).
13. Справочник по микробиологическим и вирусологическим методам исследования / под ред. М.О. Биргер. – М.: Медицина. – 1982. – 462 с.
14. <https://lk.msu.ru/course/> (дата обращения 11.04.2023.).
15. Лобанок А. Биотехнология микробных ферментов // Наука и инновации. – 2011. – № 1(95). – С. 66-69.

16. Ануарбекова С.С., Абитаева Г.К., Бекенова Н.Е. и др. Поиск лактобацилл с пробиотическим потенциалом для получения биопрепаратов и молочнокислых продуктов функционального назначения / Микроорганизмы и биосфера – 2015: Мат. междунар. симпозиума. – Ташкент, 2015. – С. 182-183.
17. Вахитов Т.Я., Вербицкая Н.Б., Добролеж О.В. и др. Влияние метаболитов пробиотических и патогенных бактерий на антагонистическую активность *Lactobacillus acidophilus* Д№ 75 // Научный журнал КубГАУ. – 2013. – № 92(08). – 19 с.
18. Урсова Н.И. Терапевтический потенциал современных пробиотиков // Педиатрическая фармакология. – 2013. – Т. 10 (2). – С. 46-56.
19. Квасников Е.И., Нестеренко О.Л. Молочнокислые бактерии и пути их использования. – М.:Наука. – 1975. – 389 с.
20. Глушанова Н.А. Биологические свойства лактобацилл // Бюллетень сибирской медицины. – 2003. – № 4. – С. 50-58.
21. Соловьева И.В., Точилина А.Г., Новикова Н.А. и др. Изучение биологических свойств новых штаммов рода *Lactobacillus* // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. – 2010. – № 2(2). – С. 462-468.
22. Яруллина Д.Р., Фахруллин Р.Ф. Бактерии рода *Lactobacillus*: общая характеристика и методы работы с ними: Уч.-метод. пособие. – Казань: Казанский унив. – 2014. – 51 с.
23. Нагызбеккызы Э., Ануарбекова С.С., Алмагамбетов К.Х. Пробиотические свойства коллекционных штаммов бактерий рода *Lactobacillus* / Инновации в науке: Мат. Междунар. научно-практ. конф. – Новосибирск. – 2012. – С. 29-36.
24. Туякова А.К., Абитаева Г.К., Бекенова Н.Е. и др. Изучение пробиотических свойств новых штаммов лактобактерий // Биотехнология. Теория и практика. – 2013. – № 4. – С. 55-59.
25. Ануарбекова С.С., Абитаева Г.К., Алмагамбетов К.Х. Исследование возможности создания пробиотиков иммобилизованные на тагансорбент // Вестник государственного Университета имени Шакарима. – Серия биол. – 2014. – № 4(68). – С. 99-103.
26. Абитаева Г.К., Бекенова Н.Е., Ануарбекова С.С., Алмагамбетов К.Х. Разработка новых биопрепаратов на основе пробиотических микроорганизмов и эндемичных видов лекарственных растений / Тез. докл. IX Междун. науч. конф., посвященной 50-летию создания Института микробиологии НАН Беларуси. – Минск. – 2015. – С. 129-130.
27. Бекенова Н.Е., Егинчибаева А.Д., Ануарбекова С.С. Оценка пробиотического потенциала лактозоутилизирующих культур / Personalized medicine and global health: Мат. 2-й Междунар. конф. – Астана. 2015. – С. 109-110.
28. Карменова Ж.К., Нагызбеккызы Э., Даулбай С.С., Ануарбекова С.С. Скрининг пробиотически активных культур перспективных для получения заквасок с лактозоутилизирующими свойствами / Автотрофные микроорганизмы: Мат. V-го Всероссийского симпозиума, посвященный 90-летию академика РАН Е.Н. Кондратьевой. – МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва. – 2015. – С. 105.
29. Arynova R.A., Anuarbekova S.S, Muslimov N.Zh. Consortium of starter cultures with lactose-utilizing and probiotic properties technology of production of delactosed sould - milk products // Eur Asian Journal of BioSciences. – 2020. – V. 14(1), P. 459-465.
30. Барейко А.А., Сидоренко А.В., Новик Г.И., Синеокий С.П. Физиолого-биохимические свойства культур лактококков / Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: Сб. науч. труд. – Минск, 2012. – Т. 4, 281 с. – С. 52-65.
31. Альхатиб К.М., Данильчук Т.М. Использование протеолитических свойств биомассы молочнокислых микроорганизмов для создания новых продуктов питания // Health, Food & Biotechnology. – 2022. – Т. 4, № 4. – С. 65-77.
32. Головин М.А., Ганина В.И., Машенцева Н.Г. Холестеринредуцирующие пробиотические бактерии в молочной продукции // Молочная промышленность. – 2014. – № 5. – С. 46-47.
33. Ускова М.А., Кравченко Л.В. Антиоксидантные эффекты молочнокислых бактерий – пробиотиков и йогуртных заквасок // Вопросы питания. – 2009. – Т. 78, № 2. – С. 18-24.
34. Артюхова С.И., Гаврилова Ю.А. Использование пробиотиков и пребиотиков в биотехнологии производства биопродуктов. – Омск: ОмГТУ, 2010. – 112 с.
35. Хамагаева И.С., Щёкотова А.В., Жеребятьева О.А., Щетинина Е.М. Молочно-белковый концентрат, обогащенный кальцием // И.С. Ползуновский вестн. – 2017. – № 1. – С. 24-29.

36. Китаевская С.В., Пономарев В.Я., Решетник О.А. Оценка протеолитической активности новых штаммов лактобацилл с криорезистентными свойствами // Известия ВУЗов. Прикладная химия и биотехнология. – 2022. – Т. 12, №1. – С. 76-86.
37. Raveschot C., Cudennec B., Coutte F. et al. Production of Bioactive Peptides by *Lactobacillus* Species: From Gene to Application // *Frontiers in Microbiology*. – 2018. – Vol. 9, Article number 2354. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02354>.
38. Rajoka M.S.R., Wu Y.G., Mehwish H.M., Bansal M., Zhao L.Q. *Lactobacillus* exopolysaccharides: New perspectives on engineering strategies, physiochemical functions, and immunomodulatory effects on host health // *Trends in Food Science and Technology*. – 2020. – Vol. 103, P. 36-48. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.003>.
39. Lynch K.M., Zannini E., Coffey A., Arendt E. K. Lactic acid bacteria exopolysaccharides in foods and beverages: Isolation, properties, characterization, and health benefits // *Annual Review of Food Science and Technology*. – 2018. – Vol. 9, № 9. – P. 155-176. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030117-012537>.
40. Maske B.L., de Melo Pereira G.V., S Vale A. et al. A review on enzyme-producing lactobacilli associated with the human digestive process: From metabolism to application // *Enzyme and Microbial Technology*. – 2021. – Vol. 149, Article number 109836. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2021.109836>.
41. Leroy F., Verluyten J., de Vuyst L. Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation // *International Journal of Food Microbiology*. – 2006. – Vol. 106(3), P. 270-285. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.06.027>.
42. Mayo B. The proteolytic system of lactic acid bacteria // *Microbiologia*. – 1993. – Vol. 9(2). – P. 90-106.
43. Chen C., Zhao S., Hao G. et al. Role of lactic acid bacteria on the yogurt flavor: A review // *International Journal of Food Properties*. – 2017. – Vol. 20(1), P. 316-330. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1295988>.
44. Kieliszek M., Pobiega K., Piwowarek K., Kot A.M. Characteristics of the proteolytic enzymes produced by lactic acid bacteria // *Molecules*. – 2021. – Vol. 26, № 7. – P. 1858. <https://doi.org/10.3390/molecules26071858>.
45. Хамагаева И.С., Жеребятъева О.А., Щёктова А.В. Протеолитическая активность лактобактерий // *Молочная промышленность*. – 2016. – № 11. – С. 29-31.
46. Кайбышева В.О., Жарова М.Е., Филимендикова К.Ю. Микробиом человека: возрастные изменения и функции // *Доказ. гастроэнтер.* – 2020. – Т. 9, № 2. – С. 42-55.
47. Головач Т.Н., Курченко В.П. Гидролиз белков молока ферментными препаратами и протеолитическими системами молочнокислых бактерий // *Труды БГУ*. – 2012. – Т. 7, Ч. 1-2. – С. 106-126.
48. Guedon E., Serror P., Ehrlich S.D. et al. Pleiotropic transcriptional repressor CodY senses the intracellular pool of branched-chain amino acids in *Lactococcus lactis* // *Mol. Microbiol.* – 2001. – Vol. 40(5), P. 1227-1239. doi: 10.1046/j.1365-2958.2001.02470.x.
49. Юкало В.Г., Шуляк Т.Л. Протеолитические свойства молочно-кислых стрептококков, применяемых в сыроделии // *Изв. ВУЗов. Пищев. технология*. – 1991. – № 4-6. – С. 26.
50. Нестеренко А.А., Акопян К.В. Биомодификация мясного сырья с целью получения функциональных продуктов // *Научный журнал КубГАУ*. – 2014. – № 101(07): <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/112>. (дата обращения 23.04.2023.)
51. Исаева К.С., Мухамеджанова А.С. Создание полифункциональных продуктов из мясного и растительного сырья. – Павлодар: Кереку. – 2015. – 79 с.
52. García-Cano I., Rocha-Mendoza D., Ortega-Anaya J. et al. Lactic acid bacteria isolated from dairy products as potential producers of lipolytic, proteolytic and antibacterial proteins // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* – 2019. – Vol. 103(13), P. 5243-5257. doi: 10.1007/s00253-019-09844-6.
53. Sun F., Hu Y., Yin X. et al. Production, purification and biochemical characterization of the microbial protease produced by *Lactobacillus fermentum* R6 isolated from Harbin dry sausages // *Process Biochemistry*. – 2020. – Vol. 89, P. 37-45.
54. Пастух О.Н., Сидоренко О.Д. Сукцессионные процессы в кисломолочном продукте местной закваски // *Журнал естественнонаучных исследований*. – 2016. – Т. 1, №1. <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/10417/view> (дата обращения 11.04.2023.)



55. Алмагамбетов К.Х., Кушугулова А.Р., Ануарбекова С.С. О создании коллекции микроорганизмов для биотехнологии // Биотехнология. Теория и практика. – 2001. – № 3-4. – С. 96-97.
56. Сармурзина З.С., Ануарбекова С.С., Алмагамбетов К.Х. и др. Ферментативная активность выделенных изолятов и коллекционных штаммов Республиканской коллекции микроорганизмов // Вестник науки КазАТУ им. С. Сейфуллина. – 2010. – № 1(56). – С. 327-334.
57. Oshanova D., Bayanbek D., Anuarbekova S.S. et al. Obtaining and genotyping of fungal producers of proteolytic enzymes // J. of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – № 12(7). – P. 1920-1930.
58. Сармурзина З.С., Ануарбекова С.С., Алмагамбетов К.Х. Характеристика изолятов и коллекционных штаммов бацилл, обладающих липолитической, протеолитической и липазной активностью // Биотехнология. Теория и практика. – 2010. – № 1. – С. 84-88.

### References

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Fermenty> (дата обращения 11.04.2023.). (In Russian).
2. Praktikum po microbiologii / red. A.I. Netrusova. – М.: АСАДЕМА. – 2005. – 603 s. (In Russian).
3. Emel'yanov V.V., Maximova N.E., Mochulskaia N.N. Biohimiia. – Uchebnoe posobie. – Ekaterinburg: Izdatel'stvo Uralskogo universiteta, 2016. – 134 s. (In Russian).
4. Leonova I.B. Osnovy microbiologii: uchebnik I praktikum dlya VUZov. – Moskva: Izdatel'stvo Urait, 2023. – 277 s. – ISBN 978-5-534-15645-4. – Tekst electronnyi. – URL: <https://urait.ru/bcode/512297> (дата обращения: 18.05.2023). (In Russian).
5. Gosmanov R.G., Galiullin A.K., Volkov A.H., Ibragimova A.I. Microbiologiya: Uchebnoe posobie. – 2 izd., ster. – SPb.: Lan', 2017. – 496 s. (In Russian).
6. [https://www.pesticidy.ru/dictionary/Enzymes\\_of\\_microorganisms](https://www.pesticidy.ru/dictionary/Enzymes_of_microorganisms) (дата обращения: 20.05.2023). (In Russian).
7. Musina L.T. Fiziologiya bakterii (chast' vtoraya): metodicheskie rekomendatsii. – Kazan': KGMU. – 2001. – 17 s. (In Russian).
8. Pilkevich N.B., Vinogradov A.A., Boyarchuk E.D. Osnovy microbiologii: Uchebnoe posobie dlya studentov VUZ. – Lugansk: Alma-mater. – 2008. – 192 s. (In Russian).
9. Lysak V.V., Ignatenko E.I. Fiziologiya mikroorganizmov: uchebno-metod. posobie. – Minsk: BGU. – 2016. – 80 s. (In Russian).
10. Emtsev V.T. Microbiologiya: uchebnik dlya VUZov / V.T. Emtsev, E.N. Mishustin. – 5 izd., pererabotannoe i dop. – М.: Drofa. – 2005. – 445 s. (In Russian).
11. <https://propionix.ru/mikrobnaya-fermentatsiya> (дата обращения 11.04.2023.). (In Russian).
12. [https://studme.org/258307/geografiya/fermenty\\_mikroorganizmov](https://studme.org/258307/geografiya/fermenty_mikroorganizmov) (дата обращения 11.04.2023.). (In Russian).
13. Spravochnik po microbiologicheskim i virusologicheskim metodam issledovaniya / pod red. M.O. Birger. – М.: Medicina. – 1982. – 462 s. (In Russian).
14. <https://lk.msu.ru/course/> (дата обращения 11.04.2023.). (In Russian).
15. Lobanok A. Biotekhnologiya mikrobykh fermentov // Nauka i innovatsii. – 2011. – №1(95). – S. 66-69. (In Russian).
16. Anuarbekova S.S., Abitaeva G.K., Bekenova N.E. i dr. Poisk laktobacill s probioticheskim potencialom dlya polucheniya biopreparatov i molochnokislykh produktov funktsionalnogo naznacheniya / Mikroorganizmy i biosfera – 2015: Mat. mezhdunar. simpoziuma. – Tashkent. – 2015. – S. 182-183. (In Russian).
17. Vahitov T.Ya., Verbickaya N.B., Dobrolezh O.V. i dr. Vliyanie metabolitov probioticheskikh i patogennykh bakterii na antagonisticheskuyu aktivnost' *Lactobacillus acidophilus* Д№75 // Nauchnyi zhurnal KubGAU. – 2013. – № 92(08). – 19 s. (In Russian).
18. Ursova N.I. Terapevticheskii potencial sovremennykh probiotikov // Pediatricheskaya farmakologiya. – 2013. – Т. 10(2), S. 46-56. (In Russian).
19. Kvasnikov E.I., Nesterenko O.L. Molochnokislye bakterii i puti ikh ispol'zovaniya. – М.: Nauka. – 1975. – 389 s. (In Russian).
20. Glushanova N.A. Biologicheskie svoystva laktobacill // Bulleten' sibirskoi mediciny. – 2003. – № 4. – S. 50-58. (In Russian).
21. Solov'eva I.V., Tochilina A.G., Novikova N.A. i dr. Izuchenie biologicheskikh svoystv novykh shtammov roda *Lactobacillus* // Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo. – 2010. – № 2(2). – S. 462-468. (In Russian).



22. Yarullina D.R., Fahrullin R.F. Bakterii roda *Lactobacillus*: obshchaya kharakteristika i metody raboty s nimi: Uch.-metod. posobie. – Kazan': Kazanskii universitet. – 2014. – 51 s. (In Russian).
23. Nagyzbekkyzy E., Anuarbekova S.S., Almagambetov K.Kh. Probioticheskie svoistva kollektionnykh shtammov bakterii roda *Lactobacillus* / Innovacii v nauke: Mat. mezhdunar. Nauchno-prakt. konf. – Novosibirsk, 2012. – S. 29-36. (In Russian).
24. Tuyakova A.K., Abitaeva G.K., Bekenova N.E. i dr. Izuchenie probioticheskikh svoistv novykh shtammov laktobakterii // Biotekhnologiya. Teoriya i praktika. – 2013. – № 4. – S. 55-59. (In Russian).
25. Anuarbekova S.S., Abitaeva G.K., Almagambetov K.Kh. Issledovanie vozmozhnosti sozdaniya probiotikov immobilizovannye na tagansorbent // Vestnik gosudarstvennogo universiteta im. Shakarima. – Seriya boil. – 2014. – № 4(68). – S. 99-103. (In Russian).
26. Abitaeva G.K., Bekenova N.E., Anuarbekova S.S., Almagambetov K.Kh. Razrabotka novykh biopreparatov na osnove probioticheskikh mikroorganizmov i endemichnykh vidov lekarstvennykh rastenii / Tez. dokl. IX mezhdunar. nauch. konf., posvyashchennoi 50-letiu sozdaniya Instituta microbiologii NAN Belarusi. – Minsk. – 2015. – S. 129-130. (In Russian).
27. Bekenova N.E., Eginchibaeva A.D., Anuarbekova S.S. Ocenka probioticheskogo potenciala laktozoutiliziruyushchikh kultur / Personalized medicine and global health: Mat. 2-i mezhdunar. konf. – Astana, 2015. – S. 109-110. (In Russian).
28. Karmenova Zh.K., Nagyzbekkyzy E., Daulbai S.S., Anuarbekova S.S. Skringing probioticheski aktivnykh kultur perspektivnykh dlya polucheniya zakvasok s laktozoutiliziruyushchimi svoistvami / Avtotrofnye mikroorganizmy: Mat. V-go Vserossiiskogo simpoziuma, posvyashchennyi 90-letiyu akademika RAN E.N. Kondrat'evoi. – MGU im. M.V. Lomonosova, Moskva. – S. 105. (In Russian).
29. Arynova R.A., Anuarbekova S.S., Muslimov N.Zh. Consortium of starter cultures with lactose-utilizing and probiotic properties technology of production of delactosed sould - milk products // Eur Asian Journal of BioSciences. – 2020. – V. 14 (1), P. 459-465. (In Russian).
30. Bareiko A.A., Sidorenko A.V., Novik G.I., Sineokii S.P. Fiziologo-biokhimicheskie svoistva kul'tur laktokokkov / Microbnye biotekhnologii: fundamental'nye i prikladnye aspekty: Sb. nauch. trud. – Minsk, 2012. – T. 4, 281 s. – S. 52-65. (In Russian).
31. Al'khatib K.M., Danil'chuk T.M. Ispol'zovanie proteoliticheskikh svoistv biomassy molochnokislykh mikroorganizmov dlya sozdaniya novykh produktov pitaniya // Health, Food & Biotechnology. – 2022. – T. 4, № 4. – S. 65-77. (In Russian).
32. Golovin M.A., Ganina V.I., Mashentseva N.G. Kholesterinredutsiruyushchie probioticheskie bakterii v molochnoi produktsii // Molochnaya promyshlennost'. – 2014. – № 5. – S. 46-47. (In Russian).
33. Uskova M.A., Kravchenko L.V. Antioksidantnye efekty molochnokislykh bakterii – probiotikov, yogurtnykh zakvasok // Voprosy pitaniya. – 2009. – T. 78, № 2. – S. 18-24. (In Russian).
34. Artyukhova S.I., Gavrilova Yu.A. Ispol'zovanie probiotikov i prebiotikov v biotekhnologii proizvodstva bioproduktov. – Omsk: OmGTU. – 2010. – 112 s.
35. Khamagaeva I.S., Shchekotova A.V., Zherebyat'eva O.A., Shchetinina E.M. Molochno-belkovyi koncentrat, obogashchennyi kal'ciem // I.S. Polzunovskii vestn. – 2017. – № 1. – S. 24-29. (In Russian).
36. Kitaevskaya S.V., Ponomarev V.Ya., Reshetnik O.A. Ocenka proteoliticheskoi aktivnosti novykh shtammov laktobacill s kriorezistentnymi svoistvami // Izvestiya VUZov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya. – 2022. – T. 12, №1. – S. 76-86. (In Russian).
37. Raveschot C., Cudennec B., Coutte F. et al. Production of Bioactive Peptides by *Lactobacillus* Species: From Gene to Application // Frontiers in Microbiology. – 2018. – Vol. 9, Article number 2354. [https://doi.org/ 10.3389/fmicb.2018.02354](https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02354). (In English).
38. Rajoka M.S.R., Wu Y.G., Mehwish H.M., Bansal M., Zhao L.Q. *Lactobacillus* exopolysaccharides: New perspectives on engineering strategies, physiochemical functions, and immunomodulatory effects on host health // Trends in Food Science and Technology. - 2020. - Vol. 103, P. 36-48. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.003>. (In English).
39. Lynch K.M., Zannini E., Coffey A., Arendt E. K. Lactic acid bacteria exopolysaccharides in foods and beverages: Isolation, properties, characterization, and health benefits // Annual Review of Food Science and Technology. – 2018. – Vol. 9, № 9. – P. 155-176. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-030117-012537>. (In English).
40. Maske B.L., de Melo Pereira G.V., S Vale A. et al. A review on enzyme-producing lactobacilli associated with the human digestive process: From metabolism to application // Enzyme and

- Microbial Technology. – 2021. – Vol. 149, Article number 109836. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2021.109836>. (In English).
41. Leroy F., Verluyten J., de Vuyst L. Functional meat starter cultures for improved sausage fermentation // International Journal of Food Microbiology. – 2006. – Vol. 106(3), P. 270-285. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.06.027>. (In English).
42. Mayo B. The proteolytic system of lactic acid bacteria // Microbiologia. – 1993. – Vol. 9(2). – P. 90-106. (In English).
43. Chen C., Zhao S., Hao G. et al. Role of lactic acid bacteria on the yogurt flavor: A review // International Journal of Food Properties. – 2017. – Vol. 20(1), P. 316-330. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1295988>. (In English).
44. Kieliszek M., Pobiega K., Piwowarek K., Kot A.M. Characteristics of the proteolytic enzymes produced by lactic acid bacteria // Molecules. – 2021. – Vol. 26, № 7. – P. 1858. <https://doi.org/10.3390/molecules26071858>. (In English).
45. Khamagaeva I.S., Shchekotova A.V., Zherebyat'eva O.A., Shchetinina E.M. Proteolyticheskaya aktivnost' lactobacterii // Molochnaya promyshlennost'. – 2016. – № 11. – S. 29-31. (In Russian).
46. Kaibysheva V.O., Zharova M.E., Filimendikova K.Yu. Mikrobiom cheloveka: vozrastnye izmeneniya i funkcii // Dokazatel'naya gastroenterologiya. – 2020. – T. 9, № 2. – S. 42-55. (In Russian).
47. Golovach T.N., Kurchenko V.P. Gidroliz belkov moloka fermentnymi preparatami i proteoliticheskimi svoistvami molochnokislykh bakterii // Trydy BGU. – 2012. – T. 7, Ch. 1-2. – S. 106-126. (In Russian).
48. Guedon E., Serror P., Ehrlich S.D. et al. Pleiotropic transcriptional repressor CodY senses the intracellular pool of branched-chain amino acids in *Lactococcus lactis* // Mol. Microbiol. – 2001. – Vol. 40(5), P. 1227-1239. doi: 10.1046/j.1365-2958.2001.02470.x. (In English).
49. Yukalo V.G., Shulyak T.L. Proteoliticheskie svoistva molochnokislykh streptokokkov, primenyaemih v sirodelii // Izv. VUZov. Pischev. tehnologiya. – 1991. – № 4-6. – S. 26. (In Russian).
50. Nesterenko A.A., Akopyan K.V. Biomodifikaciya myasnogo syr'ya s cel'yu polucheniya funkcional'nykh produktov // Nauchnyi zhurnal KubGAU. – 2014. – № 101(07): <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/112>. (дата обращения 23.04.2023.). (In Russian).
51. Isaeva K.S., Mukhamedzhanova A.S. Sozdanie polifunkcional'nykh produktov iz myasnogo i rastitel'nogo syr'ya. – Pavlodar: Kereku. – 2015. – 79 s. (In Russian).
52. García-Cano I., Rocha-Mendoza D., Ortega-Anaya J. et al. Lactic acid bacteria isolated from dairy products as potential producers of lipolytic, proteolytic and antibacterial proteins // Appl. Microbiol. Biotechnol. – 2019. – Vol. 103(13), P. 5243-5257. doi: 10.1007/s00253-019-09844-6. (In English).
53. Sun F., Hu Y., Yin X. et al. Production, purification and biochemical characterization of the microbial protease produced by *Lactobacillus fermentum* R6 isolated from Harbin dry sausages // Process Biochemistry. – 2020. – Vol. 89, P. 37-45. (In English).
54. Pastukh O.N., Sidorenko O.D. Sukcessionnyye process v kislomolochnom produkte mestnoi zakvaski // Zhurnal esstestvennonauchnykh issledovaniy. – 2016. – T. 1, № 1. <https://naukaru.ru/ru/nauka/article/10417/view> (дата обращения 11.04.2023.). (In Russian).
55. Almagambetov K.Kh., Kushugulova A.R., Anuarbekova S.S. O sozdanii kolekcii mikroorgsnizmov dlya biotekhnologii // Biotekhnologiya. Teoriya i praktika. – 2001. – № 3-4. – S. 96-97. (In Russian).
56. Sarmurzina Z.S., Anuarbekova S.S., Almagambetov K.Kh. et al. Fermentativnaya aktivnost' vydelennykh izolyatov i kollekcionnykh shtammov Respublikanskoi kolekcii mikroorgsnizmov // Vest. nauki KazATU im. S. Seifullina. – 2010. – № 1(56). – S. 327-334. (In Russian).
57. Oshanova D., Bayanbek D., Anuarbekova S.S. et al. Obtaining and genotyping of fungal producers of proteolytic enzymes // J. of Engineering and Applied Sciences. – 2017. – № 12(7). – P. 1920-1930. (In English).
58. Sarmurzina Z.S., Anuarbekova S.S., Almagambetov K.Kh. Kharakteristika isolyatov i kollekcionnykh shtammov bacill, obladayushchikh lipoliticheskoi, proteoliticheskoi i lipaznoi aktivnost'yu // Biotekhnologiya. Teoriya i praktika. – 2010. – № 1. – S. 84-88. (In Russian).

**С.С. Ануарбекова**  
«Биомедпрепарат» ғылыми-аналитикалық орталығы» ЖШС  
Қазақстан Республикасы, Степногор қ.  
e-mail: sanuarbekova@rambler.ru

## **МИКРООРГАНИЗМДЕРДІҢ ФЕРМЕНТТЕРІ. СҮТҚЫШҚЫЛЫ БАКТЕРИЯЛАРЫНЫҢ ПРОТЕАЗАЛАРЫ**

Жұмыс микроорганизмдердің ферменттеріне арналған. Бұл шолу мақаласында микробтық ферменттердің сипаттамалары, олардың әртүрлі параметрлер бойынша классификациясы келтіріледі. Микроорганизмдер ферменттерінің адам өмірінің әртүрлі салаларында рөлі қарастырылады. Ферменттер микроорганизмдердің биохимиялық процестеріне олардың қорғалуы, көбеюі және өсуі үшін қатысады. Ферменттердің продуценттері бактериялардың, мицелиалды саңырауқұлақтарының, актиномицеттерінің және ашытқылардың әртүрлі таксономиялық топтары болып табылады. Гидролитикалық ферменттер сипатталған. Әр түрлі процестерге, соның ішінде микроорганизмдер қатысында жүретін процестерге қатысатын гидролитикалық протеаза ферментінің маңыздылығы ашылады. Протеолитикалық ферменттердің продуценттері - *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas* туысының бактериялары, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Blakeslea* тұқымдасының саңырауқұлақтары, және *Streptomyces*, *Actinomyces* туысының актиномицеттер болып табылады. Сүт қышқылы бактерияларына ерекше көңіл бөлінеді. Протеазаны биотехнологиялық өнеркәсіпте, атап айтқанда препараттарды, стартерлік дақылдарды, биоқоспаларды және қажетті қасиеттері бар функционалды тамақ өнімдерін әзірлеу үшін қолданудың маңыздалығы көрсетілген. Мақалада мен және менің әріптестерім алған микроорганизмдер дақылдарының протеолитикалық белсенділігін зерттеудің нәтижелері айтылған. Зерттеу объектілері таяқшалар, ашытқылар, саңырауқұлақтар және сүт қышқылды бактериялары болды. Протеолитикалық белсенділікті үшін *in vitro* әдістер, генетикалық, хроматографиялық және басқа әдістер қолданылады.

**Түйін сөздер:** ферменттер, ферментативті белсенділік, классификация, протеаза, сүт қышқылы бактериялары, пробиотиктер, биотехнологиялық өнеркәсіп.

**S. Anuarbekova**  
LLP «Scientific Analytical Center «Biomedpreparat»  
Stepnogorsk, Kazakhstan  
e-mail: sanuarbekova@rambler.ru

## **ENZYMES OF MICROORGANISMS. PROTEASES OF LACTIC ACID BACTERIAS**

*The work is devoted to the enzymes of microorganisms. This review article presents the characteristics of microbial enzymes, their classifications according to various parameters. The study examines the role of microbial enzymes in various areas of human life. Enzymes are involved in the biochemical processes of microorganisms for their protection, reproduction, and growth. Enzyme producers are various taxonomic groups of bacteria, filamentous fungi, actinomycetes and yeasts. The article describes hydrolytic enzymes, reveals the importance of the protease enzyme involved in various processes with microorganisms. The main producers of proteolytic enzymes are bacteria of the genus *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, fungi of the genus *Aspergillus*, *Penicillium*, *Blakeslea*, actinomycetes of the genus *Streptomyces*, *Actinomyces*. Particular attention is paid to lactic acid bacteria. The significance of the use of protease in the biotechnological industry, in particular, for the development of preparations, starter cultures, bioadditives, and functional food products with desired properties, is shown. The article mentions the results of a study of the proteolytic activity of cultures of microorganisms, obtained by me and my colleagues. The objects of study were bacilli, yeast, fungi and lactic acid bacteria. To assess proteolytic activity, *in vitro* methods, chromatographic and other methods are used.*

**Key words:** enzymes, enzymatic activity, classification, protease, lactic acid bacteria, probiotics, biotech industry.

### Сведения об авторах

**С.С. Ануарбекова** – кандидат медицинских наук, ведущий научный сотрудник ТОО «Научно-аналитический центр «Биомедпрепарат», г. Степногорск, Республика Казахстан; e-mail: sanuarbekova@rambler.ru

### Авторлар туралы мәліметтер

**С.С. Ануарбекова** – медицина ғылымдарының кандидаты, «Биомедпрепарат» ғылыми-аналитикалық орталығы» ЖШС-нің жетекші ғылыми қызметкері, Степногор қ., Қазақстан, e-mail: sanuarbekova@rambler.ru

### Information about the authors

**S. Anuarbekova** – is Candidate of Medical Sciences, Leading Researcher in LLP «Scientific and Analytical Center «Biomedpreparat», Stepnogorsk, Kazakhstan. e-mail: sanuarbekova@rambler.ru

*Материал поступил в редакцию 25.05.2023 г.*

DOI: 10.53360/2788-7995-2023-3(11)-2

ISTIR: 50.05.13

**B. Askaruly\*, G. Abitova**

Astana IT University,  
010000, Kazakhstan, Astana, Mangilik El Avenue, 55/11, EXPO Business Center, block C1  
email: 222266@astanait.edu.kz

## HYBRID INFORMATION SYSTEMS MODELING TECHNOLOGY FOR BUSINESS PROCESS ANALYSIS BASED ON THE INTERNET OF THINGS

**Abstract:** *This article examines the impact of Internet of Things (IoT) data integration and hybrid information systems modeling on business process analysis. The study aims to confirm the assumption that such integration increases the accuracy and efficiency of the analysis.*

*The review part emphasizes the importance of analyzing business processes for successful existence in a rapidly changing and competitive business environment. The main focus is on the use of IoT and modeling of information systems to improve the productivity of the organization.*

*The methodological part describes the research approach: collection and analysis of empirical data in comparison with scientific literature. The integration of real-time IoT data with information systems modeling is the basis of the research approach.*

*The results of the work confirm the initial assumption, revealing the significant impact of the integration of IoT data and modeling of information systems on the analysis of business processes. This allows organizations to achieve greater operational efficiency, optimize resources and make informed decisions.*

*The practical value of the hybrid approach is emphasized for organizations wishing to improve the analysis of their business processes. Integration of IoT and modeling of information systems helps to optimize processes and increase overall productivity.*

*The work confirms the importance and usefulness of using a hybrid approach in the analysis of business processes based on IoT, highlighting the advantages of integrating IoT data and modeling information systems. The hybrid approach has the potential to improve business processes and achieve success in today's competitive environment.*

**Key words:** *Hybrid information systems modeling, Business process analysis, Internet of Things (IoT), Data integration, Operational efficiency, Resource allocation, Real-time insights, Decision-making, Organizational performance, Process optimization.*

### Introduction

In recent years, the Internet of Things (IoT) has transformed businesses by providing new ways to collect, analyze and automate data. Integrating IoT into business processes helps organizations improve operational efficiency, decision-making processes, and resource

management. For the full use of IoT in business process analysis, it is important to apply effective modeling methods that take into account the complexity of IoT data and systems. This study is devoted to the creation and application of a method of modeling hybrid information systems for the analysis of business processes using IoT [1].

**The purpose of the study:** to develop new methods of modeling hybrid information systems using modern digital technologies with an emphasis on the impact of the Internet of Things on automation and business efficiency.

**Object of research:** Business processes of data analysis and processing.

**Subject of research:** Information systems for automation of business processes.

**Novelty:** The proposed study of hybrid information systems modeling technology for business process analysis based on the Internet of Things (IoT) makes several new contributions to this field.

Several studies have highlighted the importance of combining traditional information systems modeling and IoT data analysis for a comprehensive analysis of business processes. Various papers have examined the potential of hybrid modeling methods to account for dynamics and interconnections in IoT-supported business processes.

Chan H.S. And et al. emphasize the advantages of hybrid modeling for the analysis and optimization of business processes using IoT, demonstrating its effectiveness on the example of industry [2].

Bucherer et al. propose a hybrid modeling methodology for analyzing business processes, including IoT data [3]. They focus on integrating IoT into traditional modeling methods for real-time data collection and analysis, especially in the field of supply chain management. Westerlund et al. explore the benefits of hybrid modeling in retail, showing how a combination of modeling techniques and IoT data analytics can improve customer satisfaction and sales efficiency [4].

The main problem of this research is the creation of an effective methodology that would combine the advantages of traditional modeling of information systems and IoT data analysis for the analysis and optimization of business processes. This problem is becoming more and more urgent as organizations are actively implementing IoT technologies, which in turn entails a growing demand for effective modeling methods that can cope with the complexity of IoT-supported processes and allocate useful information for decision-making.

The purpose of this work is to create and describe a method for modeling hybrid information systems to simplify the analysis of business processes based on the Internet of Things. Combining process modeling techniques and IoT data analysis, this approach seeks to fully comprehend complex, connected business processes and identify opportunities for their improvement and optimization.

The research is based on the hypothesis that the hybrid information systems modeling method will improve the analysis, performance optimization and decision-making process in IoT-based business processes. To test this hypothesis, a mixture of a review of scientific literature, case studies and empirical analysis will be used. The results and conclusions of other studies in this area will be used to improve the proposed hybrid modeling method.

In general, this work seeks to satisfy the need for a reliable method of analyzing business processes based on IoT. By modeling hybrid information systems, organizations will be able to maximize the potential of data and IoT systems to optimize processes, gain competitive advantages and stimulate innovation. In the following sections of this work, the methodology, analysis and conclusions will be considered, which reveal the practical significance of the study and its contribution to the analysis of business processes and the integration of IoT.

### **Methodology**

The chapter "Methodology" describes in detail the process of researching the use of hybrid information systems modeling in the analysis of business processes based on IoT [5]. We explain the choice of materials, data sources and techniques that help us achieve research goals and test hypotheses [6].

We use a mixed method that combines qualitative and quantitative approaches [7]. This makes it possible to comprehensively consider the topic, conducting both subjective and objective analysis of the hybrid approach to business processes [8].

Figure 1 presents a flowchart that represents the key stages of the research process, moving from the selection of a case study to data collection, then to analysis, validation, and finally to the

consideration of ethical principles. Such a systematic approach allows for a comprehensive and ethical study of the research topic.

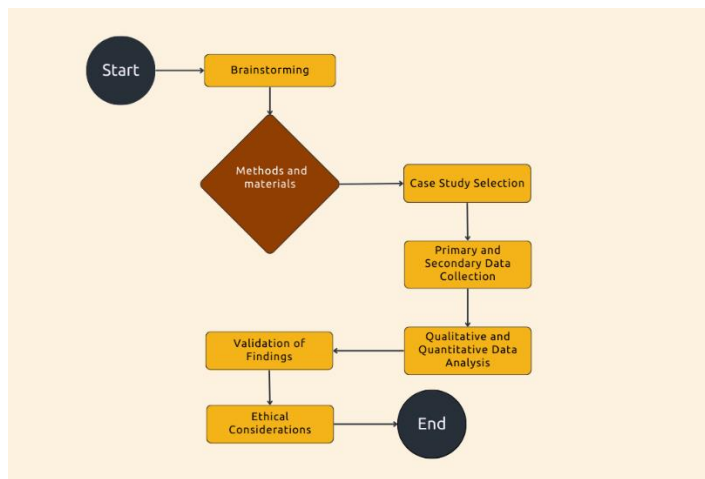


Figure 1

### ***Selection of case studies:***

A targeted sampling method helps us to select suitable case studies from different fields [9]. The selection criteria include the use of IoT, the availability of technological information and a variety of business processes. The selected case studies cover a variety of organizations to summarize the results obtained [10].

### ***Data collection:***

a. Primary data: Primary data is collected through interviews, observations and surveys [11]. Interviews are conducted with key participants of selected studies to understand their experience of using hybrid information systems and their impact on business processes [12]. Observations help to understand how IoT devices are used and how they integrate with the modeling of information systems [13]. Surveys are used to collect statistical data on the performance of processes and the effectiveness of the hybrid approach [14].

b. Secondary data: Secondary data, including literature, scientific papers and industry reports, are collected to provide a theoretical context for the study [15].

### ***Data processing:***

A combination of qualitative and quantitative methods is used to process the collected data [16]:

a. Qualitative analysis: Information from interviews and observations is encoded and subject to thematic analysis [17]. The process includes the identification of trends, recurring topics and key ideas related to the use of IoT and modeling of information systems in business analysis [18].

b. Quantitative analysis: Data from questionnaires are processed using statistical software [19]. Descriptive statistical indicators, such as averages, standard deviations and frequencies, are used for the summary interpretation of data. Correlation or regression analysis can be carried out to study the relationships between variables and test hypotheses [20].

### ***Confirmation of authenticity:***

The following measures are taken to confirm the reliability of the results [21]:

a. Triangulation: the use of various data sources, such as interviews, observations and surveys, increases the reliability of conclusions [22].

b. Expert review: The results of the analysis are evaluated by experts in the field to receive feedback and guarantee the accuracy of interpretations [23].

c. Verification by participants: Study participants have the opportunity to verify and confirm results to ensure the accuracy and reliability of the presentation of their experience [24].

### ***Ethical issues:***

The study is conducted in accordance with ethical standards that guarantee confidentiality, informed consent of participants and protection of their data [25]. If necessary, an ethical consent is obtained from the relevant institutional audit council [26].

The described methodology provides a comprehensive basis for studying the use of hybrid information systems modeling in the analysis of IoT-based business processes [27]. It combines

qualitative and quantitative methods of data collection and analysis to extract information, confirm conclusions and contribute to knowledge in this field [28].

### **Results**

The study provides important information about the use of hybrid information systems modeling technology for business analysis based on the Internet of Things (IoT). Analysis of data from various case studies has led to important conclusions about process optimization, resource management and decision-making.

#### ***Process optimization:***

Merging IoT data with information systems modeling allows companies to process information about their business processes in real time. This makes it possible to better understand the technological cycles, identify weaknesses and improve the efficiency of the process [25]. It was found that the use of IoT data allowed organizations to improve processes, reduce cycle time and increase overall productivity. Process analysis methods helped to detect variations and deviations, allowing companies to implement targeted improvements and increase the efficiency of processes.

#### ***Resource management:***

The use of IoT devices gives organizations access to a large amount of data that can be used to optimize resource management [26]. By integrating IoT data with information modeling systems, companies were able to obtain information about resource usage, equipment performance, and workforce allocation. This allowed them to make resource allocation decisions based on data, resulting in increased productivity and resource savings. It has been shown that companies have successfully optimized the management of their resources using IoT data in combination with simulation methods.

#### ***Decision making:***

Real-time data received from IoT devices simplifies the decision-making process by providing accurate and up-to-date information. Combining IoT data with information systems modeling allows organizations to make informed decisions based on real-time information. It was shown that organizations were able to monitor key performance indicators, identify trends and predict future results using IoT data [27]. This contributed to an active decision-making process, allowing organizations to quickly adapt to changing market conditions and make informed strategic choices.

So, the study confirms the significant advantages of using hybrid information systems modeling technology to analyze IoT-based business processes. The combination of IoT data with information systems modeling methods allows organizations to improve their processes, effectively manage resources and make informed decisions based on data. Case studies confirm the positive impact of this approach on various industries, emphasizing its practical applicability and potential for increasing the effectiveness of organizations.

### **Discussion**

In this part of the study, we present an analysis and interpretation of the results obtained by using hybrid information systems modeling technology to analyze IoT-based business processes. Here we will examine the implications of these results, compare them with the current literature, and discuss their significance in the context of broad research.

#### ***Hypothesis testing:***

The results confirm the hypothesis that combining IoT with information system modeling methods improves the accuracy and efficiency of business process analysis [28]. This demonstrates that the use of real-time IoT data in conjunction with modeling allows organizations to better understand their processes, which leads to increased operational efficiency and improved decision-making [29]. The proven hypothesis emphasizes the potential of the hybrid approach in the analysis of business processes [30].

#### ***Comparison with past studies:***

This study is consistent with the existing literature in the field of modeling hybrid information systems and IoT, expanding it [31]. Previous studies have focused on the advantages of IoT in collecting real-time data for process analysis, and modeling methods have proven their ability to understand processes and identify areas for improvement [32]. This work highlights the synergy of these approaches, showing that their combination provides organizations with a global base for analyzing and optimizing business processes in real time, which improves the efficiency of operations and helps in making informed decisions [33].

### ***Practical implications:***

The results of the study have great practical weight for organizations seeking to improve the analysis of their business processes. By applying a hybrid approach, organizations can use data

IoT for a deep understanding of their processes, identifying weaknesses and implementing improvements [34]. Real-time IoT data allows organizations to predict and fix problems, reduce cycle times and optimize resource usage [35]. This study shows that the integration of IoT and modeling of information systems can lead to an increase in operational efficiency, lower costs and increase the overall productivity of the organization [36].

### ***Challenges and limitations:***

Despite the benefits of the hybrid approach identified by the study, it is necessary to take into account the difficulties and limitations associated with its application [37]. The main difficulty is the effective integration and processing of data arrays from IoT. Organizations need to create reliable data management systems and guarantee the security and privacy of the collected data [38]. Additionally, combining IoT data with information systems requires specialized skills and knowledge, emphasizing the importance of training programs [39]. For the successful application of the hybrid approach, it is extremely important to solve these issues [40].

### ***Prospects for future research:***

This study opens the way for new research in the field of modeling hybrid information systems and IoT [41]. Subsequent research may focus on specific industry applications, the long-term impact of the hybrid approach on organizational efficiency, and the development of a framework for integrating IoT data with advanced modeling techniques [42]. It is also important to consider the ethical, legal and managerial aspects of using IoT, which will be useful for organizations and politicians [43].

In conclusion, the discussion highlights the importance of the research results for a deeper understanding and use of hybrid information systems modeling technology in IoT-based business processes. The results confirm the hypothesis and have practical significance for organizations seeking to effectively use IoT for business process analysis. By highlighting problems, comparing with current literature and suggesting directions for future research, this work expands knowledge in this area and offers advice to organizations that want to optimize their business processes using IoT and information systems modeling.

### ***Development prospects***

The integration of the Internet of Things (IoT) with the modeling of information systems for business process analysis is a progressive field with huge potential for future innovations. Here are some areas where this technology can advance.

### ***Progress in AI and machine learning:***

With the increasing complexity of AI and machine learning algorithms, we can expect their greater integration into a hybrid approach. This can lead to the creation of predictive models that can predict shortcomings or bottlenecks in processes before they appear, improving the efficiency of the organization.

### ***Improving IoT devices:***

As IoT devices improve, they will collect more diverse data, giving a more complete understanding of business processes. We can expect an increase in the number of autonomous IoT devices capable of making changes to processes in real time based on the data received, improving the adaptability and efficiency of business processes.

### ***Increased security:***

With the increasing volume and sensitivity of data from IoT devices, data security issues will become even more critical. Future innovations may include improved encryption methods, more robust authentication protocols, and improved data anonymization techniques to protect sensitive information.

### ***Changes in ethics and regulation:***

With the expansion of the use of IoT, increased attention to ethical and regulatory issues is expected. This may include data privacy policies, principles of informed consent when collecting data from IoT devices, and data processing rules. It will be important for organizations to monitor these changes and meet the new requirements.



### **Interdisciplinary interaction:**

The merging of IoT and information systems modeling opens up opportunities for cooperation in various fields. Possible interaction between IT specialists, data processing experts and business process specialists can lead to new innovative solutions for a hybrid approach.

Integrating the IoT into business processes offers both potential benefits and challenges. The introduction of various models and structures, such as IoT-BPO, GSN, ITU architecture, SSN ontology, Hydra middleware and OSH, indicates significant progress in this area. Moreover, the ability to provide real-time data from IoT sensors to BPM tools can provide significant resource savings and efficiency gains for organizations.

Figure 2 shows a SWOT analysis of the integration of It technology in business processes.



Figure 2

The integration of IoT technologies into business processes can increase the productivity and competitive advantage of companies. To facilitate this process, models and frameworks have been developed, including IoT-BPO, GSM, ITU, S, Hydra and OSH. Methods for extending BPMN models for IoT integration have also been proposed. Real-time data from IoT sensors can lead to savings and increase the efficiency of organizations.

Despite all the advantages, the integration of IoT technologies into business processes faces certain obstacles, including the lack of modeling concepts to represent IoT devices and the need for a common architecture to coordinate the interaction between the IoT and BPM layers.

The emergence of a new low-code development paradigm opens up huge opportunities, but also creates difficulties in integrating various IoT systems and business processes, which can slow down the implementation process.

Organizations seeking to integrate IoT technologies should take into account these advantages, disadvantages, opportunities and threats. By solving problems and using available opportunities, companies can maximize the potential of IoT to increase the competitiveness and efficiency of their business processes.

In the perspective, the integration of IoT with the modeling of information systems for the analysis of business processes is a promising area full of opportunities for development and improvement. Following these trends, organizations will be able to take full advantage of this revolutionary technology, achieving significant progress in business process analysis.

### **Conclusion**

In this research paper, we considered the use of hybrid information systems technology to analyze business processes using IoT. The aim was to test the hypothesis of a significant improvement in the accuracy and efficiency of business process analysis when combining IoT data with information system modeling methods. After an in-depth analysis of the data obtained and their

comparison with the existing scientific literature, we were able to identify the advantages and consequences of this approach.

The results confirmed our hypothesis, demonstrating the significant impact of IoT integration and modeling of information systems on the analysis of business processes. With the use of real-time IoT data, organizations can gain a deep understanding of their processes, which contributes to improving operational efficiency, optimizing resources and the quality of decisions made.

Our research shows of great practical importance for organizations seeking to improve the quality of analysis of their business processes. By applying a hybrid approach, companies can use the capabilities of IoT to track processes in real time, identify changes and implement improvements. As a result, organizations can achieve cost savings, improve operational efficiency and the quality of decision-making, which together leads to an improvement in overall performance.

In addition, this study complements existing knowledge, emphasizing the interaction and synergy between Internet of Things technologies and information system modeling. Earlier studies focused on the benefits of using IoT to collect real-time data for process analysis, but this study provides empirical evidence of the benefits of their combined use. This contributes to the progress of the industry, demonstrating the practical value of a hybrid approach to optimizing business processes.

The concluding observations of this study open up prospects for future research. Perhaps further research can focus on industry-specific applications, the long-term impact of the hybrid approach on organizational performance, as well as ethical and management issues. You can also consider the latest modeling methods for integrating IoT data and creating concepts that will help organizations effectively apply the hybrid approach.

This study highlights the importance of hybrid modeling of information systems for the analysis of business processes based on IoT. Combining IoT data with information systems modeling methods offers organizations a powerful tool for optimizing processes, rational use of resources and making informed decisions. The obtained results provide practical information for organizations, researchers and policy makers, promoting knowledge in this field. Ultimately, this research helps to improve the efficiency and competitiveness of organizations in a rapidly changing business environment.

## References

1. Uskenbayeva, R.K., Moldagulova, A.N., Satybaldiyeva, R.Zh., Bektemyssova, G.U., Kalpeeva, Zh.B. (2019). Methodology for Modeling Hybrid Administrative Business Processes. *Vestnik Kazakhstansko-Britanskogo Tekhnicheskogo Universiteta*. – No.3 (50).
2. Pólkowski, Z., Dutta, N., Savulescu, C. (2017). A Hybrid Business Model Framework for IoT. *Studies & Proceedings of Polish Association for Knowledge Management*. – No 86. – 2017.
3. Gondal, F.K., Shahzad, S.K., Iqbal, M.W., Aqeel, M., Naqvi, M.R. (2021). Business Process Model for IoT-Based Systems Operations. *Lahore Garrison Research Journal of Computer Science and Technology*. – Vol. 5, No. 4.
4. Ratnayake, K.P. (2018). Business Process Modelling for Internet of Things. Thesis. Auckland University of Technology.
5. Harris, I., Wang, Y., & Wang, H. (2017). IoT and cloud convergence: Opportunities and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*. – 3(6), 872-879.
6. Kitchin, R. (2017). The ethics of smart cities and urban science. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 374(2083), 20160115.
7. Neuman, W.L. (2017). *Basics of social research*. Pearson.
8. Creswell, J.W., & Creswell, J. D. (2017). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage publications.
9. Etikan, I., Musa, S.A., & Alkassim, R.S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*. – 5(1), 1-4.
10. Yin, R.K. (2017). *Case study research and applications: Design and methods*. Sage publications.
11. Cohen, D., & Crabtree, B. (2017). Semi-structured interviews. *Qualitative research guidelines project*.
12. Rowley, J. (2012). Conducting research interviews. *Management Research Review*.
13. Angrosino, M. (2018). *Doing observational research*. Routledge.

14. Artino Jr, A.R., La Rochelle, J.S., Dezee, K.J., & Gehlbach, H. (2014). Developing questionnaires for educational research: AMEE Guide No. 87. *Medical teacher*, 36(6), 463-474.
15. Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2016). *Research methods for business students*. Pearson.
16. Tashakkori, A., & Teddlie, C. (2010). *SAGE handbook of mixed methods in social & behavioral research*. Sage.
17. Braun, V., & Clarke, V. (2012). Thematic analysis. In *APA handbook of research methods in psychology, Vol 2: Research designs* (pp. 57-71). American Psychological Association.
18. Saldaña, J. (2015). *The coding manual for qualitative researchers*. Sage.
19. Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. Sage.
20. Pallant, J. (2016). *SPSS survival manual*. McGraw-Hill Education (UK).
21. Golafshani, N. (2003). Understanding reliability and validity in qualitative research. *The qualitative report*, 8(4), 597-606.
22. Carter, N., Bryant-Lukosius, D., DiCenso, A., Blythe, J., & Neville, A. J. (2014). The use of triangulation in qualitative research. *Oncology nursing forum*, 41(5), 545-547.
23. Lincoln, Y.S., & Guba, E.G. (1985). *Naturalistic inquiry* (Vol. 75). Sage.
24. Birt, L., Scott, S., Cavers, D., Campbell, C., & Walter, F. (2016). Member checking: a tool to enhance trustworthiness or merely a nod to validation?. *Qualitative Health Research*, 26(13), 1802-1811.
25. Lupin, S., Tun, H., Thike, A.M., Puschin, M. (2016). Hybrid Modelling as a Tool for Analysis of Information Systems Security. In *Proceedings of the 2016 IEEE NW Russia Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference (EIconRusNW)*.
26. Endres, H., Stoiber, K., Wenzl, N.M. (2019). Managing Digital Transformation through Hybrid Business Models. *Journal of Business Strategy*, 41(6), 49-56.
27. Kang, K-D. (2022). A Review of Efficient Real-Time Decision Making in the Internet of Things. *Technologies*, 10(1), <https://doi.org/10.3390/technologies10010012>. Department of Computer Science, State University of New York at Binghamton, Binghamton, NY 13902, USA. Section Information and Communication Technologies
28. Manyika, J., Chui, M., Bughin, J., Dobbs, R., Bisson, P., & Marrs, A. (2017). *Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity*. McKinsey Global Institute.
29. Al-Fuqaha, A., Guizani, M., Mohammadi, M., Aledhari, M., & Ayyash, M. (2019). Internet of Things: A survey on enabling technologies, protocols, and applications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 17(4), 2347-2376.
30. Perera, C., Zaslavsky, A., Christen, P., & Georgakopoulos, D. (2017). Sensing as a service model for smart cities supported by Internet of Things. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 25(1), 81-93.
31. Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrini, F., & Chlamtac, I. (2017). Internet of things: Vision, applications and research challenges. *Ad Hoc Networks*, 10(7), 1497-1516.
32. Madakam, S., Ramaswamy, R., & Tripathi, S. (2019). Internet of Things (IoT): A literature review. *Journal of Computer and Communications*, 3(5), 164-173.
33. Whitmore, A., Agarwal, A., & Da Xu, L. (2017). The Internet of Things-A survey of topics and trends. *Information Systems Frontiers*, 17(2), 261-274.
34. Liu, Y., Zhang, H., Yang, L.T., & Cheng, Z. (2019). Research on the development and application of Internet of Things (IoT). *Mobile Networks and Applications*, 24(3), 819-829.
35. Sisinni, E., Saifullah, A., Han, S., Jennehag, U., & Gidlund, M. (2018). Industrial Internet of Things: Challenges, opportunities, and directions. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(11), 4724-4734.
36. Vermesan, O., Friess, P., Guillemin, P., Gusmeroli, S., Sundmaeker, H., Bassi, A., ... & Doody, P. (2017). Internet of things strategic research roadmap. In *Internet of Things* (pp. 7-152). Springer, Cham.
37. Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2017). Understanding the Internet of Things: definition, potentials, and societal role of a fast evolving paradigm. *Ad Hoc Networks*, 56, 122-140.
38. Lin, J., Yu, W., Zhang, N., Yang, X., Zhang, H., & Zhao, W. (2017). A survey on Internet of Things: Architecture, enabling technologies, security and privacy, and applications. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(5), 1125-1142.
39. Borgia, E. (2018). The Internet of Things vision: Key features, applications and open issues. *Computer Communications*, 54, 1-31.
40. Alkhodre, A., Baig, Z., & Erbad, A. (2019). Review on the progress of ultra-low energy communication for Internet of Things. *Electronics*, 8(4), 404.

41. da Xu, L., He, W., & Li, S. (2018). Internet of Things in industries: A survey. IEEE Transactions on industrial informatics, 10(4), 2233-2243.
42. Ray, P. P. (2017). A survey on Internet of Things architectures. Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences, 30(3), 291-319.
43. Piccialli, F., Cuomo, S., & Valente, I. (2020). The role of a deep learning technique in a context-aware recommendation system for cultural heritage: A case study on the archaeological park of Pompeii. Computers, Environment and Urban Systems, 75, 101346.

**Б. Аскарулы\*, Г. Абитова**

Astana IT University,

010000, Қазақстан Республикасы, Мәңгілік Ел даңғылы, 55/11, Ехро Бизнес-орталығы, С1 б.

\*email: 222266@astanait.edu.kz

### **ЗАТТАР ИНТЕРНЕТІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН БИЗНЕС-ПРОЦЕСТЕРДІ ТАЛДАУҒА АРНАЛҒАН ГИБРИДТІ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ МОДЕЛЬДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ**

*Бұл мақалада заттар интернетінің (IoT) деректерін интеграциялау және гибриді Ақпараттық жүйелерді модельдеу бизнес-процестерді талдауға әсері қарастырылады. Зерттеудің мақсаты-мұндай интеграция талдаудың дәлдігі мен тиімділігін арттырады деген болжамды растау.*

*Шолу бөлімі тез өзгертін және бәсекеге қабілетті бизнес ортасында табысты өмір сүру үшін бизнес-процестерді талдаудың маңыздылығын көрсетеді. Ұйымның өнімділігін арттыру үшін заттар интернетін пайдалануға және ақпараттық жүйелерді модельдеуге баса назар аударылады.*

*Әдістемелік бөлім зерттеу тәсілін сипаттайды: ғылыми әдебиеттермен салыстырғанда эмпирикалық деректерді жинау және талдау. Зерттеу тәсілі нақты уақыттағы заттар интернетінің деректерін Ақпараттық жүйелерді модельдеумен біріктіруге негізделген.*

*Жұмыс нәтижелері интернет заттарының интеграциясы мен ақпараттық жүйелерді модельдеудің бизнес-процестерді талдауға айтарлықтай әсерін анықтай отырып, бастапқы болжамды растайды. Бұл ұйымдарға операциялық тиімділікке қол жеткізуге, ресурстарды оңтайландыруға және негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.*

*Бизнес-процестерді талдауды жақсартқысы келетін ұйымдар үшін Гибридік тәсілдің практикалық құндылығы атап өтіледі. Заттар интернеті мен ақпараттық жүйелерді модельдеуді біріктіру процестерді оңтайландыруға және жалпы өнімділікті арттыруға көмектеседі.*

*Жұмыс IoT негізіндегі бизнес-процестерді талдауда гибриді тәсілді қолданудың маңыздылығы мен пайдалылығын растайды, бұл IoT деректерін интеграциялау мен ақпараттық жүйелерді модельдеудің артықшылықтарын көрсетеді. Гибридік тәсіл бизнес-процестерді жақсартуға және қазіргі бәсекеге қабілетті ортада табысқа жетуге мүмкіндік береді.*

***Түйін сөздер:** гибриді Ақпараттық жүйелерді модельдеу, бизнес-процестерді талдау, Заттар интернеті (IoT), деректерді біріктіру, операциялық тиімділік, ресурстарды бөлу, нақты уақыттағы аналитика, шешім қабылдау, ұйымның тиімділігі, процестерді оңтайландыру.*

**Б. Аскарулы\*, Г. Абитова**

Astana IT University,

010000, Республика Казахстан, проспект Мангилик Ел, 55/11, Бизнес-центр ЕХРО, блок С1

\*email: 222266@astanait.edu.kz

### **ТЕХНОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИБРИДНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ АНАЛИЗА БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ**

*В данной статье рассматривается влияние интеграции данных Интернета вещей (IoT) и моделирования гибридных информационных систем на анализ бизнес-процессов.*

Целью исследования является подтверждение предположения о том, что такая интеграция повышает точность и эффективность анализа.

В обзорной части подчеркивается важность анализа бизнес-процессов для успешного существования в быстро меняющейся и конкурентной бизнес-среде. Основное внимание уделяется использованию Интернета вещей и моделированию информационных систем для повышения производительности организации.

Методологическая часть описывает исследовательский подход: сбор и анализ эмпирических данных в сравнении с научной литературой. В основе исследовательского подхода лежит интеграция данных Интернета вещей в реальном времени с моделированием информационных систем.

Результаты работы подтверждают первоначальное предположение, выявляя значительное влияние интеграции данных Интернета вещей и моделирования информационных систем на анализ бизнес-процессов. Это позволяет организациям достигать большей операционной эффективности, оптимизировать ресурсы и принимать обоснованные решения.

Подчеркивается практическая ценность гибридного подхода для организаций, желающих улучшить анализ своих бизнес-процессов. Интеграция Интернета вещей и моделирования информационных систем помогает оптимизировать процессы и повысить общую производительность.

Работа подтверждает важность и полезность использования гибридного подхода при анализе бизнес-процессов на основе Интернета вещей, подчеркивая преимущества интеграции данных Интернета вещей и моделирования информационных систем. Гибридный подход обладает потенциалом для улучшения бизнес-процессов и достижения успеха в современной конкурентной среде.

**Ключевые слова:** моделирование гибридных информационных систем, анализ бизнес-процессов, Интернет вещей (IoT), Интеграция данных, операционная эффективность, Распределение ресурсов, аналитика в реальном времени, принятие решений, Эффективность организации, оптимизация процессов.

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

**B. Askaruly\*** – master'S degree, Astana IT University; Republic of Kazakhstan, Astana; email: 222266@astanait.edu.kz

**G.A. Abitova** – PhD, Associate Professor; Astana IT University; Republic of Kazakhstan, Astana; email: Gulnara.Abitova@astanait.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3830-6905> .

#### **Авторлар туралы ақпарат**

**Б. Аскарулы\*** – магистр дәрежесі, Astana IT University; Қазақстан Республикасы, Астана; email: 222266@astanait.edu.kz

**Г.А. Абитова** – техника ғылымдарының кандидаты, доцент; Astana IT University; Қазақстан Республикасы, Астана; email: Gulnara.Abitova@astanait.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3830-6905> .

#### **Сведения об авторах**

**Б. Аскарулы\*** – магистрант, Astana IT University; Республика Казахстан, Астана; email: 222266@astanait.edu.kz

**Г.А. Абитова** – кандидат технических наук, доцент; Astana IT University; Республика Казахстан, Астана; email: Gulnara.Abitova@astanait.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3830-6905> .

*Material received on 27.08.2023 g.*

**Ж.Ә. Бақыт<sup>1\*</sup>, Ш.Қ. Исағалиева<sup>2</sup>, А.Б. Касымов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қаласы, Глинки көшесі, 20 А

<sup>2</sup>Томск политехникалық ұлттық зерттеу университеті,  
634050, Ресей, Томск, Томск облысы, Ленин даңғылы, 30

\*e-mail: bakytzhanel@gmail.com

## **ОРГАНИКАЛЫҚ РЕНКИН ЦИКЛІНІҢ ЖҰМЫС ДЕНЕСІН ТАҢДАУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

**Аңдатпа:** Мақалада органикалық Ренкин циклінің қолданылуы қарастырылады, сондай-ақ оны жүзеге асыратын қондырғылардың жұмыс денесін дұрыс таңдауға назар аударылады.

Жалпылама қойылған міндеттерді шешу үшін жұмыс денесін таңдау органикалық Ренкин циклінің іске асыру тиімділігінің айқындаушы негізгі шарты болып табылады. Сонымен қатар, мақалада циклде қолданылатын жұмыс денелері және жұмыс денелеріне қойылатын талаптар тұжырымдалды. Органикалық Ренкин циклінде қолданылатын жұмыс денелерінің қасиеттері зерттеліп, циклдің тиімді жұмыс істеуіне әсер ететін негізгі факторлар атап өтілді. Жұмыс сұйықтықтарының негізгі қасиеттері және оларды сумен салыстыру келтірілді. Сондай-ақ, жұмыс денесін оңтайлы таңдау кезінде органикалық Ренкин циклін қолданудың тиімділігі мен оның ерекшеліктері зерттеліп, жалпы циклге SWOT – талдау жүргізілді.

Мақалада зерттеу нәтижелері және жылу энергетикасындағы Ренкиннің органикалық циклі үшін жұмыс денесін таңдау бойынша ұсыныстар көрсетілді. Зерттеулер көрсеткендей, жұмыс денесін таңдау температура жағдайлары, қажетті тиімділік деңгейі, қоршаған орта әсер етуі, қол жетімдік, қауіпсіздік және тағы да басқа бірқатар факторларға байланысты. Қарастырылған мәлімет белгілі бір қондырғы үшін оңтайлы шешімді таңдағанда жылу энергетикасы саласындағы мамандар үшін пайдалы болуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** органикалық Ренкин циклі, жұмыс денесі, геотермалдық көздер, төмен потенциалды энергия, изоэнтропиялық сұйықтықтар, салқындатқыштар, цикл тиімділігі, SWOT – талдау.

### **Кіріспе**

Әлемде энергияны тұтыну жыл сайын артып келеді, оның едәуір бөлігі көмірсутек отындарын жағу арқылы және ядролық реакциялардың нәтижесінде алынған жылу энергиясы болып табылады. Сонымен қатар, басқа төмен потенциалды жылу энергиясының көздері бар. Өкінішке орай, жылу энергиясының едәуір бөлігі өте тиімсіз пайдаланылады, көбінесе қоршаған ортаға таралады. Соңғы уақытта жану өнімдерімен және салқындатқышпен бірге қоршаған ортаға көп мөлшерде шығарылатын төмен потенциалды энергияны қандай да бір жолмен пайдалану үшін көп күш жұмсалды. Төмен потенциалды энергияны пайдаға жарату үшін баламалы жұмыс денелері бар Ренкин циклі қолданылады, мұнда әдетте қайнау температурасы суға қарағанда төмен органикалық заттар пайдаланылады. Осы жағдайға байланысты Ренкин циклін төмен температурада жүзеге асыру мүмкіндігі пайда болады.

Жалпы органикалық Ренкин циклі – жылу беру және энергия алу үшін судың орнына органикалық жұмыс сұйықтықтарын пайдаланатын жылу циклі болып табылады. Бұл циклды қолдану көптеген артықшылықтарға қол жеткізуге мүмкіндік береді. Атап айтқанда, атмосфераға зиянды шығарындыларды азайтуға мүмкіндік береді, өйткені органикалық жұмыс сұйықтықтары тұтқырлығы төмен және төмен температурада жұмыс істей алады, бұл газды және басқа да бастапқы энергия ресурстарын тұтынуды азайтады. Сонымен бірге, мұнда органикалық жұмыс сұйықтықтары жоғары температурада басқа заттармен әрекеттеспейді, бұл жабдықтың қызмет ету мерзімін ұзартуға мүмкіндігін береді.

Қайталама жылу энергоресурстарын пайдалану процестерінде органикалық Ренкин циклін қолдану перспективасы жоғары молекулалық салмағы бар сұйықтықты жұмыс денесі ретінде пайдалануға негізделеді, өйткені осы термодинамикалық циклдің режимдік параметрлері жылу энергиясының төмен потенциалды көздерінің температурасы мен қысымы диапазонында жұмыс жасауға мүмкіндік береді. Мұндай жұмыс денесін пайдалану, Ренкиннің бу циклінен айырмашылығы, кез-келген жұмыс жағдайында ылғал түзбестен будың кеңеюіне кепілдік береді және айналу жылдамдығы төмен үлкен жабдықты қондырғы жасауға мүмкіндік береді [1].

Көп жағдайда перспективті жұмыс денелерінің сипаттамаларын салыстыру үшін циклдің термодинамикалық моделі қолданылады. Бұл жағдайда салыстырудың негізгі критерийі көбінесе жұмыс денелерінің физика-химиялық қасиеттеріне айтарлықтай тәуелді циклдің жылу тиімділігі болып табылады. Органикалық Ренкин циклін жүзеге асыру шарты суға қарағанда қайнау температурасы төмен жұмыс денесін пайдалану болып табылады. Жұмыс денелерінің қайнауы салыстырмалы түрде төмен температурада жүреді, бұл төмен потенциалды энергияны пайдалануға мүмкіндік береді.

Геотермалдық көздермен органикалық Ренкин циклін пайдалану схемасы жиі жүзеге асырылады. Геотермалдық көздердің су температурасы бірнеше ондаған градустан 300 °C-қа дейін өзгереді. Әдетте, геотермалдық көздің жылуын пайдалану төменгі температура шекарасы кем дегенде 80 °C болуы керек [2].

Органикалық Ренкин циклі негізіндегі электр станцияларының жұмысының тиімділігіне органикалық заттарға негізделген жұмыс сұйықтығын таңдау айтарлықтай әсер етеді.

Мақалада органикалық Ренкин циклінің жұмыс денесіне қойылатын негізгі талаптар мен жұмыс денесінің қасиеттері зерттелді. Циклдің тиімділігіне заттың қандай қасиеттері көбірек әсер ететінін біржақты айту қиын. Органикалық Ренкин циклінде жұмыс денесін оңтайлы таңдау бүкіл жүйенің тиімді жұмыс істеуінің негізгі факторы болып табылады. Ол үшін бірқатар факторларды ескеру қажет, мысалы:

- жұмыс денесінің қасиеттері және физика-химиялық сипаттамалары;
- жұмыс денесін өндірісте алу мүмкіндігі;
- жұмыс денесінің құны және қол жетімділігі;
- температура мен қысымның жұмыс диапазоны;
- нақты пайдалану шарттарына байланысты басқа да параметрлер [3].

Жұмыс денесін таңдаудағы маңызды шарт – оның термиялық тұрақтылығы, яғни жоғары температура мен қысымда өз қасиеттерін сақтау мүмкіндігі. Сондай-ақ, жұмыс денесінің инерттілігі, яғни оның жұмыс процесінде басқа заттармен реактивтілігі маңызды фактор болып табылады.

Органикалық Ренкин циклінде қолдануға болатын жұмыс денелерінің арасында мыналарды атап өтуге болады:

- силикоорганикалық сұйықтықтар (мысалы, циклометил – силикон, диметил – силикон);
- фторланған көмірсутектер (мысалы, фторланған метан, фторланған этан);
- органикалық көмірсутектер (мысалы, этанол, бутанол, олардың изомерлері) [4].

Тұтастай алғанда, органикалық Ренкин циклі үшін жұмыс денесін таңдағанда негізгі қасиеттер мен талаптарды ескеру қажет.

Жұмыс денелеріне қойылатын талаптар 1 кестеде көрсетілген.

### **Зерттеу әдістері және материалдар**

Органикалық жұмыс сұйықтықтары үшін қанығу қисығының көлбеуі оң (изопентан), теріс (R22) немесе тік (R11) болуы мүмкін. Бұл сұйықтықтар сәйкесінше «ылғал», «құрғақ» және «изоэнтропиялық» сұйықтықтар деп аталады. Ылғал сұйықтықтар (су) әдетте электр энергиясын өндіру үшін қызып кетуі керек. Құрғақ немесе изоэнтропикалық типтегі басқа органикалық сұйықтықтар қызып кетуді қажет етпейді. Ренкиннің органикалық циклдары мен олардың жұмыс сұйықтықтарында көптеген зерттеулер жүргізілді. Жұмыс сұйықтықтары ретінде бензол, аммиак, R11, R12, R134a және R113 көмегімен органикалық Ренкин циклінің тиімділігі зерттелді [5].

Кесте 1 – Органикалық Ренкин циклінде қолданылатын жұмыс денелерінің талаптары

<b>Жұмыс денесінің булану жылуы</b>	Берілген жұмыс температурасы диапазоны үшін циклдің нақты жұмысы максималды болуы керек. Жұмыс денелерінің булану жылуы мүмкіндігінше жоғары болғаны жөн.
<b>Тұтқырлық</b>	Сұйық және бу фазаларының төмен тұтқырлығы төмен үйкеліс шығындарын және жоғары жылу беру коэффициентін қамтамасыз етуі керек.
<b>Жылуөткізгіштік</b>	Жұмыс денелерінің жоғары жылу өткізгіштігі жылу алмастырғыштарда тиімді қыздыру мен салқындатуды қамтамасыз етеді.
<b>Бу қысымы</b>	Ренкин цикліндегі жұмыс денелерінің қаныққан бу қысымы тым жоғары немесе тым төмен болмауы керек, әйтпесе вакуумды құру және құбырлар мен арматуралардың беріктігі мен герметикалығын қамтамасыз ету кезінде проблемалар туындауы мүмкін.
<b>Термиялық тұрақтылық</b>	Жұмыс денесіне қойылатын маңызды талап жоғары температурада термиялық тұрақтылық болып табылады. Өкінішке орай, көптеген органикалық қосылыстар қыздыру кезінде химиялық өзгерістерге ұшырайды және олардың қасиеттері де өзгереді.
<b>Температура</b>	Зат жұмыс температурасының барлық диапазонында қатып қалмауы керек. Сондықтан жұмыс денесінің үштік нүктесі циклдің ең төменгі температурасынан төмен болуы керек.
<b>Жанғыштық</b>	Жұмыс денесі улы және жанғыш болмауы керек, оның қоршаған ортаға шығуы ластануды тудырмауы керек.
<b>Қол жетімділік</b>	Жұмыс денесінің арзан және қол жетімді болғаны жөн. Осыған байланысты, тоңазытқыш өнеркәсібінде қолданылатын заттар органикалық Ренкин цикліндегі жұмыс денесі үшін жақсы болып табылады.

Осыдан изоэнтропиялық сұйықтықтар төмен температуралы қалдық жылууды қалпына келтіруге ең қолайлы екенін түсінуге болады. Сонымен қатар, органикалық Ренкин цикліндегі жүйелеріндегі әртүрлі сұйықтықтарға көптеген зерттеулер жүргізілді. Жалпы жұмыс сұйықтығын таңдау үшін бірнеше критерийлерді ескеру қажет: қоршаған ортаның тұрақтылығы, озон қабатының сарқылу потенциалы, ғаламдық жылыну потенциалы, қауіпсіздік (жанбайтын, улы емес және агрессивті емес), қазандықтағы бу қысымы, сыни температура және ыстыққа төзімділік.

Органикалық Ренкин циклінде қолданылатын ең көп таралған жұмыс денелері – тоңазытқыш өнеркәсібінде қолданылатын салқындатқыштар: R134a, R-245fa және т.б., сонымен қатар пентан, гексан және кейбір органикалық кремнийлер қолданылады [6]. Бұл жұмыс денелерінің термодинамикалық қасиеттері бір-бірінен де, су мен су буының қасиеттерінен де айтарлықтай ерекшеленеді.

### Зерттеу нәтижелері

Мақалада, органикалық Ренкин циклінің тиімділігін талдау үшін әртүрлі жұмыс сұйықтығы таңдалды. 2-кестеде таңдалған жұмыс сұйықтықтарының негізгі қасиеттері және оларды сумен салыстыру келтірілген.

Кесте 2 – ОРЦ-де қолданылатын кейбір органикалық заттардың қасиеттері және оларды сумен салыстыру

Жұмыс денесі	Формуласы	$t_{кр}, ^\circ\text{C}$	$p_{кр}, \text{бар}$	$T_{қайнау}, ^\circ\text{C}$ (1 бар)	$\Delta h_{булану}, \text{кДж/кг}$ (1 бар)
Су	H <sub>2</sub> O	373.9	220.6	100	2257.5
R245fa	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>5</sub>	154.1	36.4	14.8	195.6
R134a	CF <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> F	101.1	40.6	-26.1	217.2
R22	CHClF <sub>2</sub>	96.2	49.9	-40.81	233.9
n -пентан	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	196.6	33.7	36.2	361.8
MM	C <sub>6</sub> H <sub>18</sub> OSi <sub>2</sub>	245.6	19.4	100.3	193.6

2-кестеден будың пайда болу жылуы, осы денелердің температурасы мен қысымы суға қарағанда едәуір төмен екенін көруге болады. Жылу көздерінің салыстырмалы түрде төмен температурасын ескере отырып, осы органикалық заттарды талдау органикалық Ренкин



циклінде судағы Ренкин цикліне қарағанда айтарлықтай аз жылу айырмашылықтарын жүзеге асыруға болады деген қорытындыға әкеледі.

Циклде қолдануға ең тиімдісін анықтау үшін әртүрлі сұйықтықтар тексерілді. Толуол жұмыс сұйықтығы басқа сұйықтықтарды пайдаланатын жүйелермен салыстырғанда кеңейткіштегі қысымның төмен дифференциалына байланысты бұл жүйеде төмен өнімділікті көрсетеді. R134a және изобутан органикалық Ренкин циклі жүйесінде жұмыс сұйықтықтары ретінде пайдалану үшін перспективті нәтижелер көрсетеді және жоғары қуат алуға мүмкіндік береді деп санауға болады.

### SWOT – талдауы

Күшті жақтары	Әлсіз жақтары
<ul style="list-style-type: none"> <li>– ОРЦ жылу қоймалары, қалдықтар және т.б. сияқты пайдаланылмаған жылу ағындарын пайдалануға мүмкіндік береді;</li> <li>– ОРЦ шағын нысандар үшін де, үлкен энергетикалық кешендер үшін де қолданыла алады;</li> <li>– салыстырмалы түрде төмен температуралы энергияны пайдалану;</li> <li>– турбинаның салыстырмалы түрде жоғары ПӘК-і;</li> <li>– турбинаның аз тозуы;</li> <li>– төмен механикалық және температуралық жүктемелер;</li> <li>– техникалық қызмет көрсетудің қарапайымдылығы;</li> <li>– салыстырмалы түрде төмен айналу жылдамдығына, сондай-ақ төмен қысым мен температура мәндеріне байланысты жабдықтың ұзақ қызмет ету мерзімі;</li> <li>– жұмыс денесін химиялық өңдеусіз тұйық жұмыс циклі;</li> <li>– қондырғыны орналастыру үшін салыстырмалы түрде шағын аймақ.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– ОРЦ дәстүрлі газ турбиналарымен салыстырғанда төмен тиімділікке ие;</li> <li>– қалдық жылуды пайдалану шектеулі;</li> <li>– оңтайлы жұмысты сақтау үшін жүйені жиі күтіп ұстау және өте дәл баптау қажеттілігі;</li> <li>– соңғы нәтиженің тиімділігіне әсер ететін органикалық жұмыс денелерінің шектеулі таңдауы;</li> <li>– жылу көзінің максималды температурасы жұмыс денесінің химиялық тұрақтылығымен шектеледі (өйткені ол жоғары температурада ыдырайды).</li> </ul>
Мүмкіндіктер	Қауіптер
<ul style="list-style-type: none"> <li>– циклдің жылу энергиясының әртүрлі көздеріне бейімделу мүмкіндігі;</li> <li>– электр желісіне қосылмаған алыс объектілерде ОРЦ пайдалану мүмкіндігі;</li> <li>– жаңартылатын энергия көздеріне сұраныстың артуы, ОРЦ-нің жасырын әлеуетін арттырады;</li> <li>– майысқан айналары бар күн электр станцияларының бөлігі ретінде пайдалануға болады;</li> <li>– органикалық Ренкин циклін теңіз суын тұщыландыру үшін де қолдануға болады.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– дәстүрлі газ турбиналары сияқты жылу энергиясын түрлендірудің басқа әдістерімен бәсекелестіктің артуы;</li> <li>– жоғары технологиялық тәуелділіктің өсу қаупі;</li> <li>– органикалық жұмыс денелері жасалатын сирек экологиялық таза материалдарға сұраныстың артуына байланысты тәуекелдер;</li> <li>– кейбір жұмыс денелері өрт қаупі бар, сонымен қатар озон қабатына теріс әсер етуі мүмкін, мысалы, кейбір фреондар, бұл ағып кетуді болдырмау қажеттілігін тудырады;</li> <li>– қолданылатын жұмыс денелері жоғары температурада химиялық тұрақсыз.</li> </ul>

### Ғылыми нәтижелерді талқылау

SWOT – талдауының жалпы қорытындысы ОРЦ пайдаланылмаған жылу көздерінен электр энергиясын өндіру үшін пайдаланылуы мүмкін тиімді және инновациялық технология екенін көрсетеді. Дегенмен, дәстүрлі газ турбиналарымен салыстырғанда төмен тиімділік, қалдық жылуды шектеулі пайдалану және жиі техникалық қызмет көрсету және өте дәл баптау қажеттілігі сияқты белгілі бір әлсіздіктер бар. Дегенмен, алыс нысандарда ОРЦ пайдалану, күн электр станцияларында пайдалану, теңіз суын тұщыландыру және жаңартылатын энергия көздеріне сұранысты арттыру сияқты көптеген мүмкіндіктері де бар. Қауіптердің қатарына өсіп келе жатқан бәсекелестік, технологиялық тәуелділік қаупі, жұмыс денелерінің тұрақсыздығымен байланысты тәуекелдер және экологиялық қауіп жатады.

Зерттеу нәтижелері органикалық Ренкин циклі энергия өндірудің перспективалы технологиясы екенін көрсетеді, әсіресе әлеуеті төмен көздермен жұмыс істегенде. Органикалық жұмыс сұйықтықтары Ренкиннің бу циклінде қолданылатын суға қарағанда

бірқатар артықшылықтарға ие және оларды Ренкин циклінде тиімді пайдалануға болады. Алайда, органикалық жұмыс сұйықтықтарын өндіру құны жоғары болып қалады, бұл олардың өнеркәсіпте кеңінен қолданылуын шектеуі мүмкін. Сондай-ақ, жоғары температура мен қысымда жұмыс сұйықтықтарының қасиеттерінің тұрақтылығы мен сақталуын жақсарту үшін қосымша зерттеулер қажет. Артықшылықтары мен шектеулерін ескере отырып, Ренкиннің органикалық циклі әртүрлі салалардағы әртүрлі көздерден энергия алудың тиімді құралы бола алады.

Бұл нәтиже әртүрлі көздерден энергияны қажет ететін салалар үшін практикалық маңызға ие болуы мүмкін. Органикалық Ренкин циклі жоғары температурадағы жылу көздері сияқты төмен потенциалды көздерден энергия алу кезінде, сондай-ақ электр энергиясын өндіру үшін өнеркәсіпте, сондай-ақ ауыл шаруашылығында пайдалану үшін сұранысқа ие болуы мүмкін.

Алайда, бұл технологияны кеңінен қолдану үшін, мысалы, жоғары температура мен қысымда жұмыс сұйықтықтарының тұрақтылығы мен қасиеттерінің сақталуын жақсарту саласында көбірек зерттеулер жүргізу қажет. Мұндай зерттеулер органикалық Ренкин циклінің тиімділігі мен экономикалық көрсеткіштерін жақсартуға және оны әртүрлі салаларда қолдануға ыңғайлы етуге көмектеседі.

### **Қорытынды**

Қорытындылай келе, органикалық Ренкин циклін қолдану пайдаланылған газдардың, геотермалдық көздердің, Күн энергиясының және салыстырмалы түрде төмен температурадағы басқа жылу ағындарының төмен потенциалды жылу энергиясын пайдалануға мүмкіндік береді. Органикалық Ренкин циклі үшін жұмыс денесін таңдау оның сипаттамаларына айтарлықтай әсер етеді және пайдалану температурасы мен цикл қысымының диапазонымен анықталады. Ғылыми мақалада органикалық Ренкин циклінде қолданылатын жұмыс денелері таңдалып, олардың қасиеттері сонымен қатар, әртүрлі жұмыс денелері мен судың айырмашылығы зерттелді. Сондай-ақ, жұмыс денелеріне қойылатын негізгі талаптар көрсетілді. Органикалық Ренкин цикліне жалпы SWOT – талдауы жүргізілді.

### **Әдебиеттер тізімі**

1. Шубаров, Н.С. Сравнение органического и парового циклов Ренкина / Н.С. Шубаров. – // Молодой ученый. – 2017. – № 21(155). – С. 160-163.
2. Электроэнергия из низкотемпературного бросового тепла с применением ОЦР // aqua-therm.ru URL: [https://aqua-therm.ru/articles/articles\\_695.html](https://aqua-therm.ru/articles/articles_695.html) (дата обращения: 14.03.2023).
3. Таубалдиев, А.А. Эффективность органического цикла Ренкина // сборник статей XXV Международной научно-практической конференции. – Пенза: Наука и Просвещение, 2021. – С. 24-27.
4. Серажетдинова Д.С., Пирогов Е.Н. Обоснование выбора рабочего тела для органического цикла Ренкина // Вопросы устойчивого развития общества. – 2022. – № 4. – С. 5.
5. Белов Г.В., Дорохова М.А. Органический цикл Ренкина и его применение в альтернативной энергетике // Наука и образование. – 2014. – № 7. – С. 26.
6. Органический цикл Ренкина // altenergetika.ru URL: <https://altenergetika.ru/organicheskiy-tsikl-renkina/> (дата обращения: 25.03.2023).

### **References**

1. Shubarov, N.S. Sravnenie organicheskogo i parovogo tsiklov Renkina / N. S. Shubarov. – // Molodoi uchenyi. – 2017. – № 21(155). – S. 160-163. (In Russian).
2. Elektroenergiya iz nizkotemperaturnogo brosovogo tepla s primeneniem OTsR // aqua-therm.ru URL: [https://aqua-therm.ru/articles/articles\\_695.html](https://aqua-therm.ru/articles/articles_695.html) (data obrashcheniya: 14.03.2023). (In Russian).
3. Taubaldiev, A.A. Effektivnost organicheskogo tsikla Renkina // sbornik statei XXV Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. – Penza: Nauka i Prosveshchenie, 2021. – S. 24-27. (In Russian).
4. Serazhetdinova D.S., Pirogov E.N. Obosnovanie vybora rabochego tela dlia organicheskogo tsikla Renkina // Voprosy ustoichivogo razvitiia obshchestva. – 2022. – № 4. – S. 5. (In Russian).
5. Belov G.V., Dorokhova M.A. Organicheskii tsikl Renkina i ego primeneniye v alternativnoi energetike // Nauka i obrazovanie. – 2014. – № 7. – S. 26. (In Russian).
6. Organicheskii tsikl Renkina // altenergetika.ru URL: <https://altenergetika.ru/organicheskiy-tsikl-renkina/> (data obrashcheniia: 25.03.2023). (In Russian).

**Ж.Ә. Бақыт<sup>1</sup>, Ш.Қ. Исағалиева<sup>2</sup>, А.Б. Касымов<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
634050, Россия, Томск, Томская область, проспект Ленина, 30

\*e-mail: bakytzhanel@gmail.com

## **ВЫБОР РАБОЧЕГО ТЕЛА ОРГАНИЧЕСКОГО ЦИКЛА РЕНКИНА И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО ОСОБЕННОСТЕЙ**

*В статье рассматривается применение органического цикла Ренкина, в частности уделяется внимание правильному выбору рабочего тела в установках, реализующих такой цикл.*

*Выбор рабочего тела для решения обобщенно поставленных задач является определяющим основным условием эффективности реализации органического цикла Ренкина. Кроме того, в статье сформулированы рабочие тела, используемые в цикле, и требования к рабочим телам. Были изучены свойства рабочих тел, используемых в органическом цикле Ренкина, и отмечены основные факторы, влияющие на эффективное функционирование цикла. Приведены основные свойства рабочих жидкостей и их сравнение с водой. Также были изучены эффективность применения органического цикла Ренкина и его особенности при оптимальном выборе рабочего тела, проведен SWOT – анализ общего цикла.*

*В статье были представлены результаты исследования и рекомендации по выбору рабочего тела для органического цикла Ренкина в теплоэнергетике. Исследования показывают, что выбор рабочего тела зависит от ряда факторов, таких как температурные условия, желаемый уровень эффективности, влияние на окружающую среду, доступность, безопасность и т.п. Рассмотренные данные могут быть полезны специалистам в области теплоэнергетики при выборе оптимального решения для конкретной установки.*

**Ключевые слова:** органический цикл Ренкина, рабочее тело, геотермальные источники, низкая потенциальная энергия, изозэнтропические жидкости, хладагенты, эффективность цикла, SWOT – анализ.

**Zh. Bakyt<sup>1</sup>, Sh. Issagaliyeva<sup>2</sup>, A. Kassymov<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>National Research Tomsk Polytechnic University,  
634050, Russia, Tomsk, Tomsk Region, 30 Lenin Avenue

\*e-mail: bakytzhanel@gmail.com

## **SELECTION OF THE WORKING BODY OF THE ORGANIC RANKIN CYCLE AND THE STUDY OF ITS FEATURES**

*The article considered the application of the organic Rankine cycle, in particular attention was paid to the correct choice of the working fluid in installations that implement such a cycle.*

*The choice of a working medium for solving generalized tasks is the determining basic condition for the effectiveness of the implementation of the organic Rankine cycle. In addition, the article formulates the working bodies used in the cycle and the requirements for working bodies. The properties of the working bodies used in the organic Rankine cycle were studied and the main factors affecting the effective functioning of the cycle were noted. The main properties of working fluids and their comparison with water are given. The effectiveness of the organic Rankine cycle and its features were also studied with the optimal choice of the working fluid, a SWOT analysis of the overall cycle was carried out.*

*The article presents the results of the study and recommendations on the choice of a working fluid for the organic Rankine cycle in thermal power engineering. Research shows that the choice of working fluid depends on a number of factors, such as temperature conditions, desired level of*

efficiency, environmental impact, availability, safety, etc. Considered data can be useful to specialists in the field of thermal power engineering when choosing the optimal solution for a specific installation.

**Key words:** organic rankine cycle, working fluid, geothermal sources, low potential energy, isentropic liquids, refrigerants, cycle efficiency, SWOT analysis.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**Ж.Ө. Бақыт\*** – магистрант, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: bakytzhanel@gmail.com

**Ш.Қ. Исағалиева** – магистрант, Томск политехникалық ұлттық зерттеу университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: kairatova299@mail.ru

**А.Б. Касымов** – PhD, «Техникалық физика және жылу энергетикасы» кафедрасының қауымдастырылған профессор м.а., Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: festland2@yandex.kz ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1983-6508>

#### Сведения об авторах

**Ж.Ө. Бақыт\*** – магистрант, Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: bakytzhanel@gmail.com

**Ш.Қ. Исағалиева** – магистрант, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Российская Федерация, e-mail: kairatova299@mail.ru

**А.Б. Касымов** – PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика», Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: festland2@yandex.kz ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1983-6508>

#### Information about the authors

**Zh.A. Bakyt\*** –master's student, Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: bakytzhanel@gmail.com

**Sh.K. Issagaliyeva** –master's student, National Research Tomsk Polytechnic University, Russian Federation; e-mail: kairatova299@mail.ru

**A.B. Kassymov** – PhD, Acting associate professor of the Department «Technical physics and heat power engineering», Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: festland2@yandex.kz ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1983-6508>.

*Материал 16.06.2023 ж. баспаға түсті.*

DOI: 10.53360/2788-7995-2023-3(11)-4

МРНТИ: 29.27.49

**Ә.Ж. Қайырбекова<sup>1,2\*</sup>, А.Ж. Миниязов<sup>1,2</sup>, Т.Р. Туленбергенов<sup>1,2</sup>,  
Ф.Қ. Жанболатова<sup>1</sup>, О.А. Степанова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Филиал «Институт атомной энергии» РГП НЯЦ РК,  
071100, Республика Казахстан, г. Курчатов, улица Бейбіт атом 10

<sup>2</sup>Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки 20 А

\*e-mail: kaiyrbekova@nnc.kz

#### ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ НА ПЛАЗМЕННО-ПУЧКОВОЙ УСТАНОВКЕ

**Аннотация:** В настоящее время продолжают исследования взаимодействия плазмы с конструкционными материалами первой стенки и дивертора международного экспериментального термоядерного реактора ИТЭР на действующих токамаках и имитационных плазменных установках. При исследовании взаимодействия плазмы с поверхностью кандидатных материалов ТЯР важную роль играют параметры плазмы. Для определения локальных значений основных параметров плазмы существует

*отдельная область исследований – зондовая диагностика плазмы. Диагностика плазмы на основе электрических зондов – это определение локальных и мгновенных значений основных ее параметров: концентрации и температуры заряженных частиц плазмы, а также функций распределения различных компонентов плазмы по энергиям.*

*В данной работе представлены результаты исследования пространственного распределения локальных параметров (температура электронов плазмы ( $T_e$ ) и концентрация плазмы ( $n_e$ )) низкотемпературной плазмы на плазменно-пучковой установке (ППУ) с помощью подвижного зонда Ленгмюра. Обработка вольт-амперных характеристик (ВАХ) проводилась стандартными методами. Для оценки пространственного распределения вышеперечисленных параметров низкотемпературной плазмы проводились эксперименты с расположением зонда на расстоянии 5 мм, 9 мм и 11 мм от центра плазменного пучка при различной энергии первичного электронного пучка в диапазоне от 0,5 кэВ до 5 кэВ. Результаты экспериментов показали плавный спад концентрации плазмы в радиальном направлении.*

**Ключевые слова:** *низкотемпературная плазма, зонд Ленгмюра, температура электронов, концентрация плазмы, плазменно-пучковая установка.*

## **Введение**

Физика низкотемпературной плазмы активно изучается и интенсивно развивается в настоящее время в современном мире [1-3]. С низкотемпературной плазмой связано большое число явлений и процессов в природе, науке и технике, а ее применение охватывает многие области человеческой деятельности, такие как: производство элементов микроэлектроники, напыление покрытий на оптических приборах и элементах, производство наноматериалов, порошковая металлургия и т.д. [4-6]. В значительной степени интерес к изучению плазмы стимулируется совершенствованием, развитием, созданием и внедрением новых плазменных технологий.

В настоящее время в связи с развитием плазменных технологий и конструированием нового поколения источников плазмы встает вопрос изучения условий возникновения заряженных частиц, элементарных процессов в плазме, условий генерации и диагностики потоков низкотемпературной плазмы.

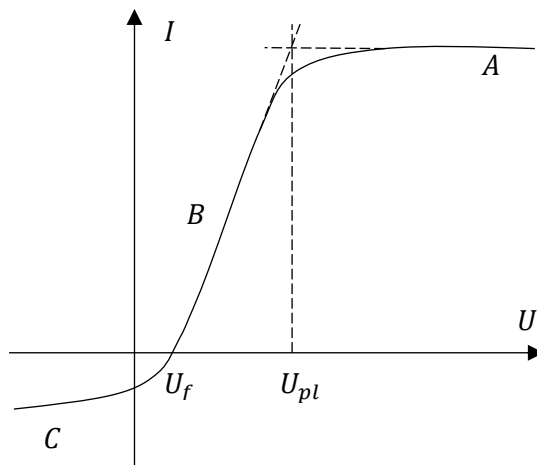
На данный момент одним из основных наиболее теоретически и практически изученных приборов диагностики плазмы является зонд Ленгмюра, который позволяет предоставить информацию о температуре электронов, концентрации частиц в плазме, а также функцию распределения электронов по энергиям [7, 8].

В работе [9] одиночный зонд применялся для измерения плазменных струйных систем низкого и атмосферного давления, которые в настоящее время используются для осаждения материалов со специальными свойствами. Также одиночный зонд использовался в работе [10] для диагностики индукционной плазмы аргона низкого давления в магнитном поле, широко применяющейся в различных технологиях, включая травление полупроводников, осаждение тонких пленок и модификацию поверхности материалов. В обоих случаях определение параметров является важным и на этом не ограничиваются возможности зонда. Простота эксперимента и его технических средств являются достоинствами зондового метода диагностики плазмы. Недостаток его заключается в сложности теории, с помощью которой из данных измерений извлекаются характеристики плазмы. Следовательно, остается актуальным вопрос исследования физики низкотемпературной плазмы, в частности измерение ее параметров в радиальном направлении, таких как электронная температура и концентрация плазмы. В связи с этим, в данной работе проводились эксперименты по измерению локальных параметров плазмы на разных расстояниях от оси плазменного пучка к его периферии.

## **Методы**

Применение зонда Ленгмюра позволяет получить экспериментальное распределение параметров плазмы в объеме разряда. При зондовом исследовании в необходимую область плазмы вводится электрод, на который подается напряжение порядка нескольких сотен вольт из отрицательной области в положительную за миллисекунды. Затем фиксируется вольтамперная зависимость относительно опорного электрода – анода и катода. Размеры зонда выбираются минимальные, и ток, отбираемый зондом из плазмы, должен быть во много раз меньше основного дрейфового тока. Это обеспечивает наименьшее возмущение плазмы

в области измерения. При измерении какой-либо физической величины всегда следует стремиться к тому, чтобы в основе метода лежала простая, не вызывающая сомнений теория. В этом отношении зондовый метод работает с достаточной надежностью в случае разреженного газа, когда длина свободного пробега частиц больше характерных размеров зонда и возмущенной области вокруг него. Работа зонда заключается в определении токов, протекающих через него, и приложенных к нему напряжений – зондовой вольт-амперной характеристики (ВАХ). Оценка параметров плазмы по ВАХ зонда зависит от информации, полученной из распределения скоростей носителей заряда в объемной плазме. Идеализированный вид ВАХ в случае одиночного зонда приведен на рисунке 1 [11].



$U_{pl}$  – потенциал плазмы,  $U_f$  – плавающий потенциал [11]

Рисунок 1 – Вольт-амперная характеристика одиночного зонда

Для вычисления температуры электронов плазмы ( $T_e$ ) используется участок B (рис. 1), где можно пренебречь ионной составляющей тока, так как вклад ионов невелик. При представлении электронного тока в полулогарифмическом масштабе в зависимости от напряжения температура электронов определяется по формуле:

$$T_e = \frac{1}{\frac{d \ln(I)}{dU}} = \frac{1}{\operatorname{tg} \psi}. \quad (1)$$

После нахождения  $T_e$  можно рассчитать концентрацию плазмы  $n_e$ .

Для вычисления концентрации плазмы ( $n_e$ ) зондовым методом широко применяют формулу Бома для ионного тока насыщения ( $I_i$ ) [11-13]:

$$I_i = 0,4en_eS \sqrt{\frac{2kT_e}{M_i}}. \quad (2)$$

где  $e$  – заряд электрона,  $n_e$  – концентрация плазмы,  $S$  – площадь зонда;  $k$  – постоянная Больцмана ( $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К);  $M_i$  – масса иона,  $T_e$  – температура электронов.

Особенность примененного зондового метода диагностики на ППУ [14] заключается в получении данных о параметрах плазмы из любой области плазменно-пучкового разряда в радиальном направлении благодаря точной системе перемещения измерительного электрода.

#### Экспериментальная часть

Эксперименты были проведены на ППУ, которая предназначена для реализации плазменного и теплового воздействия на кандидатные материалы термоядерных реакторов, а также для отработки существующих и разработке новых способов диагностик плазмы. Подробное описание ППУ представлено в работах [14-17], а общий вид показан на рисунке 2.

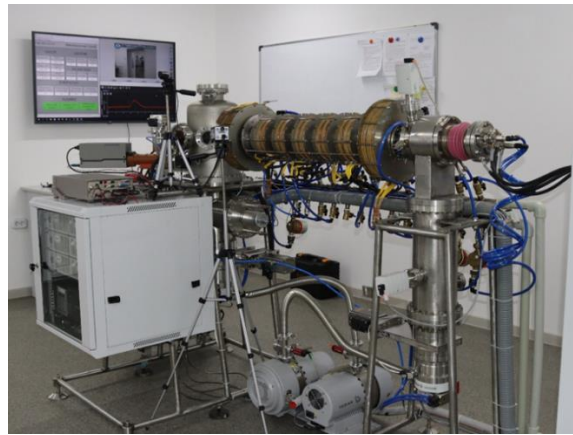
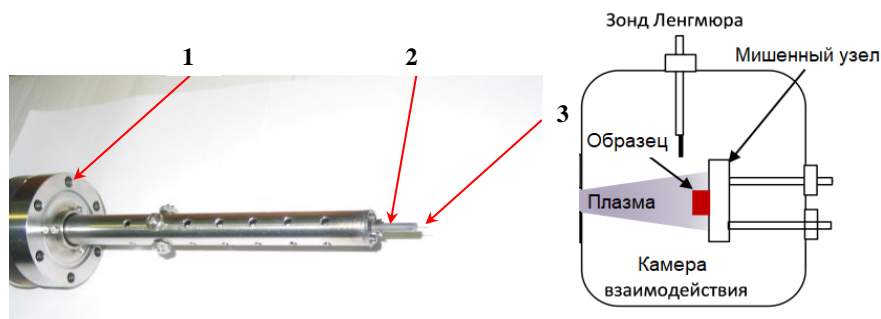


Рисунок 2 – Общий вид ППУ

На установке используется подвижный цилиндрический зонд Ленгмюра, для измерения локальных параметров плазмы. Внешний вид зонда Ленгмюра и схема его расположения на ППУ представлены на рисунке 3.



1 – монтажный фланец; 2 – керамический изолятор; 3 – измерительный электрод;  
 а) внешний вид зонда Ленгмюра      б) схема расположения зонда на ППУ  
 Рисунок 3 – Зонд Ленгмюра ППУ

### Описание эксперимента

Для проведения экспериментальных работ полости камер ППУ откачивались при полной мощности турбомолекулярных насосов камер установки до давления  $13 \cdot 10^{-4}$  Па. В камеру подавался плазмообразующий газ – водород, до значения давления в камере взаимодействия  $13 \cdot 10^{-2}$  Па. Диапазон напряжения, подаваемого на зонд, задавался от -300 В до +100 В. Площадь собирающей поверхности зонда составляет  $6,4 \text{ мм}^2$ , а материал электрода – вольфрам. Развертка зонда осуществлялась с помощью пикоамперметра Keithley 6487.

Для оценки локальных параметров плазмы на ППУ были проведены эксперименты согласно условиям, приведенным в таблице 2.

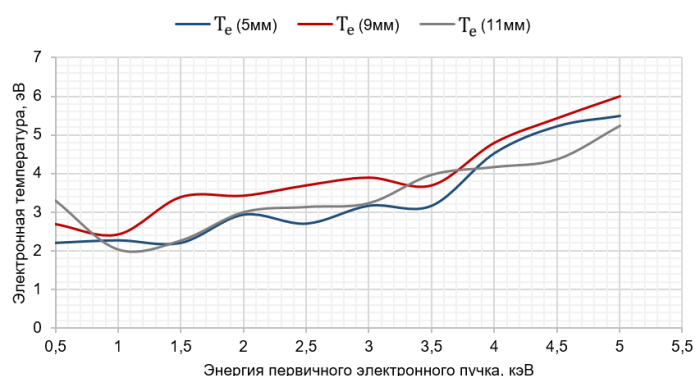
Таблица 2 – Условия проведения экспериментов на ППУ

Параметры эксперимента	Значение
Диапазон энергии первичного электронного пучка, кэВ	0,5-5
Диаметр электронного пучка, мм	~3
Давление рабочего газа, Па	$\sim 13 \cdot 10^{-2}$
Рабочий газ	H <sub>2</sub>

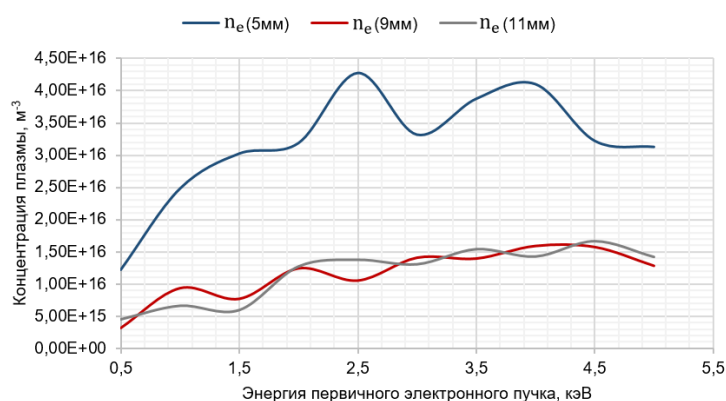
### Результаты и обсуждение

Для оценки локальных параметров плазмы была выполнена регистрация и обработка ВАХ одиночного зонда при различной энергии первичного электронного пучка в диапазоне от 0,5 кэВ до 5 кэВ. Расчеты были проведены с применением программного обеспечения для анализа и визуализации научных данных QtiPlot. Результаты расчета ВАХ позволили получить данные о параметрах плазмы, таких как электронная температура и концентрация плазмы.

На рисунке 4 представлены графики зависимости параметров плазмы от энергии первичного электронного пучка в радиальном направлении.



а) Зависимость температуры электронов от энергии первичного электронного пучка



б) Зависимость концентрации плазмы от энергии первичного электронного пучка

Рисунок 4 – Зависимость температуры электронов, (а) и концентрации плазмы (б) на расстояниях 5 мм, 9 мм и 11 мм, от энергии первичного электронного пучка

Из рисунка видно, что в результате увеличения ускоряющего напряжения электронного пучка температура электронов увеличилась примерно с 2 эВ до 6 эВ для всех трех точек измерения. Максимальная концентрация плазмы составила  $\sim 4,28 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-3}$ , на расстоянии 5 мм от центра оси ППР. Концентрация плазмы на расстоянии 9 мм значительно ниже, чем при 5 мм  $\sim 1,1 \cdot 10^{16} \text{ м}^{-3}$ . При увеличении расстояния до 11 мм зависимость концентрации от энергии электронного пучка схожа с точкой 9 мм.

На рисунке 5 приведена зависимость распределения температуры электронов и концентрации при энергии первичного электронного пучка 1 кэВ и давлении водорода  $\sim 13 \cdot 10^{-2} \text{ Па}$ .

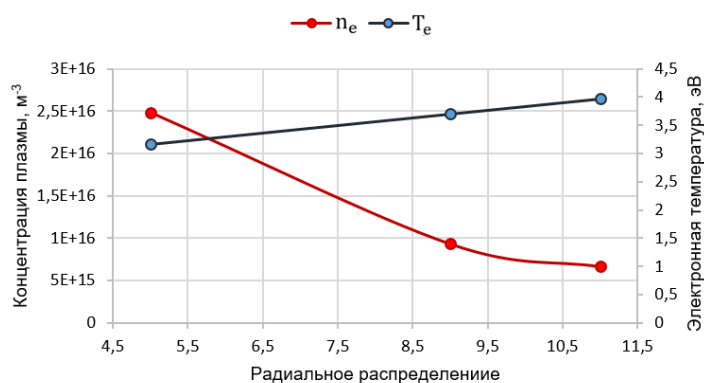


Рисунок 5 – Зависимость локальных параметров ( $T_e$ ,  $n_e$ ) плазмы в радиальном направлении



На графике из рисунка 5 видим, что температура электронов плавно поднимается в радиальном направлении, а концентрация плазмы на расстоянии от 5 мм до 11 мм снижается. Это объясняется тем, что влияние столкновений зависит от собираемого тока и наиболее заметно проявляется вблизи потенциала пространства. При этом на зонд попадает большое количество электронов, что приводит к обеднению прилегающей к зонду плазмы, так как диффузионный поток из невозмущенной области не успевает восполнить сток электронов на зонд. На расстоянии 11 мм длина свободного пробега становится выше, а скорость частиц уменьшается, в следствии чего температура повышается, а концентрация плазмы уменьшается. Этот эффект связан с тем, что скопление частиц ближе к центральной области становится больше и следовательно длина свободного пробега меньше, так как частицы сталкиваются с молекулами, атомами и теряют энергию, поэтому температура электронов плазмы уменьшается.

Измерение одиночным зондом пространственного распределения на расстоянии 5 мм от центра плазмы было ограничено областью первичного электронного пучка, где происходил перегрев зонда. Так как, термоэмиссия с поверхности зонда оказывала влияние на разряд в целом.

### **Заключение**

В данной работе были проведены экспериментальные работы по определению локальных параметров ( $T_e, n_e$ ) низкотемпературной плазмы в радиальном направлении на ППУ с помощью подвижного цилиндрического зонда Ленгмюра с площадью собирающей поверхности 6,4 мм<sup>2</sup>. Были получены данные о плазме на расстояниях 5 мм, 9 мм и 11 мм от центра оси ППР.

Результаты зондовой диагностики показывают, что максимальное значение температуры электронов составляет 6 эВ, а концентрация электронов порядка  $4,28 \cdot 10^{16}$  м<sup>-3</sup> и с ростом напряжения температура и концентрация электронов в потоке плазмы повышаются.

В результате полученных зависимостей установлено, что концентрация электронов ( $n_e$ ) уменьшается, а электронная температура плазмы ( $T_e$ ) возрастает в радиальном направлении при удалении зонда от центра оси ППР при одинаковой энергии первичного электронного пучка и давлении газа.

### **Список литературы**

1. Смирнов Б.М. Процессы с участием малых частиц // Москва: Логос. – 2012.
2. Русанов В.Д., Фридман А.А. Физика химически активной плазмы // Наука. – 1984. – 416 с.
3. Фортон В.Е., Храпак А.Г., Якубов И.Т. Физика неидеальной плазмы // ФИЗМАТЛИТ. – 2010. – 528 с.
4. Ивановский Г.Ф., Петров В.И. Ионно-плазменная обработка материалов. – М.: Радио и связь. – 1986.
5. Толливер, Р. Новицки, Д. Хесс, Н. Айнспрука, Д. Брауна. Плазменная технология в производстве СБИС. – М.: Мир. – 1987. – 469 с.
6. Данилин Б.С., Киреев В.Ю. Применение низкотемпературной плазмы для травления и очистки материалов. – М.: Энергоатомиздат. – 1987. – 263 с.
7. Александров А.Ф., Вавилин К.В., Кралькина Е.А., Неклюдова П.А., Павлов В.Б. – Исследование параметров плазмы индуктивного ВЧ-источника плазмы диаметром 46 см. Часть I. Параметры плазмы в области скин-слоя // Прикладная физика. – 2013. – Вып. 5
8. Березкин А.В., Брагин Е.Ю., Жильцов В.А., Кулыгин В.М., Янченков С.В. – Экспериментальные исследования плазменных потоков в открытой ловушке с тороидальным дивертором при эцр-разряде // НИЦ «Курчатовский институт». – 2014. – Вып.1.
9. Тич М., Губицка З. и др. Диагностика зондом Ленгмюра системы плазменной струи // Наука об источниках плазмы. Технология. – 2009. – Том 18. – 11 с.
10. Мещерякова Е., Зибров М., Казиев А., Ходаченко Г., Писарев А. Ленгмюровская зондовая диагностика индуктивно-связанной аргоновой плазмы низкого давления в магнитном поле // Тр. – 2015. – Том 71. – 121-126 с.
11. Козлов О.В. Электрический зонд в плазме. – М.: Атомиздат, 1969.
12. Чан П., Тэлбот Л., Турян К. Электрические зонды в неподвижной и движущейся плазме. – М.: Мир. 1978.

13. Чен Ф.Ф. Диагностика зондом Ленгмюра // Электротехнический кафедры Калифорнийского университета, Лос-Анджелес, Чеджудо, Корея. – 5 июня 2003 г. – 42 с.
14. Патент РК № 2080. Имитационный стенд с плазменно-пучковой установкой / Колодешников А.А., Зуев В.А., Гановичев Д.А., Туленбергенев Т.Р. [и др.]; заявитель и патентообладатель РГП НЯЦ РК.– № 2016/0108.2; заявл. 29.02.2016; опубл. 15.03.2017, Бюл. № 5. – 3 с.
15. Соколов И.А., Скаков М.К., Миниязов А.Ж., Туленбергенев Т.Р. Изучение процессов образования карбидов на поверхности дивертора термоядерного реактора // Вестник КазНАЕН. – 2019. – Вып. 1. – С. 44-49.
16. Жанболатова Ф.Қ., Бакланов В.В., Туленбергенев Т.Р., Миниязов А.Ж., Соколов И.А. Карбидизация поверхности вольфрама в пучково-плазменном разряде // Вестник НЯЦ РК. – 2020. – Вып. 4.– С. 77–81.
17. Курнаев В., Визгалов И., Гуторов К., Туленбергенев Т., Соколов И., Колодешников А., Игнашев В., Зуев В., Богомоллова И., Климов Н. Исследование взаимодействия плазмы с поверхностью на плазменно-пучковой установке // Журнал ядерных материалов.– 2015. – Вып.463. – 228-232с.

### References

1. Smirnov B.M. Processes involving small particles // Moscow: Logos, 2012. (In Russian).
2. Rusanov V.D., Fridman A.A. Physics of chemically active plasma // Nauka. – 1984. – 416 p. (In Russian).
3. Fortov V.E., Khrapak A.G., Yakubov I.T. Physics of non-ideal plasma // FIZMATLIT. – 2010, 528 p. (In Russian).
4. Ivanovsky G.F., Petrov V.I. Ion-plasma processing of materials. – M.: Radio and communication. – 1986. (In Russian).
5. Tolliver, R. Nowitzki, D. Hess, N. Ainspruck, D. Brown. Plasma technology in the production of VLSI. – M.: Mir, 1987. – 469 p. (In Russian).
6. Danilin B.S., Kireev V.Yu. Application of low-temperature plasma for etching and cleaning of materials. – M.: Energoatomizdat, 1987. – 263 p. (In Russian).
7. Aleksandrov A.F., Vavilin K.V., Kralkina E.A., Neklyudova P.A., Pavlov V.B. – Investigation of the plasma parameters of an inductive RF plasma source with a diameter of 46 cm. Part I. Plasma parameters in the skin layer region // Applied Physics. – 2013. – Issue 5. (In Russian).
8. Berezkin A.V., Bragin E.Yu., Zhiltsov V.A., Kulgin V.M., Yanchenkov S.V. – Experimental studies plasma of flows in an open trap with a toroidal divertor at ezc discharge // SIC "Kurchatov Institute". – 2014. – Issue 1. (In Russian).
9. Tich M., Hubicka Z. et al. Langmuir probe diagnostics of a plasma jet system // Plasma Sources Sci. Technol. – 2009. – Vol.18. – 11p. (In Russian).
10. Meshcheryakova E., Zibrov M., Kaziev A., Khodachenko G., Pisarev A. Langmuir probe diagnostics of low-pressure inductively coupled argon plasmas in a magnetic field // Physics Procedia. –2015. –Vol.71. – 121–126 p. (In Russian).
11. Kozlov O.V. Electric probe in plasma. – M.: Atomizdat, 1969. (In Russian).
12. Chan P., Talbot L., Turyan K. Electric probes in stationary and moving plasma. – M.: Mir. – 1978. (In Russian).
13. Chen F.F. Langmuir Probe Diagnostics // IEEE-ICOPS Electrical Engineering Department University of California, Los Angeles, Jeju, Korea. – June 5, 2003. – 42 p. (In Russian).
14. Patent of the Republic of Kazakhstan No. 2080. Simulation stand with plasma beam installation / Kolodeshnikov A.A., Zuev V.A., Ganovichev D.A., Tulenbergenov T.R. [et al.]; applicant and patent holder of the RSE NNC RK. – No. 2016/0108.2; application 29.02.2016; publ. 15.03.2017, Bul. No. 5-3 p. (In Russian).
15. Sokolov I.A., Skakov M.K., Miniyazov A.Zh., Tulenbergenov T.R. Study of the processes of formation of carbides on the surface of the divertor of a thermonuclear reactor // Bulletin of KazNAEN. – 2019. – Issue. 1.– 44-49 p. (In Russian).
16. Zhanbolatova G.K., Baklanov V.V., Tulenbergenov T.R., Miniyazov A.Zh., Sokolov I.A. Carbideization of the tungsten surface in a beam-plasma discharge // Vestnik NNC RK. – 2020. – Issue. 4.– P. 77-81. (In Russian).
17. Kurnaev V., Vizgalov I., Gutorov K., Tulenbergenov T., Sokolov I., Kolodeshnikov A., Ignashev V., Zuev V., Bogomolova I., Klimov N. Investigation of plasma-surface interaction at plasma beam facilities // Journal of Nuclear Materials. – 2015. – Vol.463. – 228-232 p. (In Russian).

Ә.Ж. Қайырбекова<sup>1,2\*</sup>, А.Ж. Миниязов<sup>1,2</sup>, Т.Р. Туленбергенов<sup>1,2</sup>,  
Ф.Қ. Жанболатова<sup>1</sup>, О.А. Степанова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ҚР ҰЯО РМК «Атом энергиясы институты»

071100, Қазақстан Республикасы, Курчатов қаласы, Бейбіт атом көшесі 10

<sup>2</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинка к-сі 20 А

\*e-mail: kaiyrbekova@nnc.kz

## ПЛАЗМАЛЫҚ-ШОҚТЫҚ ҚОНДЫРҒЫДА ТӨМЕНГІ ТЕМПЕРАТУРАЛЫ ПЛАЗМАНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН КЕҢІСТІКТЕ ТАРАЛУЫН БАҒАЛАУ

Қазіргі уақытта, плазманың жұмыс істеп тұрған токамактары мен имитациялық плазмалық қондырғыларында ITER халықаралық эксперименттік термоядролық реакторының бірінші қабырғасының және диверторының құрылымдық материалдарымен өзара әрекеттесуін зерттеу жалғасуда. Плазманың ТЯР кандидаттық материалдарының бетімен өзара әрекеттесуін зерттеу кезінде плазма параметрлері маңызды рөл атқарады. Плазманың негізгі параметрлерінің жергілікті мәндерін анықтау үшін зерттеудің жеке саласы бар-плазманы диагностикалау. Плазма диагностикасы оның негізгі параметрлерінің жергілікті және лездік мәндерін: зарядталған плазма бөлшектерінің концентрациясы мен температурасын, сондай-ақ энергиялар бойынша әртүрлі плазма компоненттерінің таралу функцияларын анықтау болып табылады.

Бұл жұмыста жылжымалы Ленгмюр зондының көмегімен плазмалық шоқтық қондырғыдағы (ПШҚ) төменгі температуралы плазманың жергілікті параметрлерін (электрон температурасы ( $T_e$ ) және плазма концентрациясы ( $n_e$ )) кеңістікте таралуын зерттеу нәтижелері келтірілген. электродтың келесі геометриялық параметрлері: ұзындығы - 4 мм; диаметрі 0,5 мм. Зондты жаймалау Keithley 6487 пикоамперметр көмегімен жүзеге асырылған вольт-амперлік сипаттамаларын (BAC) өңдеу стандартты әдістермен өткізілді.

Төменгі температуралы плазманың жоғарыда аталған параметрлерінің кеңістіктік таралуын бағалау үшін зондтың 0,5 кэВ-тан 5 кэВ-қа дейінгі диапазондағы бастапқы электронды сәуленің әртүрлі энергия кезінде плазмалық сәуленің ортасынан 5 мм, 9 мм және 11 мм қашықтықта орналасуымен эксперименттер өткізіліді. Эксперименттер нәтижелері радиалды бағытта плазма концентрациясының тегіс құлдырауын көрсетті.

**Түйін сөздер:** төменгі температуралы плазма, Ленгмюр зонды, электрон температурасы, плазманың концентрациясы, плазмалық-шоқтық қондырғы.

A. Kaiyrbekova<sup>1,2\*</sup>, A. Miniyazov<sup>1,2</sup>, T. Tulenbergenov<sup>1,2</sup>, G. Zhanbolatova<sup>1</sup>, O. Stepanova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>«Institute of Atomic Energy» Branch of NNC,

071100, Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Beibit atom street 10

<sup>2</sup>Semey University named after Shakarim,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str. 20 A

\*e-mail: kaiyrbekova@nnc.kz

## ASSESSMENT OF THE SPATIAL DISTRIBUTION OF LOW-TEMPERATURE PLASMA PARAMETERS ON PLASMA-BEAM INSTALLATION

*At present continue, studies of the interaction of plasma with structural materials of the first wall and divertor of the ITER international experimental fusion reactor on operating tokamaks and simulated plasma facilities. In the research of the interaction of plasma with the surface of candidate materials TNR an important role plasma parameters play. For determination of local values of the main plasma parameters there is a separate field of research – plasma diagnostics. Plasma diagnostics is the determination of local and instantaneous values of main its parameters: concentration and temperature of charged plasma particles, as well as the distribution functions of various plasma components by energies.*

*This works presents the results of a research to the spatial distribution of local parameters (temperature electrons ( $T_e$ ) and plasma concentration ( $n_e$ )) of a low-temperature plasma on a plasma-beam installation (PBI) with the help a movable Langmuir probe with the following*

*geometrical parameters of the electrode: length – 4 mm; diameter 0.5 mm. The probe sweep was with the help a Keithley 6487 picoammeter. The processing of volt-ampere characteristics (VAC) was carried out by standard methods.*

*To assess the spatial distribution of the above-mentioned parameters of low-temperature plasma, experiments were carried out with the location of the probe at a distance of 5 mm, 9 mm and 11 mm from the center of the plasma beam at different energies of the primary electron beam in the range from 0.5 keV to 5 keV.*

*The experiments results showed a smooth decrease in plasma concentration in the radial direction.*

**Key words:** *low-temperature plasma, Langmuir probe, electron temperature, plasma concentration, plasma-beam installation.*

#### **Сведения об авторах**

**А.Ж. Кайырбекова\*** – магистрант кафедры «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: kайырбекова@nnc.kz . ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3080-6809>.

**А.Ж. Миниязов** – начальник лаборатории испытаний материалов в условиях термоядерного реактора; Институт атомной энергии НЯЦ РК; e-mail: Miniyazov@nnc.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2188-8075>.

**Т.Р. Туленберенов** – научный сотрудник лаборатории испытаний материалов в условиях термоядерного реактора; Институт атомной энергии НЯЦ РК; e-mail: tulenbergenov@nnc.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1541-6231>.

**Г.К. Жанболатова** – младший научный сотрудник лаборатории испытаний материалов в условиях термоядерного реактора; Институт атомной энергии НЯЦ РК; e-mail: kайырды@nnc.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4423-4349>.

**О.А. Степанова** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Техническая физика и теплоэнергетика»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5221-1772>.

#### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Ә.Ж. Қайырбекова\*** – «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының магистранты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республика; e-mail: kайырбекова@nnc.kz . ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3080-6809>.

**А.Ж. Миниязов** – термоядролық реактор жағдайдағы материалдарды сынау зертханасының бастығы; ҚР ҰЯО Атом энергиясы институты; e-mail: Miniyazov@nnc.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2188-8075>.

**Т.Р. Туленберенов** – термоядролық реактор жағдайдағы материалдарды сынау зертханасының ғылыми қызметкері; ҚР ҰЯО Атом энергиясы институты; e-mail: tulenbergenov@nnc.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1541-6231>.

**Г.Қ. Жанболатова** – термоядролық реактор жағдайдағы материалдарды сынау зертханасының кіші ғылыми қызметкері; ҚР ҰЯО Атом энергиясы институты; e-mail: kайырды@nnc.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4423-4349>.

**О.А. Степанова** – техника ғылымдарының кандидаты, доцент, «Техникалық физика және жылуэнергетика» кафедрасының меңгерушісі; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5221-1772>.

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

**A.Z. Kaiyrbekova\*** – Master's student of the Department of «Technical Physics and Thermal Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: kайырбекова@nnc.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3080-6809>.

**A.Z. Miniyazov** – Superior of laboratories of the tests materials under the conditions of a thermonuclear reactor; Institute of Atomic Energy of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan; e-mail: Miniyazov@nnc.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2188-8075>.

**T.R. Tulenbergenov** – Researcher at the laboratories of the tests materials under the conditions of a thermonuclear reactor; Institute of Atomic Energy of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan; e-mail: tulenbergenov@nnc.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1541-6231>.

**G.K. Zhanbolatova** – Junior researcher at the laboratories of the tests materials under the conditions of a thermonuclear reactor; Institute of Atomic Energy of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan; e-mail: kaiyrdy@nnc.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4423-4349>.

**O.A. Stepanova** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of «Technical Physics and Thermal Power Engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: aug11@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5221-1772>.

Материал поступил в редакцию 22.08.2023 г.

DOI: 10.53360/2788-7995-2023-3(11)-5

МРНТИ: 65.59.03

**А.О. Майжанова<sup>1\*2</sup>, К.Ж. Амирханов<sup>1</sup>, Ш.К. Жакупбекова<sup>1</sup>, А.К. Суйчинов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул.Глинки, 20 А

<sup>2</sup> ТОО Семейский филиал «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»,

071410, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Байтурсынова, 29

e-mail: fquekm2710@mail.ru

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ, ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МЯСА ПТИЦЫ**

**Аннотация:** В статье приведены результаты исследований физико-химических и органолептических показателей различных видов мяса птицы. Одним из важных показателей при определении качества сырья и при его выборе как сырья для дальнейшей переработки, является его физико-химические свойства и органолептические показатели. В лабораторных условиях были получены результаты исследования по определению физико-химических показателей (влаги, белок, жир, зола, рН, влагосвязывающая способность фарша), органолептических показателей (внешний вид, цвет, запах, консистенция, прозрачность и аромат бульона, сочность) качества мяса птицы различных видов. В качестве образцов исследований были приобретены наиболее часто употребляемые виды мяса птиц: мясо птицы бройлеров, мясо индейки и мясо утки. По результатам исследования физико-химических исследований было выяснено, что филе грудки индейки содержит больше белка и меньше жира, чем филе грудки бройлеров и утки. Самое высокое влагосвязывающая способность было отмечено у мяса индейки 78,3%. Результаты рН исследуемых образцов показали значение свежего мяса пригодного для дальнейшей переработки их на выработку мясных изделий. Также в статье приведены результаты сравнительной оценки биологической ценности мяса птицы. Результаты исследования дают возможность оценить качество регионального сырья.

**Ключевые слова:** мясо индейки, мясо утки, мясо курицы, физико-химические показатели мяса, органолептическая оценка.

### **Введение**

Мясо птицы, является одним из важнейших составляющих рационального питания человека и является источником высококачественного белка, витаминов, полиненасыщенных жирных кислот и других веществ, необходимых для оптимального развития организма. Удовлетворение потребностей населения в высококачественных продуктах питания является важнейшей социальной задачей современного общества [1, 2].

Во время выработки мясных продуктов из мяса птицы применяются все виды сырья от разделки тушек птицы, включая кусковое мясо, мясо механической обвалки и субпродукты. Рациональная и комплексная переработка всего сырья позволяет расширить ассортимент колбас и мясорастительных паштетов, а также деликатесов из мясного сырья [3, 4].

Целью работы являлось изучение биологической ценности и определение физико-химических, органолептических показателей мяса индейки, утки и курицы.

#### Объекты и методы исследования.

Объектами исследования служили образцы мяса птицы разных производителей:

– Образец № 1 – Мясо птицы бройлеров: филе грудки. Производитель – ТОО «Прииртышская бройлерная птицефабрика», Казахстан, область Абай, город Семей, село Прииртышское;

– Образец № 2 – Мясо индейки: филе грудки. Производитель – ТОО «Turkey PVL», Казахстан, Павлодарская область, Павлодарский район, село Шакат;

– Образец № 3 – Мясо утки: филе грудки. Производитель – ООО Птицефабрика «Улыбино», Россия, Новосибирская область, город Искитим.

Все исследования проводились согласно следующим ГОСТ-ам:

- Массовая доля влаги – ГОСТ 9793-2016 [5];
- Массовая доля жира – ГОСТ 23042-2015 [6];
- Массовая доля белка – ГОСТ 25011-2017 [7];
- Массовая доля золы – ГОСТ 31727-1012 [8];
- Органолептическая оценка – ГОСТ 31470-2012 [9];
- Определение pH – ГОСТ 51478 [10].

Экспериментальная часть работы выполнена в лаборатории СФ ТОО «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности» и в лаборатории кафедры «Технология пищевых производств и биотехнология НАО «Университет имени Шакарима города Семей».

#### Результаты исследований

Органолептическая оценка исследуемых образцов проводилась по следующим показателям: внешний вид и цвет сырья, консистенция, запах, сочность, прозрачность и аромат бульона [2]. Все образцы были оценены по 10-бальной шкале. Результаты органолептических показателей исследуемых образцов приведены ниже на рисунке 1.

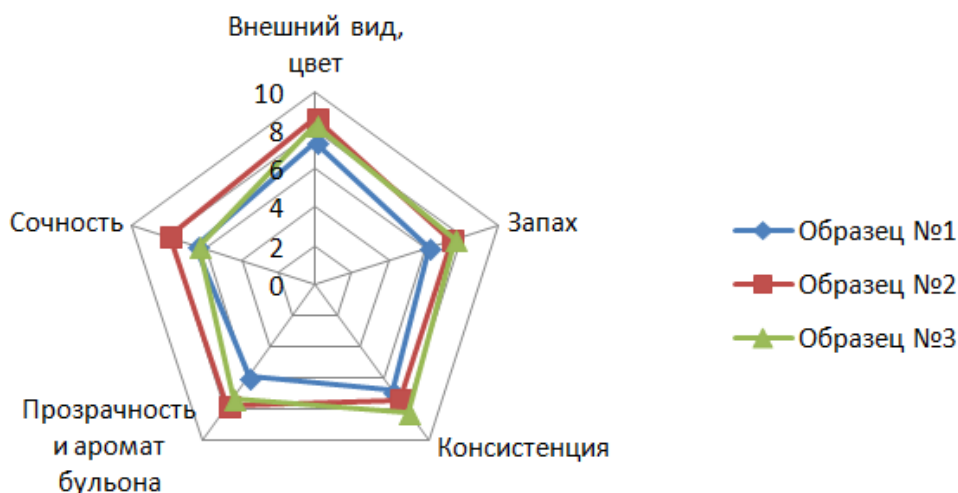


Рисунок 1 – Органолептические показатели исследуемых образцов

По результатам органолептического исследования по всем указанным параметрам на рисунке 1 лидирует образец № 2, который набрал самую высокую общую оценку 9,5 баллов, которое в соответствии оценкам ГОСТ (Внешний вид – очень приятный; запах – очень приятный, ароматный; вкус – очень вкусный; консистенция – очень нежная, сочность – очень сочная) получает общую оценку «Отличное». Далее идет образец № 3 по общей оценке он набрал 8,7 баллов, затем идет образец № 1 который набрал 8,5 баллов. В соответствии с ГОСТ (Внешний вид – очень хороший; запах – приятный и сильный; вкус – вкусное; консистенция – нежная, сочность – сочное) оба образца подходят под оценку «Очень хорошее».

Далее были исследованы химический состав образцов. Результаты по определению химического состава исследуемых образцов приведены на рисунке 2.

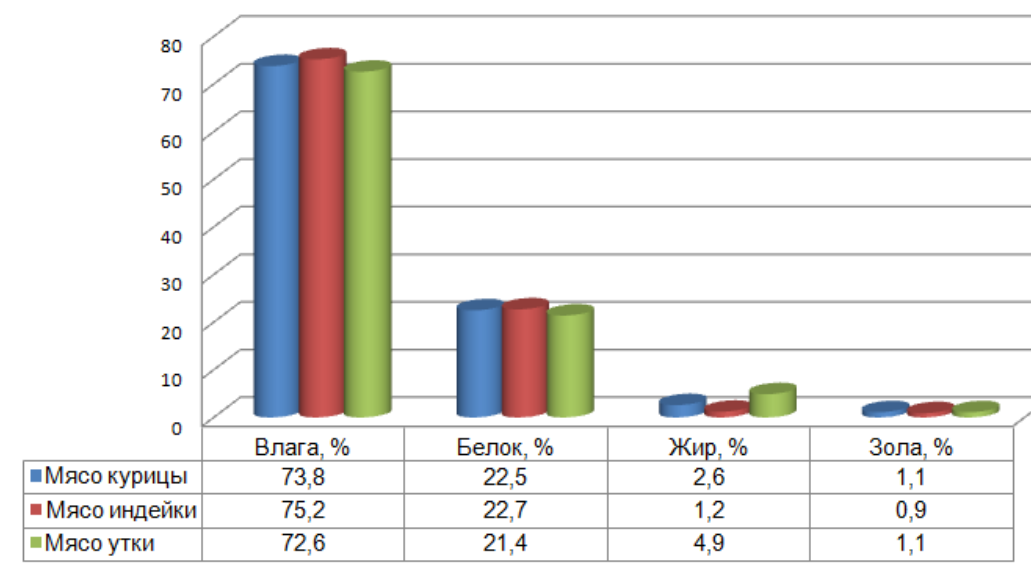


Рисунок 2 – Химический состав исследуемых образцов

По результатам исследования химических показателей мяса птицы были получены следующие результаты: образец № 2 лидируют по содержанию белка по сравнению с другими образцами, а так же имеет низкое содержание жира.

Измерение pH в мясе является одним из важнейших параметров в мясоперерабатывающей промышленности. Цвет, свежесть, срок хранения, запах мяса и пути дальнейшей переработки в той или иной степени зависят от значения pH. На рисунке 2 приведены данные по результату pH исследуемых образцов.

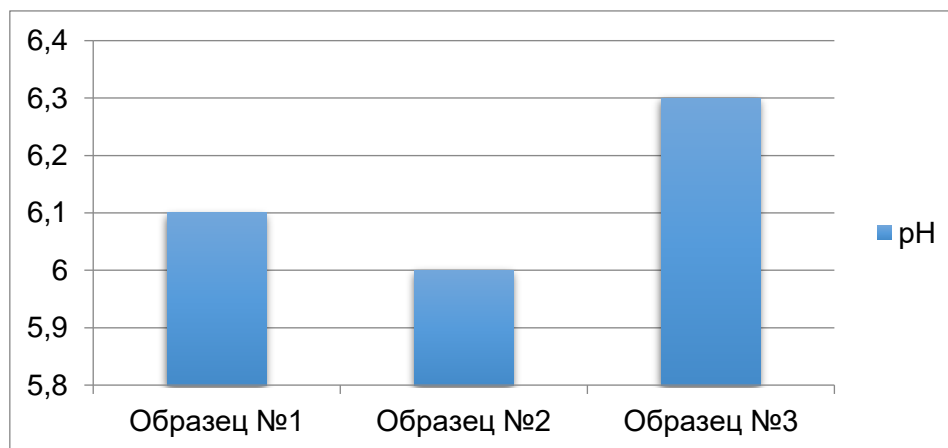


Рисунок 2 – Результаты pH исследуемых образцов

Результаты pH исследуемых образцов показали значение свежего мяса пригодного для дальнейшей переработки их на выработку мясных изделий.

Для производства мясных продуктов важнейшим показателем является влагосвязывающая способность (ВСС) мясного сырья. Результаты исследования ВСС исследуемых образцов приведены на рисунке 3.

Результаты исследуемых образцов показал, что исследуемые образцы имеют высокую ВСС, но самый высокий был у образца №2 – 78,3 %, чуть ниже у образца №3 – 78,1 %.

Одним важных показатели при выборе мясного сырья являются белки, которые состоят из незаменимых и заменимых аминокислот. Далее нами были изучены аминокислотный состав исследуемых образцов. Данные по составу незаменимых аминокислот приведены на рисунке 4.

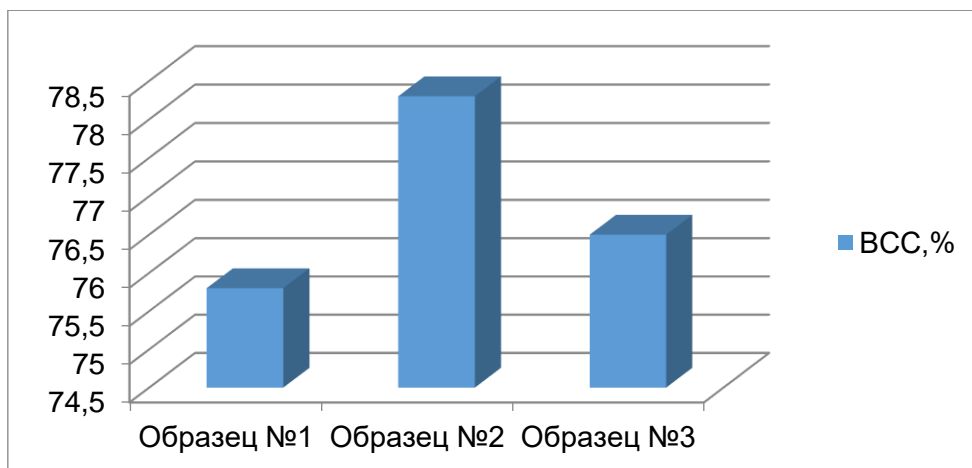


Рисунок 3 – Результаты ВСС исследуемых образцов

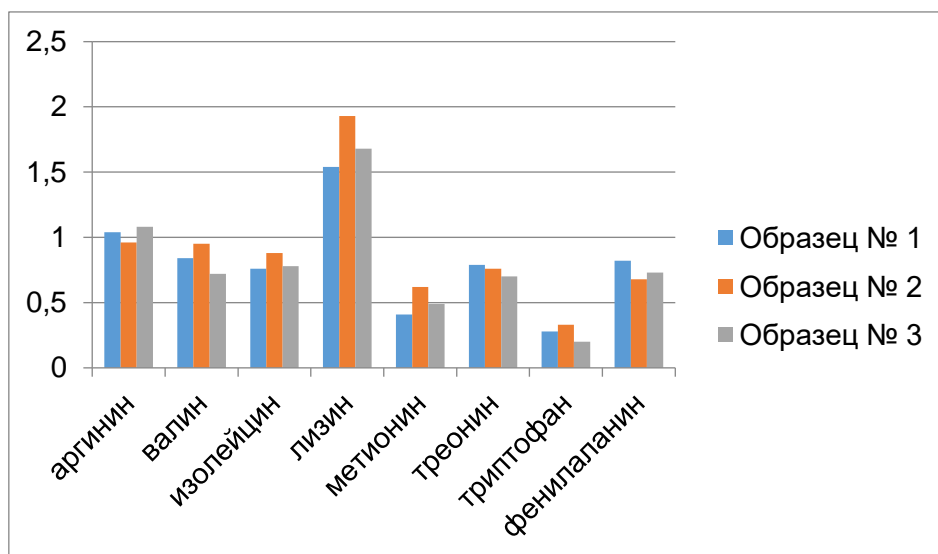


Рисунок 4 – Результаты по содержанию незаменимых аминокислот в исследуемых образцах

Из данных приведенных в гистограмме видно, что в образце №3 самое высокое содержание незаменимых аминокислот, особенно лидирует по содержанию валина (0,9 мг/100 г), лизина (1,9 мг/100 г). По данным приведенным в гистограмме можно так же сделать вывод, что мясо утки является оптимально сбалансированным.

Результаты по изучению аминокислотного состава образца №2 было выявлено высокое содержание метионина, треонина, лизина и других аминокислот, что указывает на биологическую полноценность мяса индейки.

#### **Заключение**

В дальнейшем для разработки технологии мясорастительного паштета нами были выбраны образец № 2 (мясо индейки) и образец №3 (мясо утки), так как по физико-химическим показателям и по органолептическим показателям данные образцы показали, наилучшие показатели, а так же комбинирование данных образцов не изучены в научных литературах.

*Материалы подготовлены в рамках научно-технической программы BR10764970 Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан на 2021-2023 годы.*

#### **Список литературы:**

1. Овсяницкий А.Ю. Оценка качества мяса цыплят-броilers ООО «Магнитогорский птицеводческий комплекс» / Молодеж и наука – 2021. – С 24-31 – <https://elibrary.ru> / (дата обращения: 06.06.2023).
2. Переработка мяса птицы и кроликов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е.А. Рыгалова [и др.]; Красноярский государственный аграрный университет. – Красноярск, 2021 – 362 с.



3. Сулейменова, Р.А. Роль и польза куриного мяса в питании человека / Р.А. Сулейменова, И.Е. Калдыбай, Э.К. Окусханова, Ф.Х. Смольникова // Молодой ученый. – 2017. – № 2. – С. 252-257.
4. Потороко, И.Ю. Инновационные способы улучшения потребительских свойств продуктов переработки мяса птицы / И.Ю. Потороко, Л.А. Цирульниченко // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Сер.: Пищевые и биотехнологии. – 2015. – № 3. – С. 55–62.
5. ГОСТ 9793 -2016 Мясо и мясные продукты. Методы определения влаги.
6. ГОСТ 23042-2015 Мясо и мясные продукты. Методы определения жира.
7. ГОСТ 25011-2017 Мясо и мясные продукты. Методы определения белка.
8. ГОСТ 31727-1012 Мясо и мясные продукты. Методы определения массовой доли общей золы.
9. ГОСТ 31470-2012 Мясо птицы, субпродукты и полуфабрикаты из мяса птицы. Методы органолептических и физико-химических исследований.
10. ГОСТ 51478 Мясо и мясные продукты. Контрольный метод определения концентрации водородных ионов (рН).

#### References:

1. Ovsyanitsky A.Yu. Evaluation of the quality of chicken meat -brlovii ООО Magnitogorsk Poultry Complex / Youth and Science – 2021. – С 24-31 - <https://elibrary.ru/> (date of reference: 06.06.2023). (In Russian).
2. Processing of poultry and rabbit meat [Electronic resource]:textbook / E.A. Rygalova [et al.]; Krasnoyarsk State Agrarian University. – Krasnoyarsk, 2021 – 362 p. (In Russian).
3. Suleimenova, R.A. The role and benefits of chicken meat in human nutrition / R.A. Suleimenova, I.E. Kaldybai, E.K. Okuskhanova, F.H. Smolnikova // Young scientist. – 2017. – No. 2. – pp. 252-257. (In Russian).
4. Potoroko, I.Yu. Innovative ways to improve consumer properties of poultry meat processing products / I.Yu. Potoroko, L.A. Tsurulnichenko // Bulletin of the South Ural State University. Ser.: Food and biotechnology. - 2015. – No. 3. – pp. 55-62. (In Russian).
5. GOST 9793 -2016 Meat and meat products. Methods for determining moisture. (In Russian).
6. GOST 23042-2015 Meat and meat products. Methods for determining fat. (In Russian).
7. GOST 25011-2017 Meat and meat products. Methods of protein determination. (In Russian).
8. GOST 31727-1012 Meat and meat products. Methods for determining the mass fraction of total ash. (In Russian).
9. GOST 31470-2012 Poultry meat, offal and semi-finished products from poultry meat. Methods of organoleptic and physico-chemical research. (In Russian).
10. GOST 51478 Meat and meat products. Control method for determining the concentration of hydrogen ions (pH). (In Russian).

**А.О Майжанова<sup>1\*,2</sup>, К.Ж. Амирханов<sup>1</sup>, Ш.К. Жакупбекова<sup>1</sup>, А.К. Суйчинов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к-сі, 20 А

<sup>2</sup>«Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институты» ЖШС,  
Семей қ. филиалы, 071410, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Байтұрсынова к-сі, 29  
e-mail: fquekm2710@mail.ru

#### **ӘРТҮРЛІ ҚҰС ЕТТЕРІ ТҮРЛЕРІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ, ОРГАНОЛЕПТИКАЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІ МЕН АМИНҚЫШҚЫЛДАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ**

*Мақалада құс етінің әртүрлі түрлерінің физика-химиялық және органолептикалық көрсеткіштерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Шикізаттың сапасын анықтаудағы және оны әрі қарай өңдеуге арналған шикізат ретінде таңдаудағы маңызды көрсеткіштердің бірі оның физика-химиялық қасиеттері мен органолептикалық көрсеткіштері болып табылады. Зертханалық жағдайда физика-химиялық көрсеткіштерді (ылғал, ақуыз, май, күлділік, рН, ылғал байланыстыру қабілеті), Органолептикалық көрсеткіштерді (сорпаның сыртқы түрі, түсі, иісі, консистенциясы, мөлдірлігі мен хош иісі, шырындылығы) анықтау бойынша зерттеу нәтижелері алынды. Зерттеу үлгілері ретінде құс етінің ең көп қолданылатын түрлері сатып алынды: бройлер құс еті, күркемауық еті*

және үйрек еті. Физика-химиялық зерттеулердің нәтижелері бойынша күркетауық тәсінің филесінде бройлер мен үйрек тәсіне қарағанда ақуыздың көп және майдың мөлшерінің аз екендігі анықталды. Ең жоғары ылғал байланыстыру қабілеті 78,3% күркетауық етінде байқалды. Зерттелетін үлгілердің рН нәтижелері оларды ет өнімдерін өндіруге одан әрі өңдеуге жарамды жаңа балғын еттің көрсеткіштерін көрсетті. Сондай-ақ, мақалада құс етінің биологиялық құндылығын салыстырмалы бағалау нәтижелері келтірілген. Зерттеу нәтижелері аймақтық шикізаттың сапасын бағалауға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** күркетауық еті, үйрек еті, тауық еті, физика-химиялық көрсеткіштері, органолептикалық бағалау.

**A.O. Maizhanova<sup>1,2</sup>, K.Zh. Amirhanov<sup>1</sup>, Sh.K. Zhakupbekova<sup>1</sup>, A.K. Suichinov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

<sup>2</sup>Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry, LLP, Semey Branch,  
071410, Republic of Kazakhstan, Semey, 29 Baitursynov Street

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF PHYSICO-CHEMICAL, ORGANOLEPTIC PARAMETERS AND AMINO ACID COMPOSITION OF VARIOUS TYPES OF POULTRY MEAT**

*The article presents the results of studies of physico-chemical and organoleptic parameters of various types of poultry meat. One of the important indicators in determining the quality of raw materials and when choosing them as raw materials for further processing is its physico-chemical properties and organoleptic indicators. Under laboratory conditions, the results of a study were obtained to determine the physico-chemical parameters (moisture, protein, fat, ash, pH, moisture binding ability of minced meat), organoleptic parameters (appearance, color, smell, consistency, transparency and aroma of broth, juiciness) of the quality of poultry meat of various types. The most commonly consumed types of poultry meat were purchased as research samples: broiler poultry, turkey meat and duck meat. According to the results of the study of physico-chemical studies, it was found that turkey breast fillet contains more protein and less fat than broiler breast fillet and duck. The highest moisture binding capacity was observed in turkey meat 78.3%. The pH results of the studied samples showed the value of fresh meat suitable for further processing for the production of meat products. The article also presents the results of a comparative assessment of the biological value of poultry meat. The results of the study make it possible to assess the quality of regional raw materials.*

**Key words:** turkey meat, duck meat, chicken meat, physical and chemical parameters of meat, organoleptic evaluation.

### **Сведения об авторах**

**А.О. Майжанова\*** – доктарант кафедры «Технологии пищевых производств и биотехнологии», НАО «Университет имени Шакарима города Семей»; младший научный сотрудник ТОО Семейский филиал «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Республика Казахстан, г. Семей; e-mail: fquekm2710@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4845-9465>

**К.Ж. Амирханов** – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии пищевых производств и биотехнологии», НАО «Университет имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан, e-mail: aspirant57@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7988-988X>

**Ш.К. Жакупбекова** – доктарант кафедры «Технологии пищевых производств и биотехнологии», НАО «Университет имени Шакарима города Семей», Республика Казахстан; e-mail: siyanie\_\_88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7558-9871>

**А.К. Суйчинов** – PhD доктор, директор ТОО Семейский филиал «Казахский научно-исследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности», Республика Казахстан; e-mail: asuychinov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4862-3293>

### Авторлар туралы мәліметтер

**А.О. Майжанова\*** – «Тамақ өндірістерінің технологиялары және биотехнология» кафедрасының докторанты, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті», <sup>2</sup> кіші ғылыми қызметкер «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Семей қ. филиалы, Қазақстан Республикасы; e-mail: fquekm2710@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4845-9465>

**К.Ж. Амирханов** – техника ғылымдарының докторы, «Тамақ өндірістерінің технологиялары және биотехнология» кафедрасының профессоры, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті», Қазақстан Республикасы; e-mail: aspirant57@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7988-988X>

**Ш.К. Жакупбекова** – «Тамақ өндірістерінің технологиялары және биотехнология» кафедрасының докторанты, «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті», Қазақстан Республикасы; e-mail: siyanie\_\_88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7558-9871>

**А.К. Суйчинов** – PhD доктор, «Қазақ қайта өңдеу және тағам өнеркәсіптері ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Семей қ. филиалының директоры, Қазақстан Республикасы; e-mail: asuychinov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4862-3293>.

### Information about the authors

**A.O. Maizhanova\*** – Doctoral student of the department "Technology of food production and biotechnology", "University named after Shakarim of the city of Semey"; junior researcher of "Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry", LLP, Semey branch Republic of Kazakhstan, Semey; e-mail: fquekm2710@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4845-9465>.

**K.Zh. Amirkhanov** – Doctor of technical sciences, professor of the Department "Technologies of food production and biotechnology", "Shakarim University of Semey", Republic of Kazakhstan; e-mail: aspirant57@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7988-988X>.

**Sh.K. Zhakupbekova** – Doctoral student of the department "Technology of food production and biotechnology", "University named after Shakarim of the city of Semey" Republic of Kazakhstan; e-mail: siyanie\_\_88@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7558-9871>.

**A.K. Suichinov** – PhD, director of Semey branch of Kazakh Research Institute of processing and food industries LLP, Republic of Kazakhstan; e-mail: asuychinov@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4862-3293>.

*Материал поступил в редакцию 13.06.2023 г.*

DOI: 10.53360/2788-7995-2023-3(11)-6

МРНТИ: 62.41.99

### З.Н. Темиржанова

Университет имени Шакарима города Семей,  
071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А  
e-mail: zukhra\_94g@mail.ru

### ПОСЛЕДНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ БИОСЕНСОРА В ОБЛАСТИ МИКРОБНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

**Аннотация:** В настоящем обзоре мы обсудили разработку и изготовление устройств тесты по месту оказания помощи (РОСТ) для обнаружения микробных патогенов, в том числе бактерий, вирусов, грибов и паразитов. Были освещены электрохимические методы и текущие достижения в этой области с точки зрения интегрированных электрохимических платформ, которые включают в основном подходы на основе микрофлюидов и интегрированные системы смартфонов и Интернета вещей (IoT) и Интернета медицинских вещей (IoMT). Кроме того, будет сообщено о доступности коммерческих биосенсоров для обнаружения микробных патогенов. В конце были обсуждены проблемы при изготовлении биосенсоров по месту оказания помощи (РОС) и ожидаемые будущие достижения в области биосенсоров. Интегрированные платформы

на основе биосенсоров с IoM / IoMT обычно собирают данные для отслеживания распространения инфекционных заболеваний в сообществе, что было бы полезно с точки зрения лучшей готовности к текущим и будущим пандемиям и, как ожидается, предотвратит социальные и экономические потери.

В последнее десятилетие наука о биосенсорах добилась огромного прогресса в диагностике заболеваний. Лекарственно-устойчивые бактерии превосходят усилия по поиску лекарств, ставя под угрозу современные антибиотики и угрожая многочисленным неизбежным медицинским процедурам, которые считаются само собой разумеющимися. Борьба с этой всемирной угрозой потребует изобретения и применения все более широкой диагностики инфекционных заболеваний.

**Ключевые слова:** электрохимический, инфекционные болезни, интернет медицинских вещей, тесты по месту оказания помощи, методы амплификации нуклеиновых кислот, нуклеиновые кислоты, однонуклеотидные полиморфизмы, бумажных сенсорных инструментов, микрожидкостного тестирования на месте, COVID-19.

## **Введение**

Лабораторная диагностика инфекционных заболеваний в настоящее время преимущественно основана на подходах, основанных на клеточных культурах, которые дают результаты в течение нескольких дней, что затрудняет принятие решения о своевременном выборе эффективных терапевтических противомикробных препаратов [1-5]. Методы амплификации нуклеиновых кислот (МАНК) дают быстрые результаты, поскольку они обнаруживают микробный нуклеиновых кислот (НК) непосредственно в образцах пациентов, что часто занимает менее часа или двух.

Вопреки этому, существующие технологии МАНК имеют два основных недостатка, которые препятствуют их принятию, особенно с точки зрения обнаружения всего спектра мутантных вариантов микробов, которые являются лекарственно-устойчивыми, называемыми мультирезистентными (МР) микробами [1, 3]. Прежде всего, это их ограниченный уровень мультиплексирования, который определяется как общее количество последовательностей (или штаммов), которые могут быть идентифицированы в одной реакции [7]. Вторая проблема заключается в их неспособности обнаруживать однонуклеотидные полиморфизмы (ОНП) или другие изменения/мутации из-за их низкого разрешения и точности. Тем не менее, можно исследовать локальные изменения последовательности (обычно 3-6 нуклеотидов) с использованием аллель-специфических праймеров или зондов, меченных флуорофором, однако точное изменение основания и точная координата не могут быть получены с высокой степенью достоверности [8]. Ограничения этих методов можно легко преодолеть с помощью передовых биосенсоров, которые включают электрохимические и микрожидкостные платформы, которые обеспечивают экономически эффективное, сверхвысокочувствительное и селективное обнаружение целевого аналита в течение ограниченного периода времени. Детали электрохимического и микрожидкостного тестирования на месте (МЖТМ) для диагностики инфекционных заболеваний будут обсуждаться в следующем разделе.

## **Методы исследования**

Для обнаружения биомолекул с помощью биосенсоров требуется элемент химического распознавания, который улавливает целевой аналит, а химическая энергия биологических взаимодействий/химических реакций затем преобразуется в электрическую энергию с помощью физико-химического преобразователя. Далее этот сигнал необходимо отправить на детектор для обработки и анализа сигнала. В случае электрохимического биосенсора используется электрохимический преобразователь на химически модифицированном электроде, который соединяется с биологическим аналитом для селективного обнаружения целевого аналита [9,10]. Среди многочисленных достоинств электрохимических биосенсоров можно выделить способность высокой чувствительности, низкую предел обнаружения, портативность, высокая стабильность, простота в эксплуатации и высокая пропускная способность диагностики, которые в последнее время наиболее востребованы для РОСТ. К микробным заболеваниям относятся вирусы, бактерии, паразиты или грибки, которые представляют огромный интерес из-за их высокой смертности и серьезности.

РОСТ является фундаментальным требованием для ранней диагностики заболеваний, связанных с контактной и бесконтактной передачей. Скрининг и диагностика пациентов

должны быть локализованными и персонализированными, что позволит улучшить и ускорить перспективы лечения. На рисунке 1 показана связь между платформами РОС на основе электрохимии и методами мониторинга, которые помогают сообщать статистику заболеваний на протяжении всей ситуации со вспышкой.

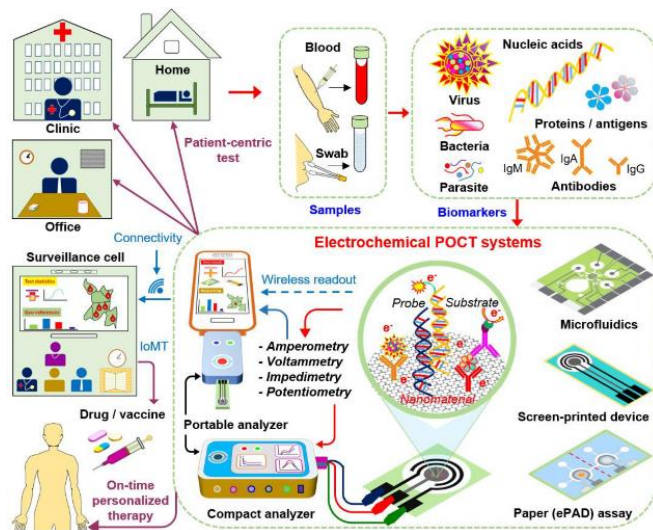


Рисунок 1 – Наглядная иллюстрация интегрированных устройств электрохимического тестирования РОС IoMT. Авторские права из ссылки [11].

К преимуществам РОСТ на основе Интернета медицинских вещей (ИМТ) относятся дешевые, простые и удобные устройства, не требующие квалифицированного персонала, которые можно проводить в клиниках, домах, на рабочих местах и т.д. Тем не менее, тесты РОС на основе ИМТ позволяют выполнять скрининг по требованию и высокопроизводительное тестирование в глобальном масштабе снижают нагрузку на централизованные учреждения и обеспечивают простой мониторинг и быструю диагностику [11].

Несколько патогенных заболеваний в первую очередь ответственны за воспаление, приводя к появлению различных биомаркеров воспаления. Такие биомаркеры характеризуются и эффективно диагностируются с помощью устройств РОС, интегрированных в ИМТ, для эффективного, быстрого и точного крупномасштабного мониторинга заболеваний. В этом разделе систематически обсуждаются устройства РОС на основе электрохимии для обнаружения таких микробных заболеваний. Рисунок 2 (а) иллюстрирует диагностику и мониторинг воспалительных заболеваний на основе РОС для современного управления здравоохранением [12].

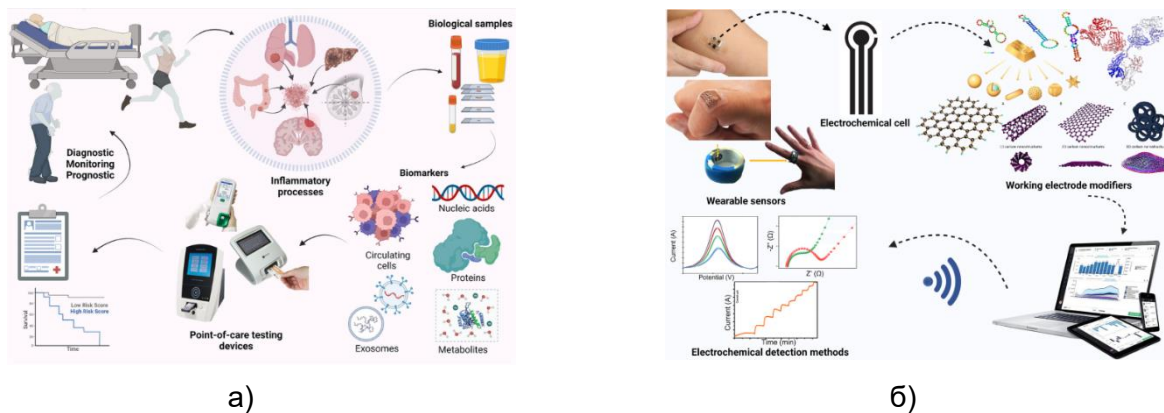


Рисунок 2 – (а) Мониторинг, лечение и управление РОС на основе IoMT для заболеваний, связанных с воспалением, (б) графическое представление методологии работы электрохимических платформ в настройках РОС. Авторское право из ссылки [12].

## Результаты исследований

Электрохимические биосенсоры достаточно универсальны и могут использоваться для точной, ранней, быстрой и экономичной диагностики бактериальных заболеваний, [13] тропических болезней, [14] инфекционных вирусных заболеваний, [15] и обнаружения патогенов, [16] обнаружения респираторных вирусов [17], и т.д. Учитывая характеристики электрохимических биосенсоров, разработка устройств РОС на основе ИМТ резко повысит текущую потребность в глобальном, крупномасштабном, дешевом, быстром и чувствительном обнаружении биомаркеров заболеваний. На рисунке 2 (б) показаны особые свойства электрохимических биосенсоров с точки зрения модификации их субстрата, использования наноматериалов, высокой чувствительности, улучшений для увеличения срока годности, уменьшения биологического обрастания, способности мультиплексного обнаружения, оцифровки и простоты интеграции с другими методами. Использование платформ на основе ИМТ имеет большое значение для решения текущих проблем с растущими требованиями. Электрохимические биосенсоры лишены преимуществ миниатюризации, портативности, селективности и возможностей РОСТ, которые способствуют их использованию в клинических условиях даже в глобальном масштабе [12].

Обнаружение аналита с помощью встроенного электрохимического биосенсора IoT на основе графена показано на рисунке 3 [18].

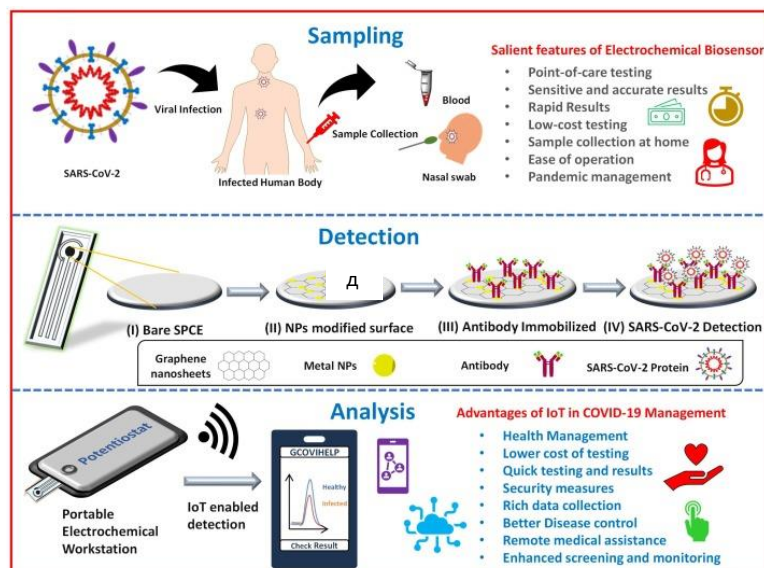


Рисунок 3-Графическая интерпретация отбора проб, обнаружения и анализа интегрированного электрохимического биосенсора IoT на основе графена. Авторские права из ссылки [18].

## Обсуждение научных результатов

Благодаря высокой специфичности, простоте массового производства, экономичности и возможности применения на месте, а также способности давать быстрые результаты устройства РОС на основе биосенсоров стали важными диагностическими подходами для диагностики заболеваний и мониторинга терапевтического ответа. Традиционные подходы являются дорогостоящими, трудоемкими и трудоемкими. Биосенсоры постепенно заменяют традиционные методы обнаружения аналитов. Для обнаружения аллергенов, токсинов, гормонов, микробов, пестицидов и других соответствующих химических веществ они обеспечивают более быструю, точную и более гибкую методику. Рынок носимых датчиков, вероятно, сильно изменится в ближайшие годы. Прогнозируется, что популярность биосенсоров будет расти по мере роста популярности носимых медицинских устройств как на медицинском, так и на потребительском рынках. В целом, сенсорные устройства, такие как системы бокового потока, бумажные тест-полоски и электрохимические биосенсоры, можно использовать для простого скрининга или выборочного количественного определения материалов в сочетании с компьютерными инструментами для сбора и анализа данных.

Портативные считыватели и инструменты, интегрированные с информационными технологиями, такие как смартфоны со встроенными датчиками или портативные



потенциостатические устройства с возможностью передачи сигнала, предлагают преимущество полного количественного измерения [19]. Например, связь ближнего поля для считывания сигналов является важным достижением в области бумажных сенсорных инструментов (БСИ). Эти инструменты позволяют передавать данные посредством взаимодействия и интеграции с IoT. Это обеспечивает более строгую связь, связанную с медицинской информацией в сценариях пандемии, что важно для мониторинга, контроля и прекращения передачи инфекции. Более того, интеграция инструментов ИИ с диагностическими системами позволила более оперативно управлять эпидемиологическими данными из соответствующей области во время пандемии COVID-19 [20,21]. Нынешний сценарий биозондирования кажется многообещающим.

Каждый месяц выпускаются новые сенсорные платформы с повышенной аналитической производительностью. Несмотря на такую высокую производительность, разработка биоаналитических гаджетов по-прежнему в значительной степени зависит от проб и ошибок на протяжении всего процесса производства и оптимизации. Несмотря на то, что до сих пор этот метод был успешным, важно подчеркнуть, что изменения часто незначительны и лишь в редких случаях успешно реализуются на рынке. В связи с этим мы считаем, что разработчикам может быть полезен более компьютеризированный подход, который позволил бы их гаджетам работать более эффективно и с аналитической точки зрения [22-25]. На рынок. Кроме того, использование моделей ИИ во время анализа данных может стать полезным инструментом для улучшения специфичности и чувствительности датчика без необходимости изменения биологических или аппаратных компонентов [22]. Помимо технологических препятствий и отсутствия единой модели диагностики заболеваний, необходимо учитывать определенные социально-экономические факторы, чтобы организовать широкомасштабную кампанию по использованию диагностических устройств.

Кроме того, даже высокочувствительный анализ, способный выявлять многие биомаркеры инфекционных агентов, сам по себе может не дать однозначно положительного или отрицательного результата из-за различий в профиле специфических биомаркеров пациента, которые могут быть связаны со многими другими факторами. медицинские расстройства. Вследствие этого квалифицированный микробиолог должен постоянно осматривать результаты анализов и другие симптомы больного. В контексте массового диагностического тестирования это влечет за собой обучение и развертывание большого числа медицинских работников, а также определенные изменения существующих инфраструктур для хранения и утилизации образцов. Еще одна трудность заключается в уравнивании последствий такого диагноза на жизнь пациента. Например, пациенту, у которого диагностирован определенный недуг, может потребоваться психологическая помощь, которая должна быть оказана сразу после получения результатов анализов. Это требует дополнительных профессиональных консультаций для наблюдения за пациентами в течение всей процедуры скрининга [26]. Помимо психологического напряжения обследования, пациент должен быть уверен, что его результаты не будут доступны третьим лицам. Действительно, нарушение безопасности данных может привести к значительному увеличению расходов на здравоохранение и страхование жизни, а также к дискриминации на работе. В результате становится очевидным, что для успешного осуществления крупномасштабной программы выявления заболеваний требуется прочная социально-экономическая основа, которая может быть достигнута за счет использования аддитивного производства [27,28].

Химики и биологи-химики могут внести значительный вклад в разработку биосенсорных устройств против инфекционных агентов, включая бактерии, вирусы, грибки и паразиты. Нам еще многое предстоит узнать о микробной популяции, их генетике, биохимических путях и способах взаимодействия с рецепторами биологических клеток. Исследователи могут использовать химические знания, чтобы связать микробную активность с генами и ферментами. На уровне сигнального пути производятся и используются низкомолекулярные зонды для изучения взаимодействия микробиоты и иммунной системы. Исследователи могут использовать химические знания, чтобы связать микробную активность с генами и ферментами и, следовательно, использовать их для обнаружения конкретных микробных компонентов, которые влияют на инфекции или иммунную систему хозяина.

Чтобы в полной мере осознать потенциал методов биозондирования для лечения и профилактики инфекционных заболеваний, мы должны преодолеть серьезные препятствия,

связанные с изменением состава и функций этих сложных сообществ. Химики могут помочь в разработке стратегий биосенсора следующего поколения с помощью новой конструкции материалов, которые обладают улучшенной химической функциональностью, высокой электропроводностью, увеличенной площадью поверхности и другими настраиваемыми физико-химическими свойствами. В дополнение к их полезности в качестве инструментов, такие химические вещества могут иметь терапевтические перспективы. В целом, наше более глубокое понимание процессов, лежащих в основе взаимодействия хозяина и патогена, наряду с новыми технологиями изготовления мультиплексных, миниатюрных, высокопроизводительных инструментов биосенсора, обещает обеспечить инновационные стратегии борьбы с инфекционными заболеваниями, которые являются серьезной проблемой здравоохранения во всем мире.

### **Заключение**

Интеграцию электрохимических устройств с микрофлюидной платформой в сочетании с платформой ИМТ для анализа больших данных и облачных вычислений можно считать революцией в области биозондирования. Мультиплексные и сверхчувствительные миниатюрные устройства могут обеспечить необходимую клиническую чувствительность и специфичность для диагностики инфекционных заболеваний. При правильном этическом управлении и уходе это может снизить финансовую нагрузку на системы здравоохранения, а также улучшить результаты микробной инфекции. В совокупности прогресс в области биозондирования может стать благом для общества и может быть полезен в борьбе с нынешними и будущими эпидемиями и пандемиями с точки зрения лучшей готовности.

### **Список литературы**

1. Садик М.А., Ядав С., Ранджан П. и соавт. Высокоэффективные противовирусные наносистемы в качестве щита для подавления вирусных инфекций: SARS-CoV-2 в качестве модельного примера. *J Mater Chem B*. – 2021; 9(23): 4620-4642.
2. Парихар А., Сингхал А., Кумар Н., Хан Р., Хан М., Шривастава А.К. Интеллектуальные электрохимические аптасенсоры следующего поколения на основе МХе<sub>9</sub> для диагностики рака по месту оказания медицинской помощи. *Нано-Микро Летт.* – 2022. – 14(1): 1-34.
3. Сингхал А., Садик М.А., Кумар Н. и др. Многофункциональные углеродные наноматериалы украшают гибридные полимеры с молекулярными отпечатками для эффективного электрохимического обнаружения антибиотиков. *J Environ Chem Eng.* – 2022. – 10:107703.
4. Сингхал А., Парихар А., Кумар Н., Хан Р. Высокопроизводительные электрохимические наносенсоры на основе молекулярно-импринтированных полимеров для диагностики COVID-19 в местах оказания медицинской помощи. *Матер Летт.* 2022 г.; 306:130898.
5. Сингхал А., Ядав С., Садик М.А. и соавт. Молекулярно импринтированный полимер, модифицированный МХе<sub>9</sub>, как платформа искусственного биораспознавания для эффективного электрохимического зондирования: прогресс и перспективы. *Phys Chem Chem Phys.* – 2022. – 24: 19164-19176.
6. Парихар А., Ранджан П., Санги С.К., Сривастава А.К., Хан Р. Биосенсорная диагностика COVID-19 в месте оказания медицинской помощи обещает бороться с текущими и будущими пандемиями. *ACS Appl Biol Mater.* – 2020. – 3(11): 7326-7343.
7. Хоссейн М.Г., Уеда К. Исследование нового ускользающего мутанта поверхностного антигена вируса гепатита В (HBsAg), влияющего на иммуногенность. *ПЛОС Один.* – 2017. – 12(1):e0167871.
8. Рахман М.М., Лим С., Парк Ю.С. Разработка маркера триплексной ПЦР на основе однонуклеотидного полиморфизма (SNP) для обнаружения серотип-специфичной кишечной палочки. *Возбудители.* – 2022. – 11(2): 115.
9. Тевено Д.Р., Тот К., Дерст Р.А., Уилсон Г.С. Электрохимические биосенсоры: рекомендуемые определения и классификация. *Биосенс Биоэлектрон.* – 2001. – 16(1): 121-131.



10. Ранджан П., Ядав С., Садик М.А., Хан Р., Чаурасия Дж.П., Шривастава А.К. Функциональные ионные жидкости декорировали углеродные гибридные наноматериалы для электрохимических биосенсоров. Биосенсоры. – 2021. – 11(11): 414.
11. Бисвас Г.К., Чоудхури С., Раббани М.М., Дас Дж. Обзор потенциальных электрохимических тестов по месту оказания медицинской помощи, направленных на выявление пандемических инфекционных заболеваний: COVID-19 в качестве эталона. Хемосенсоры. – 2022. – 10(7): 269.
12. Macovei D-G, Irimes MB, Hosu O, Cristea C, Tertis M. Электрохимическое тестирование биомаркеров в местах оказания медицинской помощи, связанных с воспалительными и связанными с воспалением заболеваниями. Анальный биоанальный хим. – 2022. – 1- 31.
13. Карбелькар А.А., Фурст А.Л. Электрохимическая диагностика бактериальных инфекционных заболеваний. ACS Infect Dis. – 2020. – 6(7): 1567-1571.
14. Кордейро ТАР, де Резенде МАК, Мораес СКС, Франко Д.Л., Перейра А.С., Феррейра Л.Ф. Электрохимические биосенсоры для забытых тропических болезней: обзор. Таланта. – 2021. – 234:122617.
15. Гоуд К.Ю., Редди К.К., Хоршед А. и др. Электрохимическая диагностика инфекционных вирусных заболеваний: тенденции и проблемы. Биосенс Биоэлектрон. – 2021. – 180:113112.
16. Чесевски Э., Джонсон Б.Н. Электрохимические биосенсоры для обнаружения патогенов. Биосенс Биоэлектрон. – 2020. – 159:112214.
17. Чжао З., Хуан С., Хуан З. и др. Достижения в области электрохимического биозондирования для обнаружения респираторных вирусов: обзор. Trends Analyt Chem. 2021; 139:116253. Абубакар Садик М., Ядав С., Ранджан П., Акрам Хан М., Кумар А., Хан Р. Быстрое обнаружение SARS-CoV-2 с использованием усовершенствованного электрохимического биосенсора, интегрированного в Интернет вещей на основе графена. Матер Летт. – 2021. – 305:130824.
18. Абубакар Садик М., Ядав С., Ранджан П., Акрам Хан М., Кумар А., Хан Р. Быстрое обнаружение SARS-CoV-2 с использованием интегрированного усовершенствованного электрохимического биосенсора Интернета вещей на основе графена. Матер Летт. 2021;305:130824. [https://translated.turbopages.org/proxy\\_u/en-ru.ru.4467efbd-651e7e5c-d3258177-74722d776562/https/pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36540867/](https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.4467efbd-651e7e5c-d3258177-74722d776562/https/pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36540867/).
19. Тингам П., Сиангпрох В., Тонтисирин С. и др. Портативный амперометрический иммуносенсор на базе смартфона с поддержкой NFC для обнаружения вируса гепатита В. Приводы Sens В. – 2021. – 326:128825.
20. Каушик А.К., Дхау Дж.С., Гохел Х. и др. Электрохимическое обнаружение SARS-CoV-2 в местах оказания медицинской помощи и искусственный интеллект для интеллектуального управления COVID-19. Приложение ACS Bio Mater. – 2020. – 3(11): 7306-7325.
21. Pham QV, Nguyen DC, Huynh-The T, Hwang WJ, Pathirana PN. Искусственный интеллект (ИИ) и большие данные для пандемии коронавируса (COVID-19): обзор современного состояния. IEEE-доступ. – 2020. – 8:130820.
22. Бреретон Р.Г., Янсен Дж., Лопес Дж. и соавт. Хемометрика в аналитической химии: часть I - история, дизайн эксперимента и инструменты анализа данных. Анальный биоанальный хим. – 2017; 409(25): 5891-5899.
23. Джалали-Херави М., Аррастия М., Гомес Ф.А. Как хемометрия может улучшить микрофлюидику. Anal Chem. 7 апреля 2015; 87 (7): 3544-55. doi: 10.1021 /ac504863u. Epub 2015, 17 февраля.
24. Мартышко Е., Кирсанов Д. Применение хемометрики в биосенсинге: краткий обзор. Биосенсоры. 2020; 10(8): 100.
25. Зингер С. Психосоциальные последствия рака. Психоонкология. Спрингер; 2018: 1-11.
26. Парихар А., Пандита В., Кумар А. и др. 3D-печать: прогресс в биогенеративной инженерии для борьбы с нехваткой органов и биоприменяемых материалов. Regen Eng Transl Med. 2021; 8:1- 27.

27. Парихар А., Пандита В., Хан Р. Органоиды человека, напечатанные на 3D-принтере: высокопроизводительная система для скрининга и тестирования лекарств в условиях текущей пандемии COVID-19. Биотехнология Биоинж. 2022 г.; 119(10): 2669-2688.

### References

1. Sadique MA, Yadav S, Ranjan P, et al. High-performance antiviral nano-systems as a shield to inhibit viral infections: SARS-CoV-2 as a model case study. *J Mater Chem B*. 2021; 9(23): 4620-4642. (In Russian).
2. Parihar A, Singhal A, Kumar N, Khan R, Khan M, Srivastava AK. Next-generation intelligent MXene-based electrochemical aptasensors for point-of-care cancer diagnostics. *Nano-Micro Lett*. 2022; 14(1): 1- 34. (In Russian).
3. Singhal A, Sadique MA, Kumar N, et al. Multifunctional carbon nanomaterials decorated molecularly imprinted hybrid polymers for efficient electrochemical antibiotics sensing. *J Environ Chem Eng*. 2022; 10:107703. (In Russian).
4. Singhal A, Parihar A, Kumar N, Khan R. High throughput molecularly imprinted polymers based electrochemical nanosensors for point-of-care diagnostics of COVID-19. *Mater Lett*. 2022; 306:130898. (In Russian).
5. Singhal A, Yadav S, Sadique MA, et al. MXene-modified molecularly imprinted polymer as an artificial bio-recognition platform for efficient electrochemical sensing: progress and perspectives. *Phys Chem Chem Phys*. 2022; 24: 19164-19176. (In Russian).
6. Parihar A, Ranjan P, Sanghi SK, Srivastava AK, Khan R. Point-of-care biosensor-based diagnosis of COVID-19 holds promise to combat current and future pandemics. *ACS Appl Biol Mater*. 2020; 3(11): 7326- 7343. (In Russian).
7. Hossain MG, Ueda K. Investigation of a novel hepatitis B virus surface antigen (HBsAg) escape mutant affecting immunogenicity. *PLoS One*. 2017; 12(1):e0167871. (In Russian).
8. Rahman M-M, Lim S, Park Y-C. Development of single nucleotide polymorphism (SNP)-based triplex PCR marker for serotype-specific Escherichia coli detection. *Pathogens*. 2022; 11(2): 115. (In Russian).
9. Thévenot D.R., Toth K., Durst R.A., Wilson G.S. Electrochemical biosensors: recommended definitions and classification. *Biosens Bioelectron*. 2001; 16(1): 121- 131. (In Russian).
10. Ranjan P., Yadav S., Sadique M.A., Khan R., Chaurasia J.P., Srivastava A.K. Functional ionic liquids decorated carbon hybrid nanomaterials for the electrochemical biosensors. *Biosensors*. 2021; 11(11): 414. (In Russian).
11. Biswas G.C., Choudhury S., Rabbani M.M., Das J. A review on potential electrochemical point-of-care tests targeting pandemic infectious disease detection: COVID-19 as a reference. *Chemosensors*. 2022; 10(7): 269. (In Russian).
12. Macovei D-G, Irimes M-B, Hosu O, Cristea C, Tertis M. Point-of-care electrochemical testing of biomarkers involved in inflammatory and inflammatory-associated medical conditions. *Anal Bioanal Chem*. 2022; 1-31. (In Russian).
13. Karbelkar A.A., Furst A.L. Electrochemical diagnostics for bacterial infectious diseases. *ACS Infect Dis*. 2020; 6(7): 1567-1571. (In Russian).
14. Cordeiro TAR, de Resende MAC, Moraes SCS, Franco D.L., Pereira A.C., Ferreira L.F. Electrochemical biosensors for neglected tropical diseases: a review. *Talanta*. 2021; 234:122617.
15. Goud K.Y., Reddy K.K., Khorshed A., et al. Electrochemical diagnostics of infectious viral diseases: trends and challenges. *Biosens Bioelectron*. 2021; 180:113112. (In Russian).
16. Cesewski E., Johnson B.N. Electrochemical biosensors for pathogen detection. *Biosens Bioelectron*. 2020; 159:112214. (In Russian).
17. Zhao Z., Huang C., Huang Z., et al. Advancements in electrochemical biosensing for respiratory virus detection: a review. *Trends Analyt Chem*. 2021; 139:116253. Abubakar Sadique M., Yadav S., Ranjan P., Akram Khan M., Kumar A., Khan R. Rapid detection of SARS-CoV-2 using graphene-based IoT integrated advanced electrochemical biosensor. *Mater Lett*. 2021; 305:130824. (In Russian).

18. Abubakar Sadique M., Yadav S., Ranjan P., Akram Khan M., Kumar A., Khan R. Rapid detection of SARS-CoV-2 using graphene-based IoT integrated advanced electrochemical biosensor. *Mater Lett.* 2021;305:130824. (In Russian).
19. Teengam P., Siangproh W., Tontisirin S., et al. NFC-enabling smartphone-based portable amperometric immunosensor for hepatitis B virus detection. *Sens Actuators B.* 2021; 326:128825.
20. Kaushik A.K., Dhau J.S., Gohel H., et al. Electrochemical SARS-CoV-2 sensing at point-of-care and artificial intelligence for intelligent COVID-19 management. *ACS Appl Bio Mater.* 2020; 3(11): 7306- 7325. (In Russian).
21. Pham Q-V., Nguyen D.C., Huynh-The T., Hwang W-J., Pathirana P.N. Artificial intelligence (AI) and big data for coronavirus (COVID-19) pandemic: a survey on the state-of-the-arts. *IEEE Access.* 2020; 8:130820. (In Russian).
22. Tortorella S., Cinti S. How can Chemometrics Support the Development of Point of Need Devices? ACS Publications; 2021. (In Russian).
23. Brereton R.G., Jansen J., Lopes J., et al. Chemometrics in analytical chemistry: part I-history, experimental design and data analysis tools. *Anal Bioanal Chem.* 2017; 409(25): 5891-5899. (In Russian).
24. Martynko E., Kirsanov D. Application of chemometrics in biosensing: a brief review. *Biosensors.* 2020; 10(8): 100. (In Russian).
25. Singer S. Psychosocial impact of cancer. *Psycho-Oncology.* Springer; 2018: 1- 11. (In Russian).
26. Parihar A., Pandita V., Kumar A., et al. 3D printing: advancement in biogenerative engineering to combat shortage of organs and bioapplicable materials. *Regen Eng Transl Med.* 2021; 8: 1- 27. (In Russian).
27. Parihar A., Pandita V., Khan R. 3D printed human organoids: high throughput system for drug screening and testing in current COVID-19 pandemic. *Biotechnol Bioeng.* 2022; 119(10): 2669-2688. (In Russian).

### **З.Н. Теміржанова**

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,  
071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к-сі, 20 А  
e-mail: zukhra\_94g@mail.ru

## **МИКРОБТЫҚ ЗЕРТТЕУ САЛАСЫНДАҒЫ БИОСЕНСОРДЫҢ СОҒҒЫ ЖЕТИСТІКТЕРІ**

Бұл мақалада біз микробтық патогендерді, соның ішінде бактерияларды, вирустарды, саңырауқұлақтарды және паразиттерді анықтауға арналған көмек көрсету нүктесін тексеру (POST) құрылғыларының әзірленуі мен өндірісін талқыладық. Микрофлюидтік негіздегі тәсілдер мен смартфон мен заттар интернеті (IoM) және медициналық заттардың интернетінің (IoMT) біріктірілген жүйелері негізіндегі тәсілдерден тұратын біріктірілген электрохимиялық платформалар тұрғысынан электрохимиялық әдістер мен саладағы ағымдағы жетістіктер қамтылды. Сонымен қатар, микробтық қоздырғыштарды анықтауға арналған коммерциялық биосенсорлардың болуы туралы хабарланатын болады. Соңында биосенсорларды күту нүктесінде (POC) жасаудағы қиындықтар және биосенсорлық технологиядағы күтілетін болашақ жетістіктер талқыланды. IoM/IoMT бар интеграцияланған биосенсорға негізделген платформалар әдетте қоғамда жұқпалы аурулардың таралуын бақылау үшін деректерді жинайды, бұл ағымдағы және болашақтағы пандемияға жақсырақ дайындық тұрғысынан пайдалы және әлеуметтік және экономикалық шығындардың алдын алады деп күтілуде.

Соңғы онжылдықта биосенсорлар ғылымы ауруларды диагностикалауда орасан зор прогреске қол жеткізді. Дәрі-дәрмекке төзімді бактериялар дәрі-дәрмек табу күш-жігерінен асып түседі, заманауи антибиотиктерге қауіп төндіреді және әдеттегідей қабылданатын көптеген еріксіз медициналық процедураларға қауіп төндіреді. Бұл дүниежүзілік қауіппен күресу жұқпалы аурулардың кеңірек диагностикасын ойлап табуды және қолдануды талап етеді.

**Түйін сөздер:** электрохимиялық, жұқпалы ауру, медициналық заттардың интернеті, жергілікті медициналық көмек көрсету сынақтары, нуклеин қышқылын күшейту әдістері, нуклеин қышқылдары, бір нуклеотидтік полиморфизмдер, қағаз негізіндегі сенсорлық құралдар, микрофлюидтік тестілеу, COVID-19.

**Z.N. Temirzhanova**

Shakarim University of Semey,  
071412, Republic of Kazakhstan, Semey, st. Glinka, 20 A  
e-mail: zukhra\_94g@mail.ru

## RECENT ADVANCES OF THE BIOSENSOR IN MICROBIAL SENSING

*In this review, we discussed the design and manufacture of point-of-care test (POCT) devices for the detection of microbial pathogens, including bacteria, viruses, fungi, and parasites. Electrochemical methods and current advances in the field were highlighted in terms of integrated electrochemical platforms, which include mainly microfluidic based approaches and integrated smartphone and Internet of things (IoT) and internet of medical things (IoMT) systems. In addition, the availability of commercial biosensors for the detection of microbial pathogens will be reported. At the end, challenges in point-of-care (POC) biosensor fabrication and expected future advances in biosensor technology were discussed. Integrated biosensor-based platforms with IoT/IoMT typically collect data to track the spread of infectious diseases in the community, which would be useful in terms of better preparedness for current and future pandemics and is expected to prevent social and economic losses.*

*In the last decade, the science of biosensors has made tremendous progress in diagnosing diseases. Drug-resistant bacteria are outperforming drug discovery efforts, jeopardizing modern antibiotics and threatening many inevitable medical procedures that are taken for granted. Combating this worldwide threat will require the invention and application of ever-wider diagnostics of infectious diseases.*

**Key words:** *electrochemical, infectious disease, internet of medical things, point-of-care tests, nucleic acid amplification methods, nucleic acids, single nucleotide polymorphisms, paper-based sensory instruments, microfluidic testing in situ, COVID-19.*

### Сведения об авторах

**З.Н. Темиржанова** – магистр технических наук, специалист центра коммерциализации и инновации; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; zukhra\_94g@mail.ru.

### Авторлар туралы мәліметтер

**З.Н. Темиржанова** – техника ғылымдарының магистрі, коммерцияландыру және инновациялар орталығының маманы; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; zukhra\_94g@mail.ru.

### Information about the authors

**Z.N. Temirzhanova** – Master of Technical Sciences, Specialist of the Center for Commercialization and Innovation; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; zukhra\_94g@mail.ru.

*Материал поступил в редакцию 29.05.2023 г.*

**Zh.T. Turikpenova\*, G.A. Abitova**

Astana IT University

010000, Republic of Kazakhstan, Astana, Mangilik El Avenue, 55/11

e-mail: 222136@astanait.edu.kz

**CHALLENGES AND PROSPECTS IN BIG DATA ANALYTICS: A COMPREHENSIVE REVIEW OF DEVELOPMENTS, HURDLES, AND FUTURE RESEARCH DIRECTIONS**

**Abstract:** *Big data and business analytics are trends that are positively affecting the business world. This comprehensive review article explores the shifting paradigms and dynamic trends within Big Data Technology (BDT), predominantly for last 5 years, based on an extensive literature review and comparative analysis methodology. It elucidates the transformative influence of big data analytics (BDA) in various sectors, emphasizing the rapid ascendance of cloud computing, Artificial Intelligence (AI) integration, and development of sophisticated analytics tools. The review leverages a wealth of academic literature and market research to underscore the predicted expansion of the big data market. This projected growth indicates the widespread adoption of BDT across industries, with healthcare becoming a significant consumer, motivated by the demand for personalized medicine and improved patient care. The review then navigates emerging trends such as open data usage and ethical concerns surrounding big data, indicating the increasing necessity for stringent guidelines for data use and robust individual data control mechanisms. This is derived from a methodical analysis of recent scholarly articles and industry reports. The article also scrutinizes the evolving definition of "big data" through comparative study of the 3V model and the expanded 7V model in various literature sources, reflecting the evolving nature of data and the unique challenges introduced by modern big data analytics. The review also outlines the challenges for successful implementation of big data projects and highlights the current open research directions of big data analytics. The reviewed areas of big data suggest that good management and manipulation of the large data sets using the techniques and tools of big data can deliver actionable insights that create business values.*

**Key words:** *Big Data, Artificial Intelligence, Data analytics tools, traditional RDBMS.*

**Introduction**

Data warehouse technology was introduced in the late 1980s by RDBMS companies to archive large amounts of data out of production databases. It is challenging to move data over the network and takes a long time to yield results. Big data has gained attention in government, industries, sciences, engineering, healthcare and medicine, finance and businesses, making it difficult to process. Organizations must design appropriate techniques to handle and process this large volume of data to ensure effective and efficient decision-making.

Big data and business analytics techniques have recently been created and put into use to examine a sizable amount of data produced by business enterprises. Real-time data analysis enables businesses to observe the past and predict the future. These four types of analytics (descriptive, predictive, diagnostic, prescriptive) offer significant commercial advantages but are progressively more challenging to utilize and deploy. BDA can enhance corporate organizational outcomes and sectors, including better healthcare service, higher educational standards, increased national security, and effective governance. It has the ability to aid decision-makers in gaining information into enabling laws that will ensure a secure environment for investors, assist waste managers in determining the kind of waste that is more frequently produced from a certain locality, and offer insight for the sharing of garbage collecting equipment.

This study aims to conduct a thorough investigation into big data and business. Analytics techniques for better business decision-making, technology frameworks, applications, and unresolved research issues. Additionally, the study aims to highlight the enormous benefits that big data has provided for businesses in industrialized nations and how indigenous business groups might mimic these benefits. With an emphasis on data security, management, characteristics, regulation, and compliances, the study also covers numerous problems that BDA must overcome.

## The advancements and trends in BDT

The advancements and trends in BDT have significantly redefined the ways businesses and organizations operate, particularly in the years 2020-2023. In an era where data has become the lifeblood of industries, these latest trends not only reflect the evolution of BDT but also underscore the essential role it plays in shaping various sectors.

Firstly, the exponential rise of cloud computing platforms has transformed BDT. Companies are increasingly leveraging the cloud's scalability and cost-effectiveness to store, process, and analyze vast volumes of data [1]. This transition to cloud-based big data solutions has democratized access to BDT, enabling even small-scale enterprises without the resources for private data centers to harness the power of big data.

Another notable development is the intersection of BDT with artificial intelligence (AI). This synergy has automated a significant proportion of the data processing pipeline, including tasks such as data cleaning, analysis, and visualization [2]. AI integration not only amplifies the efficiency of data analysis but also permits human resources to devote their attention to strategic tasks, thereby optimizing the workflow.

BDT landscape has also seen an influx of new data analytics tools and techniques designed to extract meaningful insights from colossal data sets. Traditional methods, given their limitations in processing and interpreting such volumes of data, have given way to sophisticated algorithms capable of discerning complex patterns and trends [3].

According to Research and Market reports, the global market for big data is projected to grow significantly from USD 157.9 billion in 2020 to USD 268.4 billion by 2026, with a compound annual growth rate (CAGR) of approximately 12% during the forecast period. This growth is primarily attributed to the widespread adoption of BDA across various sectors, including healthcare, manufacturing, retail, and IT & telecom. The volume of big data is expected to reach a staggering 35 zettabytes by 2025. Among different industries, healthcare emerges as the largest consumer of big data, driven by the rising demand for personalized medicine and the continuous pursuit of improving patient care. [4].

Another emerging trend is the growing embrace of open data – data freely available to the public. [5] Companies and governments are expected to leverage open data more extensively to derive additional value from their existing data repositories.

Lastly, the ethical implications of big data are gaining increased attention. [6] As entities amass vast amounts of individual data, ethical guidelines for data use and robust mechanisms for individuals to control their data have become imperative.

In conclusion, the evolution and trends of BDT have reshaped multiple facets of businesses and science. The integration of cloud computing, AI, new analytical tools, and sector-specific applications exemplify its transformative power. Going forward, an emphasis on real-time analytics, open data, and data ethics is likely to guide its future developments.

### Big data characteristics

The definition of "big data" has been a challenging question for researchers. To address this issue, industry analyst Doug Laney from Gartner introduced the 3V model in 2001, which outlines three essential characteristics that data must possess to be classified as "big data": volume, velocity, and variety. This model serves as a framework to determine whether data qualifies as big data. [7].

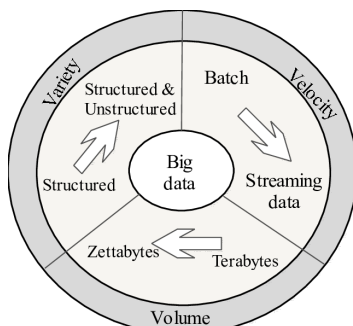


Figure 1 – Gartner's Vector Model

However, a scrutiny of current open source scientific literature reveals prevalent usage of the "7V" model, which is largely associated with big data and encompasses elucidation and attendant

challenges relating to the underlying data. Several subtypes can be distinguished among them, based upon variations identified in the literature and utilized in research. Certain authors produce diverse versions for analogous objectives [8].

Volume	•Refers to the vast amount of data generated and collected. Modern big data analytics deals with significantly larger volumes of data than traditional data analysis, thanks to advancements in data storage and processing capabilities
Velocity	•Describes the speed at which data is generated, acquired, and processed. Big data analytics in the modern era focuses on analyzing data in real-time or near-real-time, enabling organizations to make faster and more informed decisions compared to traditional batch processing
Variety	•Represents the diverse types and formats of data, including structured, unstructured, and semi-structured data. Modern big data analytics incorporates a wide range of data sources such as text, images, audio, video, social media data, and sensor data, in addition to traditional structured data
Veracity	•Refers to the quality, accuracy, and reliability of data. Modern big data analytics faces challenges in dealing with the veracity of data due to the potential presence of noise, inconsistencies, errors, and biases. Advanced techniques, such as data cleansing and data validation, are employed to address these challenges
Value	•Emphasizes the importance of extracting meaningful insights and value from big data. Modern big data analytics focuses on identifying actionable insights and deriving business value from data-driven decision-making, enabling organizations to gain a competitive edge.
Variability	•Represents the dynamic and changing nature of data over time. Modern big data analytics handles data that can vary in terms of volume, velocity, and variety, allowing organizations to adapt and respond to evolving data patterns and trends
Visualisation	•Involves the graphical representation of data to facilitate understanding and interpretation. Modern big data analytics leverages advanced visualization techniques and tools to present complex data in intuitive and interactive visual formats, enabling users to explore and analyze data effectively

Table 1 – 7V model of Big Data

These additional V's of big data highlight the evolving nature of data and the unique challenges and opportunities presented by modern BDA compared to traditional data analysis. By comparison, BDA offers advantages over traditional data systems. They are able to process more data faster and in larger volumes. However, reliability issues require ongoing attention to ensure the validity of information derived from big data. As such, enterprises seeking to leverage big data should consider the considerations outlined in the Gartner Vector Model and its enhanced version and carefully strategize their big data initiatives.

#### Prospective for BDA Methods

In order to explore, visualize, identify, and communicate patterns or trends in data, analytics makes use of statistical techniques (such as measures of central tendency, graphs, etc.), information system software (such as data mining, sorting routines), and operations research methodologies (such as linear programming). The analytics method in a big data environment demonstrates how to use the potent data analytics tool to get a competitive edge and spot new business prospects. There are 4 categories that may be used to group analytics methodologies (9):



Figure 2 – Four Types of Analytics

#### Descriptive Analytics

Descriptive analytics focuses on understanding historical data to provide insights into what has happened in the past. This approach involves summarizing and visualizing data to identify patterns, trends, and relationships. For instance, insurance companies have been successfully utilizing Descriptive Analytics and data mining to conduct more accurate policy pricing. By leveraging



the variety of big data available at multiple sources, these companies transform low-value raw data into high-value information for business decision-makers. The use of BDA can create benefits, such as cost savings, better decision making, and higher product and service quality. BDA has been widely adopted across industries for core business functions, such as accounting, marketing, supply chain, and operations [10].

#### Diagnostic Analytics

Diagnostic analytics aims to determine why certain events or outcomes occurred by analyzing historical data. It involves a more in-depth investigation to uncover the root causes behind observed patterns or trends. For example, a study assessed the impact of BDA on public health, focusing on health indicators and core priorities in the World Health Organization (WHO) General Programme of Work 2019/2023 and the European Programme of Work (EPW). The study identified the most relevant challenges and opportunities of these tools with respect to people's health, demonstrating a diagnostic approach to understanding the effects of BDA on public health [11].

#### Predictive Analytics:

Predictive analytics utilizes historical data to forecast future outcomes or trends. It employs statistical models and machine learning algorithms to make predictions based on patterns and relationships found in the data. For example, in the context of supply chain management (SCM), demand forecasting is key to addressing uncertainties. Businesses use forecasting models to understand and fulfill customer needs and expectations, analyzing consumption behavior and preferences using customer data and transaction records. With the adoption of BDA and machine learning, demand forecasting has evolved towards intelligent forecasts that learn from historical data and adjust to predict the ever-changing demand in supply chains. This improves efficiency and aligns supply chain activities with predictions [12].

#### Prescriptive Analytics

Prescriptive analytics aims to provide recommendations or actions to optimize decision-making processes. It utilizes advanced techniques, such as optimization algorithms and simulation models, to generate actionable insights. An example of Prescriptive Analytics in practice is seen in SideTrade's use of this approach to gain a deeper understanding of a client's true payment behavior. Through prescriptive analytics, SideTrade is able to score clients based on their payment track-record. This method creates transparency and accuracy, allowing SideTrade and its clients to better account for costly payment delays. It's a demonstration of how prescriptive analytics can inform strategic decisions and optimize business practices [13].

#### Challenges of Big data and Analytics

BDA continues to transform various industries, with organizations leveraging data-driven insights to gain a competitive edge. However, this potential is accompanied by significant challenges. Understanding these challenges and the measures that industry leaders are taking to address them provides crucial insights for others looking to leverage Big Data.

- **Data Quality and Veracity:** Ensuring the accuracy, consistency, and reliability of data remains a challenge. IBM, for instance, is addressing this issue by employing robust data governance practices and advanced data quality tools that help identify, report, and correct data inconsistencies and inaccuracies [14].

- **Data Privacy and Security:** With increasing privacy concerns and regulatory demands, data privacy and security have become critical issues [15]. Google addresses these concerns by employing advanced encryption techniques, anonymization of sensitive data, and rigorous access control mechanisms to ensure the security and privacy of user data.

- **Data Integration:** The heterogeneous nature of data sources complicates data integration [16]. Amazon Web Services (AWS) offers solutions like AWS Glue, a fully managed ETL service that makes it easy to move data among various data stores.

- **Data Storage and Processing:** The massive volumes of Big Data require innovative storage and processing solutions. For many years, Remote Sensing (RS) systems have been amassing substantial quantities of data, the management and analysis of which exceed the capabilities of standard software tools and desktop computing resources. To tackle the issues associated with big data analysis, Google has devised a cloud-based platform known as Google Earth Engine (GEE). This platform is specifically designed to aid in the processing of large geospatial data across vast regions and enable prolonged environmental monitoring [17].



- **Lack of Skilled Professionals:** The shortage of professionals skilled in BDA is a significant hurdle. Educating both employees and leadership about the technology and its potential applications can greatly streamline the integration of Big Data in the oil and gas sector [18].

- **Real-time Processing:** Real-time data processing is increasingly important for many businesses [19]. Businesses are using big data from various sources such as social media and search engines to create better marketing strategies for online ads. When companies have a lot of data to work with, it can be hard for them to use it quickly and make comparisons. It's essential to know that there isn't a lot of research on how these things work together. The exploration involves finding big data and using batch and real-time processing to analyze structured and unstructured datasets. These methods help with analyzing the data. Therefore, in addition to ideas for further study, this paper creates conversations between computer science concepts like Apache Storm and Hadoop and B2B marketing perspectives. It analyzes how these concepts affect modern marketing strategies.

- **Understanding and Interpreting Results:** In the field of criminology, understanding and interpreting the results of big data can present significant challenges. The complexity and volume of data can make it difficult to discern meaningful patterns, especially when dealing with disparate data sources, such as crime reports, social media data, and surveillance footage. Furthermore, ethical issues arise concerning privacy and the potential for bias in the algorithms used to analyze the data, which could lead to unfair targeting or misinterpretation of crime trends. [20]. For example, this article discusses how math is changing criminal justice with big data, algorithms, and machine learning. New tools blur regulatory boundaries, undercut safeguards, and eliminate subjective narratives. After introducing 'algorithmic justice' and related research, the article demonstrates how big data and algorithms alter crime knowledge production. It analyzes how a certain perception of crime breaks set criminal procedure regulations. Ends with socio-political context of algorithmic justice.

- **Cost:** The cost of implementing and maintaining BDA systems is substantial. According to Amazon research, building and maintaining data warehouses can cost between \$19,000 and \$25,000 every year for each terabyte. This means that to keep a big storage of information called a data warehouse, which has 40TB of information, a company needs to spend about \$880,000 every year. This is almost \$1 million. It costs about \$22,000 to look after each TB of information [21]. As an alternative to local data centers, global companies have begun to promote their platforms as a subscription service. Small companies can now use the computing resources of cloud solutions paying only for the resource used.

Addressing these challenges demands a strategic and proactive approach that encompasses both technical and managerial efforts. By learning from industry leaders, organizations can more effectively navigate the complexities of Big Data analytics.

### **Summary and future research directions**

This article discussed the recent developments, challenges, and solutions pertaining to BDA. The pervasive growth of data, enabled by technologies like the Internet of Things, social media, and cloud computing, has facilitated the rise of BDA. This technology provides the potential to derive valuable insights from massive, complex data sets, enabling informed decision-making across various sectors including healthcare, retail, and more.

However, realizing the potential of Big Data is not without challenges. These include ensuring data quality and veracity, maintaining data privacy and security, integrating heterogeneous data, handling storage and processing needs, addressing the shortage of skilled professionals, managing real-time processing, interpreting and understanding analytical results, and managing associated costs.

While significant strides were made in the domain of BDA, there remains a wealth of research opportunities. Some open research directions include:

- **Advanced Data Privacy and Security Measures:** With the growing emphasis on data privacy and stringent regulations, research on more advanced, efficient privacy-preserving and secure BDA is critical.

- **Data Quality Management:** As the volume of data continues to grow, ensuring data veracity remains a significant challenge. Developing new methodologies and techniques for efficient data quality management in Big Data is a promising research area.

- **Scalable and Real-time Big Data Processing:** As the demand for real-time insights grows, research into more efficient and scalable real-time Big Data processing methodologies is required.

- Interpretable Machine Learning and AI: As AI and machine learning continue to play a crucial role in BDA, research into making these models more interpretable and explainable is essential to increase trust and usability.

- Ethical and Regulatory Considerations: As the Big Data landscape continues to evolve, there is a need for ongoing research into the ethical implications and regulatory considerations surrounding BDA.

Continued advancements in these areas will significantly contribute to unlocking the full potential of BDA, driving further transformation across various sectors.

### References

1. Berisha, B., Mëziu, E., & Shabani, I. (2022). Big data analytics in Cloud computing: an overview. *Journal of Cloud Computing*, 11(1), 24.
2. Davenport, T.H., & Ronanki, R. (2021). *Artificial Intelligence for the real world* (2018). Harvard Business Review.
3. Mannering, F., Bhat, C.R., Shankar, V., & Abdel-Aty, M. (2020). Big data, traditional data and the tradeoffs between prediction and causality in highway-safety analysis. *Analytic methods in accident research*, 25, 100113.
4. Big Data Market. Online source: <https://www.marketdataforecast.com/market-reports/big-data-market>
5. Himanen, L., Geurts, A., Foster, A. S., & Rinke, P. (2019). Data-driven materials science: status, challenges, and perspectives. *Advanced Science*, 6(21), 1900808.
6. Chen, W., & Quan-Haase, A. (2020). Big data ethics and politics: Toward new understandings. *Social Science Computer Review*, 38(1), 3-9.
7. Berisha, B., Mëziu, E. & Shabani, I. Big data analytics in Cloud computing: an overview. *J Cloud Comp* 11, 24 (2022). <https://doi.org/10.1186/s13677-022-00301-w>
8. González García, C., & Álvarez-Fernández, E. (2022). What Is (Not) Big Data Based on Its 7Vs Challenges: A Survey. *Big Data and Cognitive Computing*, 6(4), 158. <https://doi.org/10.3390/bdcc6040158>
9. Ajah, I. A., & Nweke, H. F. (2019). Big Data and Business Analytics: Trends, Platforms, Success Factors and Applications. *Big Data and Cognitive Computing*, 3(2), 32. <https://doi.org/10.3390/bdcc3020032>
10. Lee, I., & Mangalaraj, G. (2022). Big Data Analytics in Supply Chain Management: A Systematic Literature Review and Research Directions. *Big Data and Cognitive Computing*, 6(1), 17. <https://doi.org/10.3390/bdcc6010017>
11. Borges do Nascimento I., Marcolino M., Abdulazeem H., Weerasekara I., Azzopardi-Muscat N., Gonçalves M., Novillo-Ortiz D. Impact of Big Data Analytics on People's Health: Overview of Systematic Reviews and Recommendations for Future Studies *J Med Internet Res* 2021;23(4):e27275 URL: <https://www.jmir.org/2021/4/e27275> DOI: 10.2196/27275
12. Seyedan, M., Mafakheri, F. Predictive big data analytics for supply chain demand forecasting: methods, applications, and research opportunities. *J Big Data* 7, 53 (2020). <https://doi.org/10.1186/s40537-020-00329-2>
13. What is Prescriptive Analytics? Online source: <https://www.talend.com/resources/what-is-prescriptive-analytics/>
14. Bhattarai, B.P., Paudyal, S., Luo, Y., Mohanpurkar, M., Cheung, K., Tonkoski, R., Hovsapien, R., Myers, K.S., Zhang, R., Zhao, P., Manic, M., Zhang, S. and Zhang, X. (2019), Big data analytics in smart grids: state-of-the-art, challenges, opportunities, and future directions. *IET Smart Grid*, 2: 141-154. <https://doi.org/10.1049/iet-stg.2018.0261>
15. Tawalbeh, L. A., Muheidat, F., Tawalbeh, M., & Quwaider, M. (2020). IoT Privacy and security: Challenges and solutions. *Applied Sciences*, 10(12), 4102
16. Ferraris, A., Mazzoleni, A., Devalle, A., & Couturier, J. (2019). Big data analytics capabilities and knowledge management: impact on firm performance. *Management Decision*, 57(8), 1923-1936
17. Amani, M., Ghorbanian, A., Ahmadi, S.A., Kakooei, M., Moghimi, A., Mirmazloumi, S. M., ... & Brisco, B. (2020). Google earth engine cloud computing platform for remote sensing big data applications: A comprehensive review. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 5326-5350.
18. Mohammadpoor, M., & Torabi, F. (2020). Big Data analytics in oil and gas industry: An emerging trend. *Petroleum*, 6(4), 321-328.

19. Jabbar, A., Akhtar, P., & Dani, S. (2020). Real-time big data processing for instantaneous marketing decisions: A problematization approach. *Industrial Marketing Management*, 90, 558-569.
20. Završnik, A. (2021). Algorithmic justice: Algorithms and big data in criminal justice settings. *European Journal of criminology*, 18(5), 623-642.
21. Amazon Redshift – The New AWS Data Warehouse by Jeff Barr. Online source: <https://aws.amazon.com/ru/blogs/aws/amazon-redshift-the-new-aws-data-warehouse/>

**Ж. Түрікпенова\*, Г. Абитова**

Astana IT University,  
010000, Қазақстан Республикасы, Астана қ., Мәңгілік Ел даңғылы, 55/11  
e-mail: 222136@astanait.edu.kz

### **ҮЛКЕН ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУДЫҢ ҚИЫНДЫҚТАРЫ МЕН ОНЫҢ БОЛАШАҒЫ: ДАМУ, КЕДЕРГІЛЕР ЖӘНЕ БОЛАШАҚ ЗЕРТТЕУ БАҒЫТТАРЫН ТОЛЫҚҚАНДЫ ҚАРАСТЫРУ**

*Бұл жан-жақты ақпараттық мақала әдебиеттерді кең шолу және салыстырмалы талдау әдістемесі негізінде соңғы 5 жылдағы үлкен деректер технологиясының өзгерген парадигмалары мен динамикалық тенденцияларын зерттейді. Ол әртүрлі секторлардағы үлкен деректер аналитикасының трансформациялық әсерін көрсетеді, бұлттық есептеулердің жылдам таралуын, жасанды интеллект интеграциясын және күрделі аналитикалық құралдарды әзірлеуді көрсетеді. Шолу ашық деректерді пайдалану және үлкен деректерге қатысты этикалық мәселелер сияқты жаңа тенденцияларды қарастырады, бұл деректерді пайдаланудың қатаң ережелеріне және жеке деректерді басқарудың сенімді механизмдеріне деген қажеттіліктің артып келе жатқанын көрсетеді. Бұл соңғы ғылыми мақалалар мен зерттемелерді әдістемелік талдаудан туындайды. Мақалада сонымен қатар 3V моделі мен кеңейтілген 7V моделін салыстырмалы түрде зерттеу арқылы "үлкен деректердің" дамып келе жатқан анықтамасы егжей-тегжейлі қарастырылады. Шолу сонымен қатар үлкен деректер жобаларын сәтті жүзеге асырумен байланысты мәселелерді баяндайды және үлкен деректерді талдау саласындағы зерттеулердің ағымдағы ашық бағыттарын көрсетеді. Қарастырылған үлкен деректер аймақтары үлкен деректер жиынтығын дұрыс басқару және оларды үлкен деректер әдістері мен құралдарын пайдалану арқылы манипуляциялау бизнес үшін құндылық тудыратын пайдалы ақпаратты қамтамасыз ете алатынын көрсетеді.*

**Түйін сөздер:** үлкен деректер, жасанды интеллект, деректерді талдау құралдары, дәстүрлі ДҚБЖ.

**Ж.Т. Турикпенова\*, Г.А. Абитова**

Astana IT University,  
010000, Республика Казахстан, г. Астана, проспект Мангилик Ел, 55/11  
e-mail: 222136@astanait.edu.kz

### **ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ В АНАЛИТИКЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ: КОМПЛЕКСНЫЙ ОБЗОР РАЗРАБОТОК, ПРЕПЯТСТВИЙ И БУДУЩИХ НАПРАВЛЕНИЙ ИССЛЕДОВАНИЙ**

*В этой всеобъемлющей обзорной статье исследуются меняющиеся парадигмы и динамические тенденции в технологии больших данных, преимущественно за последние 5 лет, на основе обширного обзора литературы и методологии сравнительного анализа. В нем раскрывается преобразующее влияние аналитики больших данных в различных секторах, подчеркивается быстрое распространение облачных вычислений, интеграция искусственного интеллекта и разработка сложных инструментов аналитики. В обзоре рассматриваются новые тенденции, такие как использование открытых данных и этические проблемы, связанные с большими данными, что указывает на растущую потребность в строгих правилах использования данных и надежных механизмах контроля отдельных данных. Это вытекает из методического анализа последних научных статей и отраслевых отчетов. В статье также подробно рассматривается развивающееся определение «больших данных» посредством сравнительного изучения модели 3V и расширенной модели 7V в различных литературных источниках, отражающих*

меняющийся характер данных и уникальные проблемы, связанные с современной аналитикой больших данных. В обзоре также излагаются проблемы, связанные с успешной реализацией проектов по работе с большими данными, и освещаются текущие открытые направления исследований в области аналитики больших данных. Рассмотренные области больших данных показывают, что надлежащее управление большими наборами данных и манипулирование ими с использованием методов и инструментов больших данных могут обеспечить действенную информацию, создающую ценность для бизнеса.

**Ключевые слова:** большие данные, искусственный интеллект, инструменты анализа данных, традиционные СУБД.

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

**Zh. Turikpenova\*** – Master degree, Astana IT University, Republic of Kazakhstan, Astana; email: 222136@astanait.edu.kz.

**G. Abitova** – scientific advisor, PhD, Associate Professor, DIS&CS, Astana IT University; Republic of Kazakhstan, Astana; email: gulnara.abitova@astanait.edu.kz.

#### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Ж. Түрікпенова\*** – магистрант, Astana IT University; Қазақстан Республикасы, Астана қ.; email: 222136@astanait.edu.kz.

**Г.Ә. Әбитова** – PhD, доцент; Astana IT University; Қазақстан Республикасы, Астана қ.; gulnara.abitova@astanait.edu.kz.

#### **Сведения об авторах**

**Ж. Турикпенова\*** – магистрант Astana IT University, Республика Казахстан г.Астана; email: 222136@astanait.edu.kz.

**Г.А. Абитова** – научный руководитель, PhD, доцент, Astana IT University; Республика Казахстан г.Астана; email: gulnara.abitova@astanait.edu.kz.

*Material received on 20.08.2023 г.*

DOI: 10.53360/2788-7995-2023-3(11)-8

MPHTI: 49.38.49

**А.А. Мухамедин\*, Г.А. Абитова**

Astana IT University

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

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

### **ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОСМОТРА ФИЛЬМОВ И СЕРИАЛОВ С ИНТЕГРАЦИЕЙ СНАТ GPT AI**

**Аннотация:** В статье приведены результаты исследования и разработка кроссплатформенного приложения для просмотра фильмов и сериалов с интеграцией Chat GPT AI. В современном мире выбор фильмов и сериалов становится все более сложным из-за огромного объема доступного контента. Пользователи ищут инструменты, которые помогли бы им находить и наслаждаться интересными фильмами и сериалами. Основным вкладом этой статьи является представление разработанного кроссплатформенного приложения, объединяющего в себе возможность просмотра фильмов и сериалов с искусственным интеллектом ChatGPT. Приложение предоставляет уникальные функции, включая мощный поиск и фильтрацию контента, персонализированные рекомендации на основе предпочтений пользователя и возможность взаимодействия с ChatGPT для получения рекомендаций и общения. Мы подробно рассматриваем ключевые аспекты приложения, включая его функциональность и пользовательский интерфейс, а также предоставляем технические детали и решения,

использованные в разработке. Особое внимание уделяется технологиям машинного обучения и алгоритмам, применяемым для улучшения качества рекомендаций и обогащения пользовательского опыта. Эта статья представляет не только развлекательный аспект, но и демонстрирует, как совмещение развлечения и искусственного интеллекта может сделать пользовательский опыт в мире потокового контента более интересным и удовлетворительным. Мы приглашаем читателей ознакомиться с подробностями исследования и технологическими аспектами этого инновационного проекта.

**Ключевые слова:** приложения, фильмы, разработка, искусственный интеллект, Архитектура, кроссплатформенный, исследование, интеграция.

## **Введение**

В современном мире потребление контента, включая фильмы и сериалы, стало неотъемлемой частью нашей жизни. Вместе с тем, появление и развитие искусственного интеллекта предоставляет новые возможности для улучшения пользовательского опыта. В этой статье рассмотрим исследование и разработку кроссплатформенного приложения, которое позволяет пользователям просматривать фильмы и сериалы, а также взаимодействовать с интеллектуальным ассистентом на основе Chat GPT AI.

С появлением онлайн-платформ для просмотра фильмов и сериалов, пользователи получили возможность наслаждаться разнообразным контентом в удобное для них время и место. Однако, с ростом количества доступных фильмов и сериалов стало все сложнее найти именно то, что соответствует предпочтениям каждого пользователя. Это стало вызовом для разработчиков, которые стремятся улучшить пользовательский опыт и предоставить персонализированные рекомендации.

Вместе с тем, появление искусственного интеллекта в сфере разработки программного обеспечения открыло новые горизонты для улучшения взаимодействия с приложениями и создания более удобных и интеллектуальных систем. Именно здесь вступает в игру Chat GPT AI – мощный инструмент, основанный на глубоком обучении, который способен понимать естественный язык и вести разговор с пользователями.

Исследование и разработка кроссплатформенного приложения для просмотра фильмов и сериалов с интеграцией Chat GPT AI предоставляет возможность создать уникальное и интуитивно понятное приложение, которое позволит пользователям не только находить и просматривать фильмы и сериалы, но и взаимодействовать с интеллектуальным ассистентом, способным предлагать рекомендации, отвечать на вопросы и участвовать в диалоге.

В ходе разработки такого приложения необходимо учитывать не только функциональные возможности для просмотра контента, но и дизайн пользовательского интерфейса, чтобы создать удобную и привлекательную среду для пользователей. Также требуется провести исследование и выбрать наиболее эффективные алгоритмы и методы для интеграции Chat GPT AI, чтобы обеспечить высокую точность и отзывчивость ассистента.

Данная статья предлагает обзор процесса исследования и разработки кроссплатформенного приложения для просмотра фильмов и сериалов с интеграцией Chat GPT AI. Мы рассмотрим шаги, необходимые для создания такого приложения, а также идеи по внедрению новшеств и улучшений, которые помогут сделать пользовательский опыт более уникальным и персонализированным.

## **Обзор исследования**

Перед началом разработки кроссплатформенного приложения для просмотра фильмов и сериалов с интеграцией Chat GPT AI было проведено обширное исследование, направленное на изучение существующих решений и возможностей данной области.

Анализ существующих приложений:

Было проведено исследование существующих популярных приложений для просмотра фильмов и сериалов, таких как Netflix, Hulu, Amazon Prime Video и других. Целью этого анализа было выявить и изучить их функциональность, особенности пользовательского интерфейса, возможности персонализации и рекомендаций. Это помогло определить ключевые требования и стандарты, которым следует соответствовать разрабатываемому приложению [2].

Netflix является одной из самых популярных платформ для потокового воспроизведения фильмов и сериалов. Они предлагают обширную библиотеку контента, включая оригинальные сериалы и фильмы. Функциональность Netflix включает удобный интерфейс, наличие функции рекомендаций, возможность создания персональных профилей, адаптацию к различным устройствам и высокое качество потокового видео [5]. Однако, они не предлагают интеграцию с Chat GPT AI, что может быть нашим уникальным преимуществом.

Amazon Prime Video - это еще одна популярная платформа для потокового просмотра контента. Она предлагает широкий выбор фильмов, сериалов и оригинального контента. Как и Netflix, у Amazon Prime Video есть функции рекомендаций, персонализации и доступности на различных устройствах [6]. Они также предлагают интеграцию с искусственным интеллектом, но ограничены в функциональности сравнительно с Chat GPT AI.

Hulu – это платформа для потокового воспроизведения фильмов, сериалов и живого телевидения. Они предлагают широкий спектр телевизионных шоу и оригинального контента. Hulu известен своей возможностью предоставлять доступ к эпизодам сериалов в течение 24 часов после их трансляции по телевидению. Они также предлагают функции персонализации и рекомендаций [7]. Однако, интеграция с искусственным интеллектом отсутствует.

Исследование интеграции искусственного интеллекта:

Было проведено исследование интеграции искусственного интеллекта в различные приложения. В частности, было изучено применение алгоритмов глубокого обучения и методов обработки естественного языка для создания интеллектуальных ассистентов. Были изучены такие технологии, как чат-боты, голосовые помощники и системы рекомендаций, которые могут повысить взаимодействие с пользователем и улучшить его опыт при использовании приложения для просмотра фильмов и сериалов [9].

Оценка Chat GPT AI:

Особое внимание было уделено оценке Chat GPT AI, мощного инструмента на основе глубокого обучения, разработанного OpenAI. Были изучены его возможности в области обработки естественного языка, генерации ответов и предсказаний, а также анализа контекста и смысла сообщений. Оценка Chat GPT AI позволила определить его потенциал для внедрения в приложение для просмотра фильмов и сериалов и создания интеллектуального ассистента, способного предлагать персонализированные рекомендации, отвечать на вопросы и поддерживать диалог с пользователями [6].

Пользовательские исследования:

Чтобы получить обратную связь от потенциальных пользователей, были проведены пользовательские исследования. Были собраны данные о предпочтениях пользователей при выборе фильмов и сериалов, их ожиданиях от приложений для просмотра контента, а также о том, какие функции и возможности они хотели бы видеть в новом приложении. Эти исследования помогли определить ключевые особенности, которые следует внедрить в разрабатываемое приложение, и учесть предпочтения пользователей в процессе разработки [4].

Исследование исходных данных и анализ существующих решений являются важным этапом разработки кроссплатформенного приложения для просмотра фильмов и сериалов с интеграцией Chat GPT AI. Они позволяют определить требования, выработать стратегию и внести новшества, которые сделают приложение уникальным и конкурентоспособным.

Архитектура приложения:

Архитектура приложения для просмотра фильмов и сериалов с интеграцией Chat GPT AI должна быть гибкой, масштабируемой и эффективной. Вот подробное описание каждого компонента архитектуры:

Пользовательский интерфейс:

Этот компонент отвечает за представление и взаимодействие пользователя с приложением. Пользовательский интерфейс должен быть интуитивно понятным и привлекательным. Он должен предоставлять пользователю возможность просматривать фильмы и сериалы, искать контент, просматривать информацию о фильмах, а также взаимодействовать с интеллектуальным ассистентом на основе Chat GPT AI. Интерфейс может быть реализован как веб-приложение или мобильное приложение с использованием современных фреймворков и технологий разработки пользовательского интерфейса [1].

База данных:

База данных является хранилищем информации о фильмах, сериалах, пользователях и их предпочтениях, истории просмотра и других данных, необходимых для работы приложения. База данных должна быть эффективной, обеспечивать быстрый доступ к данным и поддерживать масштабирование. Можно использовать реляционные или нереляционные базы данных в зависимости от требований проекта [5].

Серверное API:

Серверное API обеспечивает взаимодействие между пользовательским интерфейсом и базой данных. Он предоставляет методы и эндпоинты, с помощью которых приложение может получать данные о фильмах, сериалах, пользовательской истории просмотра, а также отправлять запросы для получения персонализированных рекомендаций. Это API также обрабатывает запросы и команды, связанные с интеллектуальным ассистентом на основе Chat GPT AI [8].

Интеграция Chat GPT AI:

Для интеграции Chat GPT AI в приложение используются API или SDK, предоставляемые разработчиками Chat GPT AI. Этот компонент отвечает за обработку запросов пользователя и генерацию ответов на основе модели Chat GPT AI. При получении запроса от пользователя, приложение отправляет его в компонент интеграции Chat GPT AI, который анализирует запрос, генерирует соответствующий ответ и возвращает его обратно в приложение. Это позволяет пользователю взаимодействовать с интеллектуальным ассистентом, задавать вопросы, получать рекомендации и проводить диалог [10].

Рекомендательная система:

Рекомендательная система анализирует предпочтения пользователя, его историю просмотра, а также другие данные, чтобы предложить персонализированные рекомендации фильмов и сериалов. Этот компонент может использовать алгоритмы машинного обучения и методы коллаборативной фильтрации для определения схожих пользователей и рекомендации контента на основе их предпочтений. Рекомендательная система взаимодействует с базой данных и интеграцией Chat GPT AI, чтобы предоставлять актуальные и персонализированные рекомендации пользователю [7].

Обработка контента и медиа-сервер:

Этот компонент отвечает за обработку и предоставление контента (фильмы, сериалы) пользователю. Он может включать в себя медиа-сервер для потоковой передачи видео и аудио контента. Также может быть реализована функция кэширования для оптимизации загрузки контента и обеспечения плавного воспроизведения [6].

Компоненты архитектуры взаимодействуют между собой, обеспечивая функциональность приложения для просмотра фильмов и сериалов с интеграцией Chat GPT AI. Они работают совместно, чтобы предоставить пользователю возможность просматривать контент, общаться с интеллектуальным ассистентом, получать персонализированные рекомендации и наслаждаться удобным и интерактивным пользовательским опытом [3].

### **Заключение**

В данной статье мы рассмотрели исследование и разработку кроссплатформенного приложения для просмотра фильмов и сериалов с интеграцией Chat GPT AI. Мы изучили существующие решения, провели анализ интеграции искусственного интеллекта и оценили возможности Chat GPT AI. Затем мы представили расширенную архитектуру приложения, включающую пользовательский интерфейс, базу данных, серверное API, интеграцию Chat GPT AI, рекомендательную систему и обработку контента.

Разработка кроссплатформенного приложения для просмотра фильмов и сериалов является актуальной и востребованной задачей в наше время. Пользователи хотят получать удовольствие от просмотра контента, а также иметь персонализированные рекомендации и возможность взаимодействовать с приложением.

Интеграция Chat GPT AI является одним из ключевых новшеств, которые мы внедряем в разрабатываемое приложение. Она позволяет создать интеллектуального ассистента, который способен предлагать персонализированные рекомендации, отвечать на вопросы и поддерживать диалог с пользователями. Chat GPT AI использует передовые методы глубокого обучения и обработки естественного языка, чтобы предоставить высококачественный и интерактивный пользовательский опыт.

Архитектура приложения, которую мы представили, обеспечивает гибкость, масштабируемость и эффективность. Пользовательский интерфейс позволяет

пользователям легко находить и просматривать контент, а также взаимодействовать с интеллектуальным ассистентом. База данных обеспечивает хранение и доступ к информации о фильмах, сериалах и пользовательских предпочтениях. Серверное API связывает пользовательский интерфейс с базой данных и интеграцией Chat GPT AI. Рекомендательная система обеспечивает персонализированные рекомендации на основе предпочтений пользователя. Обработка контента и медиа-сервер позволяют плавно воспроизводить фильмы и сериалы.

Внедрение новшеств, таких как интеграция Chat GPT AI, позволяет создать уникальное и конкурентоспособное приложение для просмотра фильмов и сериалов. Оно не только предоставляет пользователю широкий выбор контента, но и создает интерактивную и персонализированную среду. Пользователи могут получать рекомендации, отвечать на свои вопросы и проводить диалог с интеллектуальным ассистентом.

В заключение, разработка кроссплатформенного приложения для просмотра фильмов и сериалов с интеграцией Chat GPT AI предоставляет возможность создания инновационного и привлекательного продукта. Это приложение будет соответствовать потребностям современных пользователей и обеспечивать удобство, персонализацию и интерактивность. Оно открывает новые возможности для развития и предоставляет уникальный опыт просмотра контента.

### Список литературы

1. Гриффитс Д., Фрюге Р., Голдберг Э. React Native. Разработка мобильных приложений на JavaScript. – 2018.
2. Абрамов Д. Redux официальное руководство. – 2020.
3. Пратт Д. React Native: с нуля до мобильного приложения. – 2021. [https://archive.org/details/free-course-site.com-udemy-react-native-the-practical-guide-2021-edition\\_202203](https://archive.org/details/free-course-site.com-udemy-react-native-the-practical-guide-2021-edition_202203)
4. Краснов А., Арутюнов В., Данильченко В. Разработка мобильных приложений на платформе Android. – 2020.
5. Дубровский И., Быков С. Разработка мобильных приложений на Flutter: создание iOS и Android приложений на одном коде. – 2019.
6. Райан Р. Проектирование графических интерфейсов для мобильных приложений. – 2019.
7. Официальная документация React Native [Электронный ресурс] / URL: <https://reactnative.dev/>
8. Официальная документация Redux [Электронный ресурс] / URL: <https://redux.js.org/>
9. Официальная документация Flutter [Электронный ресурс] / URL: <https://flutter.dev/>
10. Официальная документация ChatGPT API [Электронный ресурс] / URL: <https://beta.openai.com/docs/>
11. Фаулер М. "Clean Code: A Handbook of Agile Software Craftsmanship. – 2008.
12. Керниган Б., Ритчи Д. "Язык программирования С. – 2019. [http://optic.cs.nstu.ru/files/CC/C/Lit/Kernigan\\_Ritchi.pdf](http://optic.cs.nstu.ru/files/CC/C/Lit/Kernigan_Ritchi.pdf)

### References

1. Griffiths D., Fruechte R., Goldberg E. React Native: Mobile App Development with JavaScript. – 2018. (In Russian).
2. Abramov D. The official Redux documentation. – 2020. (In Russian).
3. Pratt D. React Native From Zero to One. – 2021. [https://archive.org/details/free-course-site.com-udemy-react-native-the-practical-guide-2021-edition\\_202203](https://archive.org/details/free-course-site.com-udemy-react-native-the-practical-guide-2021-edition_202203). (In English).
4. Krasnov A., Arutyunov V., Danilchenko V. Android App Development. – 2020. (In Russian).
5. Dubrovsky I., Bykov S. Flutter in Action. – 2019. (In Russian).
6. Ryan R. Designing Mobile Interfaces: Patterns for Interaction Design. – 2019. (In Russian).
7. React Native Documentation [online resource] / URL: <https://reactnative.dev/>. (In English).
8. Redux Documentation [online resource] / URL: <https://redux.js.org/>. (In English).
9. Flutter Documentation [online resource] / URL: <https://flutter.dev/>. (In English).
10. ChatGPT API Documentation [online resource] / URL: <https://beta.openai.com/docs/>. (In English).
11. Fowler M. "Clean Code: A Handbook of Agile Software Craftsmanship. – 2008. (In English).



**А.А. Мухамедин\*, Г.А. Абитова**

Astana IT University,

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

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

## **CHAT GPT AI ИНТЕГРАЦИЯСЫ БАР ФИЛЬМДЕР МЕН ТЕЛЕХИКАЯЛАРДЫ КӨРУГЕ АРНАЛҒАН КРОСС-ПЛАТФОРМАЛЫҚ ҚОСЫМШАНЫ ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ӘЗІРЛЕУ**

Мақалада Chat GPT AI интеграциясы бар фильмдер мен телехикаяларды көруге арналған кросс-платформалық қосымшаны зерттеу және әзірлеу нәтижелері берілген. Қазіргі әлемде фильмдер мен телехикаяларды таңдау қолжетімді мазмұнның үлкен көлеміне байланысты қиындап барады. Пайдаланушылар қызықты фильмдер мен телехикаяларды табуға және ләззат алуға көмектесетін құралдарды іздейді. Бұл мақаланың негізгі үлесі – ChatGPT жасанды интеллектімен фильмдер мен телехикаяларды көру мүмкіндігін біріктіретін әзірленген кросс-платформалық қосымшаның тұсаукесері. Қолданба қуатты іздеу және мазмұнды сүзгілеуді, пайдаланушы қалауларына негізделген жекелендірілген ұсыныстарды және ұсыныстар мен байланыс үшін ChatGPT-пен өзара әрекеттесу мүмкіндігін қамтитын бірегей мүмкіндіктерді ұсынады. Біз қолданбаның негізгі аспектілерін, оның ішінде оның функционалдығы мен пайдаланушы интерфейсін терең қарастырамыз және әзірлеу кезінде қолданылатын техникалық мәліметтер мен шешімдерді ұсынамыз. Ұсыныстар сапасын жақсарту және пайдаланушы тәжірибесін байыту үшін қолданылатын машиналық оқыту технологиялары мен алгоритмдеріне ерекше назар аударылады. Бұл мақала ойын-сауық аспектісін таныстырып қана қоймайды, сонымен қатар ойын-сауық пен жасанды интеллектті біріктіру ағындық мазмұн әлеміндегі пайдаланушы тәжірибесін қалай қызықты және қанағаттанарлық ете алатынын көрсетеді. Оқырмандарға осы инновациялық жобаның зерттеу мәліметтері мен технологиялық аспектілерімен танысуға шақырамыз.

**Түйін сөздер:** қолданбалар, фильмдер, әзірлеу, жасанды интеллект, архитектура, кросс-платформа, зерттеу, интеграция.

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

Astana IT University,

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

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

## **RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A CROSS-PLATFORM APPLICATION FOR WATCHING MOVIES AND TV SERIES WITH CHAT GPT AI INTEGRATION**

The article presents the results of the research and development of a cross-platform application for watching movies and TV series with Chat GPT AI integration. In today's world, choosing movies and TV series is becoming increasingly difficult due to the huge amount of content available. Users are looking for tools that will help them find and enjoy interesting films and TV series. The main contribution of this article is the presentation of a developed cross-platform application that combines the ability to watch movies and TV series with ChatGPT artificial intelligence. The app provides unique features including powerful search and content filtering, personalized recommendations based on user preferences, and the ability to interact with ChatGPT for recommendations and communication. We take an in-depth look at key aspects of the app, including its functionality and user interface, and provide technical details and solutions used in development. Particular attention is paid to machine learning technologies and algorithms used to improve the quality of recommendations and enrich the user experience. This article not only introduces the entertainment aspect, but also demonstrates how combining entertainment and artificial intelligence can make the user experience in the world of streaming content more interesting and satisfying. We invite readers to review the research details and technological aspects of this innovative project.

**Key words:** applications, films, development, artificial intelligence, Architecture, cross-platform, research, integration.

#### Сведения об авторах

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

**Г.А. Абитова** – научный руководитель, PhD, доцент, Astana IT University; Республика Казахстан г.Астана; email: gulnara.abitova@astanait.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3830-6905>.

#### Авторлар туралы мәліметтер

**А.А. Мухамедин\*** – магистрант, Astana IT University; Қазақстан Республикасы, Астана қ.; email: 222153@astanait.edu.kz.

**Г.Ә. Әбитова** – PhD, доцент; Astana IT University; Қазақстан Республикасы, Астана қ.; gulnara.abitova@astanait.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3830-6905>.

#### Information about the authors

**A.A. Mukhamedin\*** – Master degree, Astana IT University, Republic of Kazakhstan, Astana; email: 222153@astanait.edu.kz

**G.A. Abitova** – scientific advisor, PhD, Associate Professor, DIS&CS, Astana IT University; Republic of Kazakhstan, Astana; email: gulnara.abitova@astanait.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3830-6905>.

*Материал поступил в редакцию 28.08.2023 г.*

DOI: 10.53360/2788-7995-2023-3(11)-9

MPHTI: 61.51.35; 61.51.29

**Е.Г. Гилязов, Д.К. Кулбатыров\*, А.Г. Тогайбаева, А.Ж. Жолдаскалиева**

Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева  
060002, Республика Казахстан, г. Атырау, пр. Азаттык, 1  
\*e-mail: dkkd@mail.ru

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТИЛ-ТРЕТ- БУТИЛОВОГО ЭФИРА И ЭТИНИЛЦИКЛОГЕКСАНОЛА НА ПОВЫШЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПРЯМОГОННОГО БЕНЗИНА + РИФОРМИНГА**

**Аннотация.** Для увеличения производства высокооктанового неэтилированного бензина можно воспользоваться добавлением кислородосодержащих компонентов, таких как оксигенаты. Это позволяет повысить детонационную стойкость бензина, улучшить полноту сгорания и снизить токсичность выхлопных газов. Было установлено, что при добавлении такого количества оксигенатов, которые не негативно влияют на теплотворность, энергетические характеристики двигателей не ухудшаются. Кислородосодержащие присадки могут включать в себя различные соединения, такие как эфиры монокарбоновых кислот, высшие спирты, окисленные фракции углеводородов и оксиэтилированные соединения. Октановое число метанола позволяет использовать его для заправки гоночных мотоциклов и автомобилей, так как оно позволяет увеличить степень сжатия до 16. В целом, использование кислородосодержащих компонентов является перспективным методом получения высокооктанового бензина.

Была проведена оценка влияния этинилциклогексанола (ЭЦГ) и метил-трет-бутилового эфира (МТБЭ) на повышение октанового числа бензиновых композиций. Был изучен прирост октанового числа смеси прямогонного бензина и бензина риформинга в соотношениях 50:50 и 20:80. Было показано, что ЭЦГ является более эффективной кислородосодержащей присадкой (оксигенатом) для повышения октанового числа бензиновых композиций, по сравнению с МТБЭ.

**Ключевые слова:** *прямогонный бензин, бензин риформинга, оксигенат, октановое число, этинилциклогексанол, метил-трет-бутиловый эфир.*

## **Введение**

На сегодняшний день проблема загрязнения окружающей среды остается актуальной. За последние годы автомобильный парк мира значительно увеличил выбросы вредных веществ, достигая цифры в 1100 млн тонн в год. Отработанные газы, производимые двигателями разных типов, представляют серьезную угрозу для здоровья и жизни людей. Главным видом топлива для двигателей внутреннего сгорания является бензин, который состоит из различных бензиновых фракций. Детонационная стойкость - одно из главных свойств бензина. Детонация может привести к излишнему расходу топлива, поршневым проколам, износу выхлопных клапанов и двигателя в целом. Качество топлива влияет на работу двигателя. В качестве добавок к бензину стали использовать кислородсодержащие соединения, такие как метанол, этанол, *этил-трет-бутиловый эфир* (ЭТБЭ), МТБЭ, *метил-трет-амиловый эфир* (МТАЭ), *диизопропиловый эфир* (ДИПЭ), для снижения выбросов вредных веществ. Эти добавки, известные как оксигенаты, уменьшают содержание токсичных веществ в отработанных газах и улучшают полноту сгорания топлива. Они являются альтернативой металлоорганическим антидетонаторам и высокооктановым ароматическим компонентам бензина [1, 2]. С каждым годом критерии на качество используемого автомобильного топлива становятся более требовательными. В связи с этим автоконцерны создают двигатели внутреннего сгорания соответствующими этим критериям. Использование низкокачественного автомобильного топлива ведет не только к медленной езде, но и к поломке автомобиля в целом. В данном случае рекомендуется использовать топливо, которое соответствует условиям эксплуатации. Достичь этого можно либо при использовании высококачественного бензина, либо с при использовании специальных средств, повышающих октановое число, так называемых присадок или добавок [3].

Использование кислородсодержащих компонентов (оксигенатов), является одним из перспективных способов получения высокооктанового бензина.

Кислородсодержащие присадки, такие как монокарбоновые кислоты, высшие спирты, окисленные фракции углеводородов и оксиэтилированные соединения, используются для увеличения октанового числа топлив и уменьшения содержания вредных веществ в выхлопных газах автомобилей, включая оксиды азота и углерода [4]. Бензино-метанольные смеси, содержащие бутиловые спирты, спирты С5-С8 и их простые и сложные эфиры, также успешно применяются в качестве топлива [5,6]. Кроме того, рассматриваются другие эфиры, такие как *диизопропиловый эфир*, для замены МТБЭ, из-за экологических проблем, связанных с применением этого соединения. Изучение топливных смесей с присадками продолжается, и показано, что некоторые моноэфиры гликолей могут улучшить тяговые и скоростные свойства автомобилей при работе на бензине [7-9].

Антидетонационные свойства третичных циклических ацетиленовых спиртов мало исследованы, но они представляют интерес, так как в своей молекуле содержат третичные алкильные радикалы, гидроксильные радикалы и ацетиленовую непредельную группу, которые могут оказывать влияние на разрывающий фронт детонации. В связи с этим, исследование и разработка новых кислородсодержащих присадок на основе третичных ацетиленовых спиртов, таких как *этинилциклогексанол* и *метил-трет-бутиловый эфир*, имеет большое значение для повышения октанового числа бензиновых композиций (АВТ+риформинг).

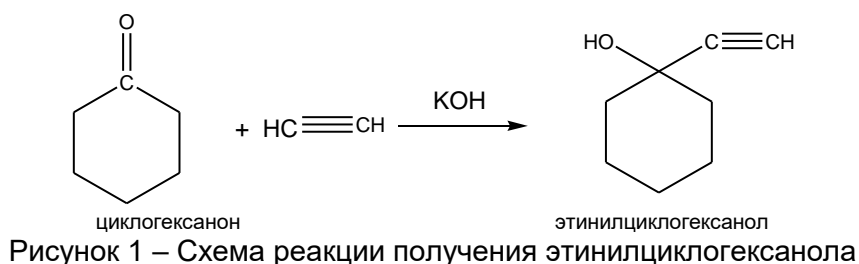
Целью данной статьи является исследование влияния данных присадок на основе третичного ацетиленового спирта - *этинилциклогексанола* и *метил-трет-бутилового эфира* на повышение октанового числа бензиновых композиций (АВТ+риформинг).

## **Методы исследования**

Циклический ацетиленовый спирт ЭЦГ получен методом конденсации циклогексанона (ТУ 2633-012-44493179-98 производства АО «ЭКОС-1», ч.д.а.) и ацетилена полученный из баллона промышленный по ГОСТ 5457-75 в условиях модифицированной реакции Фаворского. Чистота этих реагентов не повлиял на выход ЭЦГ (рис. 1).

Реакция проведена под давлением в реакторе в присутствии порошкообразного гидроксида калия в тетрагидрофуране. Исходные вещества для синтеза ЭЦГ применяли

циклогексанон ТУ 2633-012-44493179-98 производства АО «ЭКОС-1» и гидроксид калия ГОСТ 9285-78 производства ООО «Сода-хлорат».



Присадки МТБЭ производства «Компонент-реактив» с содержанием основного вещества 99,9%, физико-химические свойства синтезированного ЭЦГ соответствует литературным данным: по температуре кипения, показателям преломления, ИК-спектроскопии и элементного анализа С, Н, О [10,11]. Для исследования использовались бензины с прямой перегонки установки АВТ, бензины с установки каталитического риформинга, производимого ТОО «Атырауский нефтеперерабатывающий завод». Определение октанового числа бензиновых композиций, содержащих предлагаемые присадки, проводилось экспресс-методом на измерителе детонационной стойкости бензина на октанометре SHATOX SX-100K (Фирма изготовитель НПО «SHATOX», Институт химических наук Сибирское отделение Российской академии наук (ИХН СО РАН)). В качестве эталонов сравнения использованы параметры, соответствующие ГОСТ Р 51866-2002 (ЕН 228-99) и ТУ 4215-002-60283547-2006.

#### Результаты и обсуждение исследований

Исследование влияния ЭЦГ и МТБЭ на повышение октанового числа бензиновых композиций производилось на основе определения прироста октанового числа смеси прямогонного бензина и бензина риформинга в соотношениях 50:50 и 20:80 (таблица 1). Для исследования эффективности кислородсодержащих присадок (оксигенатов) ЭЦГ и МТБЭ в качестве высокооктановых компонентов, добавки были введены в бензиновые композиции в концентрации от 3% до 15% (масс.). Результаты влияния добавок ЭЦГ и МТБЭ на октановое число смесей прямогонного бензина и бензина риформинга в соотношениях 50:50 и 20:80 представлены в таблицах 2-5.

Таблица 1 – Состав бензиновых композиций

Смеси бензинов	МТБЭ		ЭЦГ	
	№1	№2	№3	№4
Бензин с АВТ, %	50	20	50	20
Бензин с установки каталитического риформинга, %	50	80	50	80

При применении смеси различных бензинов имеются ограничения по концентрациям добавляемых присадок. Ограничения зависят от различных факторов, предельная добавляемая концентрация присадок зависит от максимального прироста октанового числа. Эффективность использования компонентов с высоким октановым числом зависит от множества факторов. При назначении антидетонаторов к базовому бензину или углеводородной группе происходит повышение детонационной стойкости, которая измеряется приемистостью.

Рисунок 2 и таблица 2 показывают зависимость изменения октанового числа композиции №1 от содержания присадок. Рассматривается композиция, состоящая из бензинов прямой перегонки и реформинга в пропорции 50:50.

К композициям были добавлены МТБЭ в объемном соотношении 3%, 5%, 7%, 11% и 15%. Согласно результатам диаграмм (см. рис. 1), с увеличением концентрации МТБЭ происходит постепенное увеличение октанового числа как при исследовательском методе (ОЧИ), так и при моторном методе (ОЧМ). Максимальный прирост ОЧИ составил 9,1%, а по ОЧМ – 6,3%.

При добавлении МТБЭ к бензиновой композиции №2 (АВТ: риформинг=20:80) прирост октанового числа составил от 1,5% до 5,6% по исследовательскому методу и от 1,0% до 4,8% по моторному методу. Сводные данные представлены в таблице 3 и на рисунке 3.

Таблица 2 – Изменение октанового числа бензиновой композиций (смеси бензинов АВТ+ риформинг при 50:50), при добавлении МТБЭ

Бензиновая композиция	МТБЭ кол-во, %	Октановое число, ИМ			Октановое число, ММ		
		без добавки	с добавкой	Прирост ОЧИ	без добавки	с добавкой	Прирост ОЧМ
АВТ+ риформинг 50:50	3	74,5	77,6	+3,1	68,2	69,7	+1,5
	5	74,5	80,6	+6,1	68,2	71,5	+3,3
	7	74,5	81,2	+6,7	68,2	72,2	+4,0
	11	74,5	82,4	+7,9	68,2	73,2	+5,0
	15	74,5	83,6	+9,1	68,2	74,5	+6,3

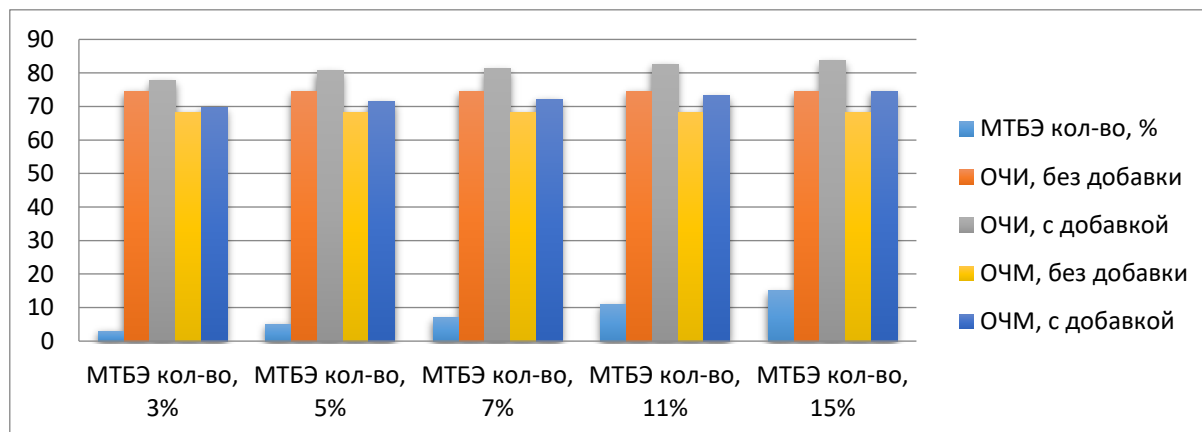


Рисунок 2 – Изменение октанового числа бензиновой композиций (смеси бензинов АВТ+ риформинг при 50:50), при добавлении МТБЭ

Таблица 3 – Изменение октанового числа бензиновой композиций (смеси бензинов АВТ+ риформинг при 20:80), при добавлении МТБЭ

Бензиновая композиция	МТБЭ кол-во, %	Октановое число, ИМ			Октановое число, ММ		
		без добавки	с добавкой	Прирост ОЧИ	без добавки	с добавкой	Прирост ОЧМ
АВТ+ риформинг 20:80	3	86,0	87,5	+1,5	77,4	78,4	+1,0
	5	86,0	89,1	+3,1	77,4	79,5	+2,1
	7	86,0	89,6	+3,6	77,4	80,1	+2,7
	11	86,0	90,6	+4,6	77,4	81,1	+3,7
	15	86,0	91,6	+5,6	77,4	82,2	+4,8

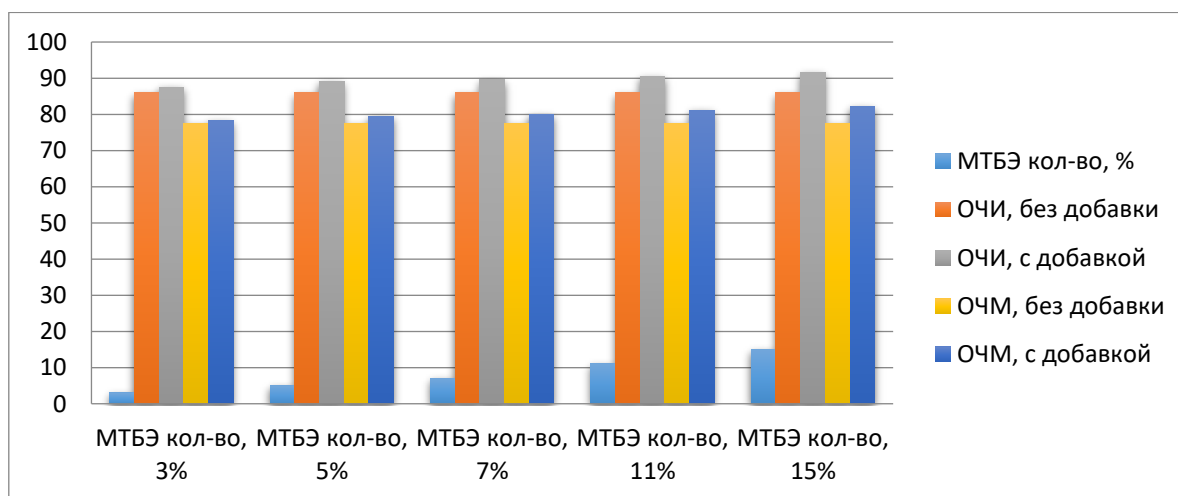


Рисунок 3 – Изменение октанового числа бензиновой композиций (смеси бензинов АВТ+ риформинг при 20:80), при добавлении МТБЭ

Анализируя рисунок 4 и таблицу 4, можно сделать вывод о том, что имеется зависимость между изменением октанового числа бензиновой композиции №3 и содержанием присадки ЭЦГ. В данном случае речь идет о композиции, состоящей из бензинов прямой перегонки и риформинга, причем их соотношение составляет 50:50. Далее, для композиций было добавлено ЭЦГ в различных количествах – 3, 5, 7, 11 и 15% масс. По результатам исследования, можно заметить, что с увеличением концентрации ЭЦГ наблюдается рост октанового числа как ОЧИМ (от 6,6 до 12,3), так и ОЧММ (от 3,75 до 9,55) – это подтверждают диаграммы на рисунках 3.

Таблица 4 – Изменение октанового числа бензиновой композиций (смеси бензинов АВТ+ риформинг при 50:50), при добавлении ЭЦГ

Бензиновая композиция	ЭЦГ кол-во, %	Октановое число, ИМ			Октановое число, ММ		
		без добавки	с добавкой	Прирост ОЧИ	без добавки	с добавкой	Прирост ОЧМ
АВТ+ риформинг 50:50	3	72,6	79,2	+6,6	65,5	69,25	+3,75
	5	72,6	80	+7,4	65,5	70,1	+4,6
	7	72,6	80,9	+8,3	65,5	70,75	+5,25
	11	72,6	82,75	+10,15	65,5	72,75	+7,25
	15	72,6	84,9	+12,3	65,5	75,05	+9,55

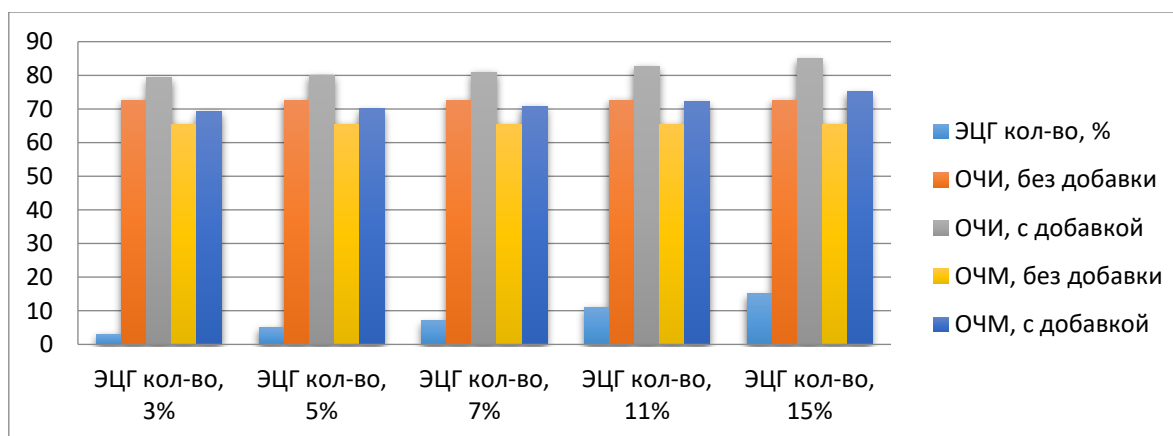


Рисунок 4 – Изменение октанового числа бензиновой композиций (смеси бензинов АВТ+ риформинг при 50:50), при добавлении ЭЦГ

При добавлении ЭЦГ в бензиновую композицию №4 (АВТ: реформинг=20:80), наблюдается незначительный прирост октанового числа. При проведении исследования методом исследовательского октанового числа, прирост составил от 3,96 до 9,3, а при моторном методе - от 2,82 до 8,68. Детальные данные представлены в таблице 5 и на рисунке 5.

Таблица 5 – Изменение октанового числа бензиновой композиций (смеси бензинов АВТ+риформинг при 20:80), при добавлении ЭЦГ

Бензиновая композиция	ЭЦГ кол-во, %	Октановое число, ИМ			Октановое число, ММ		
		без добавки	с добавкой	Прирост ОЧИ	без добавки	с добавкой	Прирост ОЧМ
АВТ+ риформинг 20:80	3	84,78	88,74	+3,96	76	78,82	+2,82
	5	84,78	89,54	+4,76	76	79,7	+3,7
	7	84,78	90,44	+5,66	76	80,56	+4,56
	11	84,78	92,14	+7,36	76	82,5	+6,5
	15	84,78	94,08	+9,3	76	84,68	+8,68

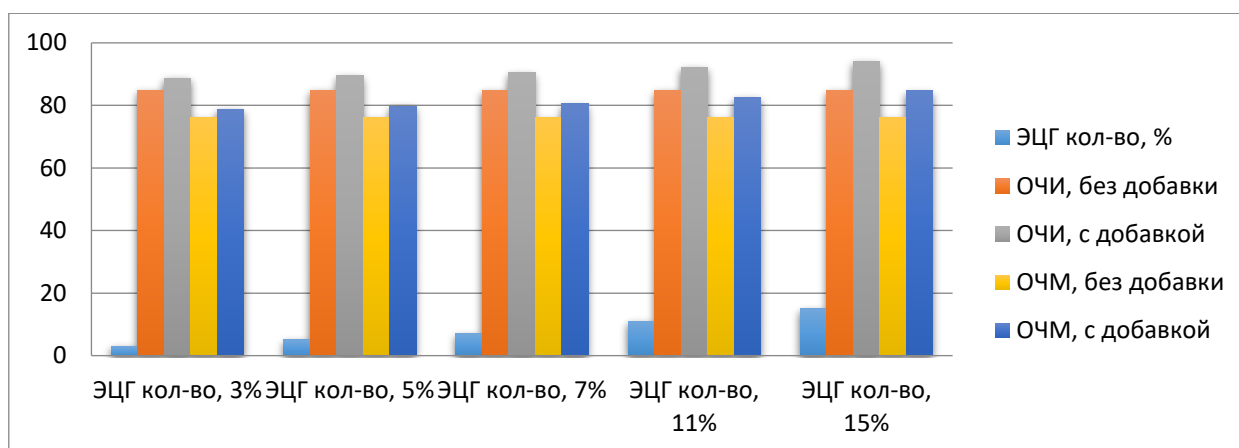


Рисунок 5 – Изменение октанового числа бензиновой композиций (смеси бензинов АВТ+ риформинг при 20:80), при добавлении ЭЦГ

Таким образом, результаты исследования указывают на то, что применение ЭЦГ как кислородсодержащей присадки (оксигената) способствует повышению октанового числа бензиновых композиций в большей степени, чем применение МТБЭ, что подтверждается данными работы [12]. Кроме того, наблюдается уменьшение приемистости оксигенатов с увеличением октанового числа базового бензина риформинга при добавлении высокооктановых компонентов.

#### Заключение

Оценено влияние ЭЦГ и МТБЭ на увеличение октанового числа бензиновых смесей, которые состоят из прямогонного бензина и бензина риформинга в различных соотношениях (50:50 и 20:80). Продемонстрировано, что ЭЦГ является более эффективным оксигенатом, который значительно повышает октановое число бензиновых композиций, чем МТБЭ. Таким образом, можно сделать вывод о преимуществах использования ЭЦГ в качестве присадки для повышения качества бензина.

#### Список литературы

1. Капустин В.М. Оксигенаты в автомобильных бензинах / В.М. Капустин, С.А. Карпов, А.В. Царёв. – М.: КолосС. – 2011. – 336 с.
2. Капустин В.М. Технология производства автомобильных бензинов. – М.: Химия. – 2015. – 256 с.
3. Полетаева О.Ю., Мовсумзаде Э.М., Колчина Г.Ю., Бахтина А.Ю. Влияние строения молекул высокооктановых компонентов бензинов и антиокислительных присадок к топливам на эффективность их действия. Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 2016. – Т. 59. Вып. 12. – С. 49-56.
4. Царев А.В., Карпов С.А. Повышение экологических и эксплуатационных характеристик автомобильных бензинов введением оксигенатов // Химическая технология. – 2007. Т. 8, N 7. – С. 324-328.
5. Амирханов М.К., Амирханов К.Ш., Ахметов А.Ф., Белоусова О.Ю., Япаев Р.Ш. Гидрогенизат производства бутиловых спиртов как компонент автомобильных бензинов // Башкирский химический журнал. – 2011. Т. 18, N 3. – С. 34-36.
6. Цыганков Д.В., Мирошников А.М., Тишков Н.С., Питенев Е.В. Оксигенатные присадки к топливу на основе регионального сырья // Вестник КузГТУ. – 2004. N 3. – С. 93-94.
7. Хамидуллин Р.Ф., Харлампида Х.Э., Пучкова Т.Л., Мельник А.Ю., Батрутдинова А.Р., Галиуллина М.М. Оксигенатные добавки к бензиновым фракциям, повышающие октановые числа моторных топлив // Вестник Казанского технологического университета. – 2014. Т. 17, N 21. – С. 295-300.
8. Ибрагимов Э.А., Абадзаде Х.И., Казимова А.Н., Ибрагимов Р.Г., Рустамов М.И. Ди-изопропиловый эфир как перспективная оксигенатная добавка для производства высокооктановых бензинов // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2014. N 4. – С. 13-15.

9. C.R. Chamorro, M.C. Martín, M.A. Villamañán, J.J. Segovia, Characterization and modelling of a gasoline containing 1,1-dimethylethyl methyl ether (MTBE), diisopropyl ether (DIPE) or 1,1-dimethylpropyl methyl ether (TAME) as fuel oxygenate based on new isothermal binary vapour-liquid data // *Fluid Phase Equilibria*. – 2004. vol. 220, – pp. 103-110. <https://doi.org/10.1016/j.fluid.2004.02.013>
10. Е.Г. Гиладжов, А.А. Аронова, С.А. Изгалиев, А.А. Байшаханова. Сравнение эффективности метил-трет-бутилового эфира и этинилциклогексанола на повышение октанового число прямогонного бензина // *East European Scientific Journal*. – Warsaw, Poland. – 2019. – № 2(42). – С.54-59.
11. Щелкунов А.В., Васильева Р.Л., Кричевский Л.А. Синтез и взаимные превращения монозамещенных ацетиленов. Алма-Ата: «Наука». – 1975. – С. 44-45.
12. Емельянов В.Е. Все о топливе. Автомобильный бензин: Свойства, ассортимент, применение. – М.: ООО «Издательство Астрель». – 2003. – 79 с.

### References

1. Kapustin V.M. Oksigenaty v avtomobil'nykh benzinakh / V.M. Kapustin, S.A. Karpov, A.V. Tsarov. – М.: KolosS. – 2011. – 336 s. (In Russian).
2. Kapustin V.M. Tekhnologiya proizvodstva avtomobil'nykh benzinov. – М.: Khimiya, 2015. – 256 s. (In Russian).
3. Poletayeva O.YU., Movsumzade E.M., Kolchina G.YU., Bakhtina A.YU. Vliyaniye stroeniya molekul vysokooktanovykh komponentov benzina i antioksiditel'nykh prisoedok k toplivam na effektivnost' ikh deystviya. *Izv. vuzov. Khimiya i khim. tekhnologiya*. – 2016. T. 59. Vyp. 12. – S. 49-56. (In Russian).
4. Tsarev A.V., Karpov S.A. Povysheniye ekologicheskikh i ekspluatatsionnykh kharakteristik avtomobil'nykh benzinov vvedeniyem oksigenatov // *Khimicheskaya tekhnologiya*. – 2007. T. 8, N 7. – S. 324-328. (In Russian).
5. Amirkhanov M.K., Amirkhanov K.SH., Akhmetov A.F., Belousova O.YU., Yapayev R.SH. Gidrogenizat proizvodstva butilovykh spirtov kak komponent avtomobil'nykh benzinov // *Bashkirskiy khimicheskii zhurnal*. – 2011. T. 18, N 3. – S. 34-36. (In Russian).
6. Tsygankov D.V., Miroshnikov A.M., Tishkov N.S., Pitenev Ye.V. Oksigenatnyye prisoedki k toplivu na osnove prirodnykh resursov // *Vestnik KuzGTU*. – 2004. № 3. – S. 93-94. (In Russian).
7. Khamidullin R.F., Kharlampidi KH.E., Puchkova T.L., Mel'nik A.YU., Batrutnova A.R., Galiullina M.M. Oksigenatnyye dobavki k benzinovym fraktsiyam, povyshayushchiye oktanovyye chisla motornykh topliv // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. – 2014. T. 17, N 21. – S. 295–300. (In Russian).
8. Ibragimov E.A., Abadzade KH.I., Kazimova A.N., Ibragimov R.G., Rustamov M.I. Diizopropilovyy efir kak perspektivnaya oksigenatnaya protsedura dlya proizvodstva vysokooktanovykh benzinov // *Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompaniy*. – 2014. № 4. – S. 13–15. (In Russian).
9. C.R. Chamorro, M.C. Martín, M.A. Villamañán, J.J. Segovia, Characterization and modelling of a gasoline containing 1,1-dimethylethyl methyl ether (MTBE), diisopropyl ether (DIPE) or 1,1-dimethylpropyl methyl ether (TAME) as fuel oxygenate based on new isothermal binary vapour-liquid data // *Fluid Phase Equilibria*. – 2004. vol. 220, – pp. 103-110. <https://doi.org/10.1016/j.fluid.2004.02.013>. (In English).
10. Ye.G.Gilazhov, A.A.Aronova, S.A.Izgaliyev, A.A.Bayshakhanova. Sravneniye effektivnosti metil-tret-butilovogo efira i etinilsiklogeksanola s povysheniyem oktanovogo chisla pryamogonnogo benzina // *Vostochno-Yevropeyskiy nauchnyy zhurnal*. - Varshava, Pol'sha. – 2019. – № 2(42). – S.54-59. (In Russian).
11. Shchelkunov A.V., Vasil'yeva R.L., Krichevskiy L.A. Sintez i vzaimozamenyayemyye prevrashcheniya monozameshchennykh atsetilenov. Alma-Ata: «Nauka». – 1975. – S. 44-45. (In Russian).
12. Yemelyanov V.Y. Vse o toplive. Avtomobilnyi benzin: Svoistva, assortment, primeneniye. – М.: ООО «Izdatel'stva Astrel'». – 2003. – 79 s. (In Russian).



**Е.Г. Гилязов, Д.К. Кулбатыров\*, А.Ф. Тоғайбаева, Ә.Ж. Жолдасқалиева**  
«С. Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті» КЕАҚ  
060002, Қазақстан Республикасы, Атырау қ., Азаттық даңғылы, 1  
\*e-mail: dkkd@mail.ru

## **МЕТИЛ-ТЕРТ – БУТИЛ ЭФИРИ МЕН ЭТИНИЛЦИКЛОГЕКСАНОЛДЫҢ ТІКЕЛЕЙ АЙДАЛҒАН БЕНЗИН + РИФОРМИНГ БЕНЗИН ҚОСПАСЫНЫҢ ОКТАН САНЫН АРТТЫРУ ТИІМДІЛІГІ**

Жоғары октанды қорғасынсыз бензин өндірісін ұлғайту үшін оттегі бар компоненттерді, мысалы, оксигенаттарды қосуға болады. Бұл бензиннің детонацияға төзімділігін арттыруға, жанудың толықтығын жақсартуға және пайдаланылған газдардың уыттылығын төмендетуге мүмкіндік береді. Энергетикалық өнімділікке теріс әсер етпейтін оксигенаттардың көп мөлшерін қосқанда, қозғалтқыштардың энергетикалық сипаттамалары нашарламайтыны анықталды. Құрамында оттегі бар қоспаларға монокарбон қышқылының эфирлері, жоғары спирттер, көмірсутектердің тотыққан фракциялары және оксиэтилденген қосылыстар сияқты әртүрлі қосылыстар кіруі мүмкін. Метанолдың октандық саны оны жарыс мотоциклдері мен көліктерін толтыру үшін пайдалануға мүмкін, өйткені ол қысу жылдамдығын 16-ға дейін арттыруға мүмкіндік береді. Жалпы, құрамында оттегі бар компоненттерді пайдалану жоғары

Этинилциклогексанолдың (ЭЦГ) және метил-терт-бутил эфирінің (МТБЭ) бензин композицияларының октандық санын арттыруға әсері бағаланды. 50:50 және 20:80 арақатынасында түзу бензин мен риформинг бензинінің қоспасының октан санының өсуі зерттелді. ЭЦГ МТБЭ-мен салыстырғанда бензин композицияларының октан санын арттыру үшін тиімдірек оттегі бар қоспалар (оксигенат) екені көрсетілді.

**Түйін сөздер:** тікелей айдау бензині, риформинг бензині, оксигенат, октан саны, этинилциклогексанол, метил-терт-бутил эфирі.

**Y.G. Gilazhov, D.K.Kulbatyrov\*, A.G. Togaybayeva, A.Z. Zholdaskalieva**  
Non-profit JSC «Atyrau Oil and Gas University named after Safi Utebayev»  
060002, Republic of Kazakhstan, Atyrau, Azattyk Ave., 1  
\*e-mail: dkkd@mail.ru

## **EFFECTIVENESS OF METHYL TERT-BUTYL ETHER AND ETHYNYLCYCLOHEXANOL ON INCREASING THE OCTANE NUMBER OF GASOLINE COMPOSITIONS OF STRAIGHT-RUN GASOLINE + REFORMING**

One of the ways to expand the production of high-octane unleaded gasoline is the use of oxygen-containing components (oxygenates). The addition of oxygenates increases the detonation resistance, especially of light fractions, the completeness of gasoline combustion, reduces fuel consumption and reduces the toxicity of exhaust gases. It was found that such an amount of oxygenates, despite their lower calorific value compared to gasoline, does not adversely affect the energy performance of engines. Oxygen-containing additives are complex and simple esters of monocarboxylic acids, higher alcohols, oxidized hydrocarbon fractions containing mixtures of acids, alcohols and esters, and oxyethylated compounds. Because of its high octane number, which allows the compression ratio to be increased to 16, methanol is used to fuel racing motorcycles and cars.

The effect of ethynylcyclohexanol (ECH) and methyl tert-butyl ether (MTBE) on increasing the octane number of gasoline compositions has been evaluated by increasing the octane number of a 50:50 and 20:80 mixture of straight-run gasoline and reforming gasoline. It has been shown that ECH is an effective oxygen-containing additive (oxygenate) for increasing the octane number of gasoline compositions, compared with MTBE.

**Key words:** octane number, straight-run gasoline, reforming gasoline, oxygenate ethynylcyclohexanol, methyl tert-butyl ether.

### **Сведения об авторах**

**Е.Г. Гилязов** – доктор технических наук, профессор Института нефтехимической инженерии и экологии; НАО «Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева», Республика Казахстан, г. Атырау; e-mail: gilazhov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3046-4845>.

**Д.К. Кулбатыров\*** – магистр, заведующий лабораторией Института нефтехимической инженерии и экологии; НАО «Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева», Республика Казахстан, г. Атырау; e-mail: dkkd@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9463-149X>.

**А.Г. Тогайбаева** – магистрант, Институт нефтехимической инженерии и экологии; НАО «Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева», Республика Казахстан, г. Атырау; e-mail: ainagul\_99@mail.ru.

**А.Ж. Жолдаскалиева** – магистрант, Институт нефтехимической инженерии и экологии; НАО «Атырауский университет нефти и газа им. С. Утебаева», Республика Казахстан, г. Атырау; e-mail: assem.zh01@mail.ru.

#### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Е.Г. Гилязов** – техника ғылымдарының докторы, Мұнайхимия инженериясы және экология институты профессоры; «С. Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, Атырау қ.; e-mail: gilazhov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3046-4845>.

**Д.К. Кулбатыров\*** – магистр, Мұнайхимия инженериясы және экология институты зертхана меңгерушісі; «С. Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, Атырау қ.; e-mail: dkkd@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9463-149X>.

**А.Г. Тогайбаева** – магистрант, Мұнайхимия инженериясы және экология институты; «С. Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, Атырау қ.; e-mail: ainagul\_99@mail.ru.

**Ә.Ж. Жолдасқалиева** – магистрант, Мұнайхимия инженериясы және экология институты; «С. Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті» КЕАҚ, Қазақстан Республикасы, Атырау қ.; e-mail: assem.zh01@mail.ru.

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

**Y.G. Gilazhov** – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Institute of Petrochemical Engineering and Ecology; Non-profit JSC «Atyrau Oil and Gas University named after Safi Utebayev», Republic of Kazakhstan, Atyrau; e-mail: gilazhov@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3046-4845>.

**D.K. Kulbatyrov\*** – Master's degree, Head of the Laboratory of the Institute of Petrochemical Engineering and Ecology; Non-profit JSC «Atyrau Oil and Gas University named after Safi Utebayev», Republic of Kazakhstan, Atyrau; e-mail: dkkd@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9463-149X>.

**A.G. Togaibayeva** – master's student, Institute of Petrochemical Engineering and Ecology; Non-profit JSC «Atyrau Oil and Gas University named after Safi Utebayev», Republic of Kazakhstan, Atyrau; e-mail: ainagul\_99@mail.ru.

**A.Zh. Zholdaskaliyeva** – master's student, Institute of Petrochemical Engineering and Ecology; Non-profit JSC «Atyrau Oil and Gas University named after Safi Utebayev», Republic of Kazakhstan, Atyrau; e-mail: assem.zh01@mail.ru.

*Материал поступил в редакцию 15.06.2023 г.*

MPHTI: 29.27.15

**Б.К. Рахадиллов<sup>1</sup>, З.А. Сатбаева<sup>1,2\*</sup>, А.Е. Кусайнов<sup>1</sup>, Е. Найманқұмарұлы<sup>1,2</sup>**<sup>1</sup>«PlasmaScience» ЖШС,

070010, Қазақстан Республикасы, Өскемен қ., Серикбаев к., 37

<sup>2</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті,

071412, Қазақстан Республикасы, Семей қ., Глинки к., 20 А

\*e-mail: zarinavkgu@gmail.com

**ПЛАЗМАЛЫҚ БЕТТІК ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУДІ ЗЕРТТЕУГЕ АРНАЛҒАН СЫЗЫҚТЫҚ ПЛАЗМА ҚҰРЫЛҒЫСЫ**

**Аңдатпа:** "PlasmaScience" ғылыми-өндірістік компаниясында (Өскемен қ., Қазақстан) плазманың материалдармен өзара әрекеттесуін зерттеу үшін Kaz-PSI (Kazakhstan plasma generator for Plasma surface Interactions) жаңа зертханалық желілік плазмалық қондырғы әзірленді және жасалды. Мақалада беттік-плазмалық өзара әрекеттесуді зерттеуге арналған эксперименттік қондырғының кейбір ерекшеліктері сипатталған. Желілік плазмалық қондырғының негізгі элементтері-LaV<sub>6</sub> катодты электронды сәулелік оқпан, плазмалық сәулелік разряд камерасы, өзара әрекеттесу камерасы, мақсатты құрылғы, электромагниттік катушкалардан тұратын электромагниттік жүйе. KAZ-PSI қондырғысы сутегі, дейтерий, гелий, аргон және азоттың үздіксіз плазмасын түрлендіруге мүмкіндік береді. Плазманың электронды тығыздығы  $10^{17}$ - $10^{18}$  м<sup>-3</sup> диапазонында, ал электронды температура 1-ден 20 эВ-ге дейін. Түскен иондардың энергиясы нысанаға теріс ығысуды 2 кВ-қа дейін беру арқылы реттеледі. KAZ-PSI қондырғысында алғаш рет вольфрамды гелий плазмасымен сәулелендіру бойынша эксперименттер жүргізілді. Мақалада вольфрам микструкциясының өзгеруін зерттеу бойынша жүргізілген зерттеу нәтижелері келтірілген. Гелий плазмасымен сәулеленгеннен кейін вольфрам бетінің морфологиясының өзгерісін және бетінде бетті гелий иондарымен бүрку арқылы, сондай-ақ көпіршіктердің пайда болуымен рельеф жасалатынын көрсетілген.

**Түйін сөздер:** плазма, сызықтық плазмалық құрылғылар, плазма бетімен өзара әрекеттесу, вакуум, KAZ-PSI.

**Кіріспе.** Плазманы қалыптастыратын материал (PFM) термо-ядролық плазма мен реактор дизайны арасындағы негізгі интерфейс болып табылады, сондықтан ол қатты сәулеленуге ұшырайды [1], бұл Халықаралық термоядролық эксперименттік реактор (ITER) сияқты магнитті ұстайтын термоядролық құрылғының қолжетімділігін шектеуі мүмкін. Вольфрам (W) ITER [2] диверторында негізгі PFM ретінде пайдаланылады және China Fusion Engineering Test Reactor (CFETR) [3] сияқты келесі буын құрылғыларында W-бірінші қабырғаны толық пайдалану ұсынылады: жоғары жылу өткізгіштік, жоғары балқу температурасы, төмен тритий ұстау және төмен эрозия жылдамдығы [4]. W-ды PFM ретінде қолдануды шектеу оның сынғыштығына байланысты, бұл компоненттерді өндірудің күрделілігін және жоғары температура мен жоғары жылу жүктемелері жағдайында жұмыс істегенде олардың жойылу мүмкіндігін анықтайды [5]. Икемділік және тұтқырлықтан сынғыштыққа ауысу температурасы (DBTT) сияқты механикалық қасиеттер W жұмысына әсер ететін маңызды факторлар болып табылады.

Сонымен қатар, қатты сәулелену жағдайлары, соның ішінде жоғары ағынды бөлшектердің әсері, жылу жүктемесі және нейтронның зақымдануы W механикалық қасиеттерін нашарлатады және оның DBTT жоғарылатады [6]. Қатты сәулелену жағдайында да құрылымды сақтай алатын жоғары өнімділігі бар W негізіндегі перспективалы материалдар қажет [7]. Сондықтан плазмалық-беттік-плазмалық сипаттамаларды зерттеу қазіргі заманғы термоядролық зерттеулердің негізгі бағыты болып табылады, өйткені болашақ термоядролық энергетикалық қондырғылардың өнімділігі, қызмет ету мерзімі және қауіпсіздігі осыған байланысты. Бұл зерттеулерге плазманың қабырғамен өзара әрекеттесуінің күрделі

физикалық есептерін жүйелі түрде шешуге мүмкіндік беретін, бақыланатын плазма параметрі, икемді мақсатты геометриясы және жақсы диагностикалық қол жетімділігі бар сызықтық плазмалық генераторлар маңызды үлес қосады [8-10]. Сызықтық плазмалық осцилляторлар ТЯР кандидаттық материалдарын сынау, плазмалық-беттік өзара әрекеттесудің әртүрлі аспектілері бойынша дерекқорды толықтыру үшін өте тиімді құралдар болып табылады [11]. Плазманың газ разрядты плазма генераторларымен имитациялық стендтердегі тарту материалымен өзара әрекеттесуін модельдеуге қызығушылық өткен ғасырдың сексенінші жылдарының басында пайда болды. Иондық сәулелік қондырғылардың көмегімен қатты дененің бетіндегі иондардың әсерінен пайда болатын қарапайым процестер туралы негізгі түсініктер алынды, мысалы, материалды бүрку, бөлшектерді ұстап алу және одан шағылыстыру. Барлық зақымдаушы факторлар толық көлемде біріктірілетін ITER толыққанды токамак-реакторын пайдалануға беру кезінде жаңа синергетикалық құбылыстар мен әсерлердің көріністерін күту керек, оларды зерттеу имитациялық эксперименттерде әзірленген деректер базасына және физикалық модельдерге едәуір дәрежеде сүйенуі мүмкін.

Сызықтық плазмалық генераторлардың ішінде басқарылатын электронды сәуле плазма генераторы бар сызықтық плазмалық қондырғылар [12-14] жоғары жылу ағыны сынақтарында плазмалық әсерді электронды сәулелермен біріктіруге мүмкіндік беретін құрылғылар ретінде кейбір артықшылықтарға ие. Осыған байланысты, дивертордың кандидаттық материалдарын сынау және плазмалық-беттік өзара әрекеттесуді зерттеу үшін Kaz-PSI зертханалық желілік плазмалық қондырғы әзірленіп, жасалды.

Бұл жұмыстың мақсаты әзірленген Kaz-PSI желілік плазмалық қондырғысының эксперименттік мүмкіндіктерін бағалау және осы қондырғының көмегімен гелий плазмасымен сәулеленген вольфрамды зерттеу болып табылады.

#### Плазмалық қондырғы параметрлері.

Әзірленген Kaz-PSI эксперименттік плазмалық қондырғысы әмбебап болып табылады және оларға плазмалық ағынның да, электронды сәуленің күшімен жасалған қуатты жылу жүктемесінің де кешенді әсер ету жағдайында материалдарды сынауға мүмкіндік береді. Плазмалық қондырғыны пайдалану жоғары жылу жүктемесі кезінде плазмамен өзара әрекеттесу жағдайында материалдардың беталысы туралы алдын ала эксперименттік деректерді қолма-қол алуға мүмкіндік береді [15]. Kaz-PSI желілік плазмалық қондырғысының жалпы көрінісі 1а суретте көрсетілген.



а)



б)

Сурет 1 – Kaz-PSI желілік плазмалық қондырғысының жалпы түрі және негізгі элементтері

Плазмалық қондырғының негізгі элементтері (сурет. 1б) электронды зеңбірек, вакуумды сенсорлар, газ айдау жүйесі, қалдық газ анализаторы, турбомолекулалық сорғы, вакуумдық өзара әрекеттесу камерасы, нысана торабы, электромагниттік катушкалардан тұратын электромагниттік жүйе болып табылады. Катодты сәулелік оқпан  $LaB_6$  жылытылатын термиялық эмиссиялық цилиндрлік катодтан және қуыс анодтан тұрады. Катодты жылыту резистивті әдіспен жүзеге асырылады және жылыту үшін 25 кВт тұрақты ток көзі қолданылады. Катодты сәулелік оқпан сығылған ауа ағынымен салқындатылады.

Вакуумдық камераға разрядты камерасы мен өзара әрекеттесу камерасы кіреді. Бұл жағдайда разряд камерасы ұзындығы 1 м және диаметрі 0,15 м тар цилиндр түрінде, ал өзара әрекеттесу камерасы 6 ISO160 фланеці бар күрделі дизайн түрінде жасалады.

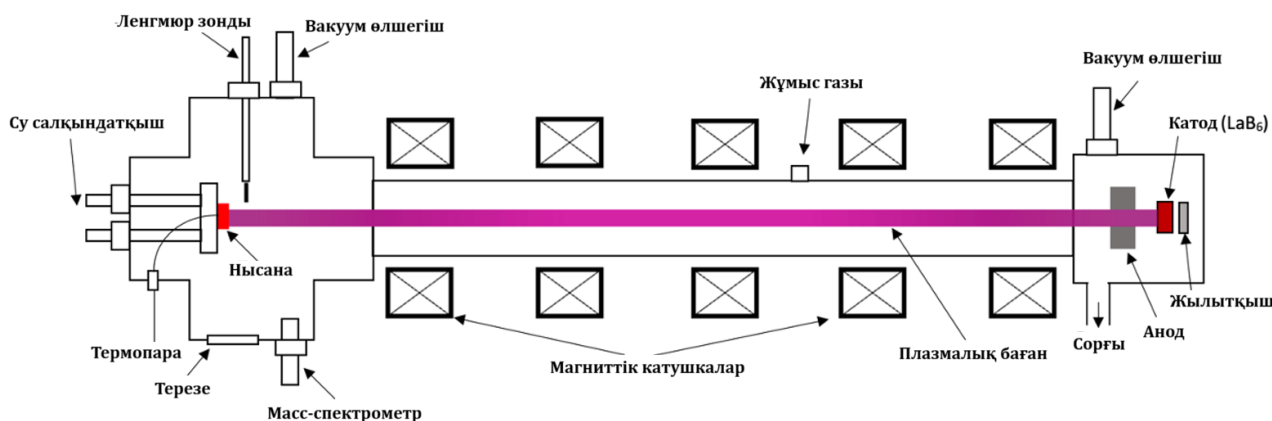
Салқындатылған нысаналық құрылғы бұл суды салқындату үшін кіріс және шығыс түтіктері бар қуыс цилиндр.

Вакуумдық айдау жүйесі камерадағы қалдық газдардың қысымын  $5 \cdot 10^{-8}$  Па деңгейінде қамтамасыз етуге қабілетті форвакуум және турбомолекулалық сорғыларды қамтиды. Әдеттегі негізгі жұмыс қысымы шамамен  $5 \cdot 10^{-4}$  -  $5 \cdot 10^{-5}$  Па құрайды. Газды іске қосу жүйесі газды вакуумдық камераға ағынның шамасы қатаң белгіленген шағын диапазонда, тегіс реттеу мүмкіндігімен жіберуді қамтамасыз етуге арналған вакуумдық ағындардан тұрады.

Электрмен жабдықтау жүйесіне электромагниттік катушкалардың, вакуумдық айдау құралдарының, диагностиканың, салқындатудың, параметрлерді бақылаудың және нысанаға теріс потенциалды беру көзінің қоректендіру блоктары, сондай-ақ плазмалық-сәулелік разрядтың бастапқы сәулесін қалыптастыру үшін тұрақты токтың тікелей қыздыру блогынан және реттелетін жоғары вольтты блоктан тұратын электрондық оқпанның электрмен қоректендіру көздерінің кешені кіреді. Диагностикалық жүйеге квадрупольді масспектрометр, Лангмюр зонды және пирометрлер кіреді. Орнатуды басқару жүйесі орнату түйіндерін қашықтан басқарудың компьютерлік бағдарламаларын қамтиды.

Плазмалық қондырғы плазмалық ағынның келесі параметрлерін алуды қамтамасыз етеді: разрядты камераның плазмалық сымның диаметрі 25 мм-ге дейін; қондырғы осінде 0,3 Тл-ға дейін пайда болатын магнит өрісінің кернеулігі; плазмадағы токтың шамасы 1 А-ға дейін; Сәуледегі плазманың тығыздығы  $10^{18}$  см-ге дейін<sup>-3</sup>, плазманың электрондық температурасы - 20 эВ дейін.

2-суретте Kaz-PSI сызықтық плазмалық қондырғысының схемалық бейнесі көрсетілген. Плазмалық қондырғы келесідей жұмыс істейді. Электронды оқпан осьтік симметриялы электронды сәулені құрайды. Оқпан катоды вольфрам жібімен қызады. Оқпанның қуаты катодты жылыту қуатымен реттеледі. Разряд камерасына жұмыс газын беру кезінде электронды сәуле жұмыс газымен өзара әрекеттесіп, плазмалық сәулелік разряд түзеді.



Сурет 2 – Kaz-PSI сызықтық плазмалық қондырғысының схемалық бейнесі

Жұмыс газы ретінде: сутегі, дейтерий, гелий және т. Б қолданылады. Плазмалық сәулені фокустау разряд камерасында бойлық магнит өрісін тудыратын электромагниттік катушкалардың көмегімен жүзеге асырылады. Магнит өрісінің кернеулігі электромагниттік катушкалар арқылы өтетін электр тогын азайту немесе арттыру арқылы реттеледі. Плазмалық сәуле орнатылған нысанаға (сыналатын материалға) түседі плазма өзара әрекеттесу қабылдағыш камерасында орналасқан. Иондардың жоғары концентрациясын қамтамасыз ету және үзілістерді дамытпай плазмалық ағынның максималды қуатын алу үшін РСН6000-20Н қуат көзі арқылы нысанаға 2 кВ-қа дейін жеделдетілген теріс потенциал беріледі.

Плазмалық ағынның параметрлерін анықтау үшін Лангмюр зонды қолданылады. Зондты диагностикалау әдісі оның потенциалына байланысты электр өткізгіштің плазмасына орналастырылған кезде зарядталған бөлшектердің ток тығыздығын өлшеуге негізделген [16]. Өзара әрекеттесу камерасындағы ортаны бақылау «Extor inc» шығарған ХТ-100 квадрупольді масс-спектрометрдің көмегімен жүзеге асырылады. Kaz-PSI қондырғысындағы плазманың негізгі параметрлері 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1 – Kaz-PSI қондырғысындағы плазманың негізгі параметрлері

Жұмыс режимі	Стационарлық
Жұмыс газы	He, Ar, H <sub>2</sub>
Магнит өрісі, Тл	0,3 дейін
Жұмыс газының қысымы, Торр	5·10 <sup>-5</sup>
Қалдық газ қысымы, Торр	5·10 <sup>-8</sup>
Инъекцияланатын электрондық сәуленің қуаты, кВт	5 дейін
Өндірілетін плазманың тығыздығы, м-3	10 <sup>18</sup> дейін
Электрондық температура, эВ	20 дейін
Жерге тұйықталған анодқа қатысты катодтағы теріс ығысу, кВ	0–2

Қазіргі уақытта токамактар мен термоядролық реакторлардың перифериялық плазмасын имитациялау үшін қолданылатын көптеген сызықтық плазмалық генераторлар бар. Алайда, бүгінгі күнге дейін жалпыға бірдей танылған және жиі келтірілген нәтижелер негізінен келесі көзқарастардан алынған: PSI-2 [17], STEP [18], PISCES-B [19], PREFACE [20], VEHICLE-1 [21], NAGDIS-II [22], Pilot-PSI [23], Magnum-PSI [24, 25], PSIEC [26]. 2-кестеде желілік плазмалық генераторлардың техникалық сипаттамалары және KAZ-PSI қондырғысының негізгі сипаттамалары желілік плазмалық құрылғылардың сипаттамаларымен салыстырылған.

Кесте 2 – Қолданыстағы желілік плазмалық қондырғылардың және KAZ-PSI плазмалық қондырғысының техникалық сипаттамалары [26].

PSI параметрлер	PSIEC [26]	PSI-2 [5]	STEP [6]	PISCES-B [7]	PREFACE [8]	VEHICLE -1 [9]	NAGDIS-II [10]	Pilot-PSI [11]	Magnum-PSI [12,13]	KAZ-PSI
Ион көзі	ыстық катод	ыстық катод	ыстық катод	рефлекторлық доға	Микро толқын	Микро толқын	Үшкір доға	каскадты доға	каскадты доға	ыстық катод
Плазма түрлері	H, D, He, Ar, N	H, D, He, Ar, N, Ne	H, D, He, Ar, N	H, D, He, Ar, N	H, D, He, Ar	H, D, He, Ar	H, D, He, Ar, N, Ne, Kr	H, D, He, Ar, N	H, D, He, Ar, N, Ne	H, D, He, Ar, N
Импульстің ұзақтығы (с)	белгіленген режим	Белгіленген режим	белгіленген режим	белгіленген режим	Белгіленген режим	Белгіленген режим	Белгіленген режим	3-10	белгіленген режим	белгіленген режим
Электрондық температура (эВ)	1-40	1-40	<40	3-51	2-6	1-5	<10	1-5	<4.7	1-20
Электрондық тығыздық (м <sup>-3</sup> )	10 <sup>17</sup> ·10 <sup>18</sup>	10 <sup>16</sup> ·10 <sup>19</sup>	10 <sup>16</sup> ·10 <sup>18</sup>	10 <sup>17</sup> ·10 <sup>19</sup>	10 <sup>16</sup> ·10 <sup>17</sup>	10 <sup>15</sup> ·10 <sup>16</sup>	~10 <sup>20</sup>	10 <sup>19</sup> ·10 <sup>21</sup>	~10 <sup>21</sup>	10 <sup>17</sup> ·10 <sup>18</sup>
Иондық бомбалау энергиясы (eV)	<110	10-300	<150	10-500	<100	<350	10-200	1-100	1-300	1-2000
Ион ағыны (м <sup>-2</sup> с <sup>-1</sup> )	10 <sup>21</sup> ·10 <sup>22</sup>	10 <sup>20</sup> ·10 <sup>23</sup>	10 <sup>20</sup> ·10 <sup>22</sup>	10 <sup>21</sup> ·10 <sup>23</sup>	10 <sup>19</sup> ·10 <sup>21</sup>	10 <sup>19</sup> ·10 <sup>20</sup>	~10 <sup>23</sup>	~10 <sup>25</sup>	~10 <sup>25</sup>	10 <sup>21</sup> ·10 <sup>22</sup>
Магнит өрісі (Т)	0.28	0.1	0.26	0.04	0.2	0.03	0.25	0.4-1.6	2.5	0.2-0,3
Разряд қуаты (kW)	0.5-6.5	<26	0.5-5	-	<2	<1	-	-	-	<5
Плазмалық бағананың диаметрі (мм)	40	60	50	50	40	70	20	15	100	25
Негізгі қысым (Па)	3x10 <sup>-5</sup>	-	5 x10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-5</sup>	5 x10 <sup>-5</sup>	-	-	2 x10 <sup>-4</sup>	5 x10 <sup>-5</sup>

2-кестені талдаудан біз әзірлеген Kaz-PSI қондырғысы көптеген сипаттамалары бойынша шетелдік аналогтардан кем түспейді және плазманың термоядролық реактор материалдарымен өзара әрекеттесуін модельдеуге арналған имитациялық стендтердің талаптарына толық сәйкес келеді деген қорытындыға келуге болады.

#### Эксперименттік процедура.

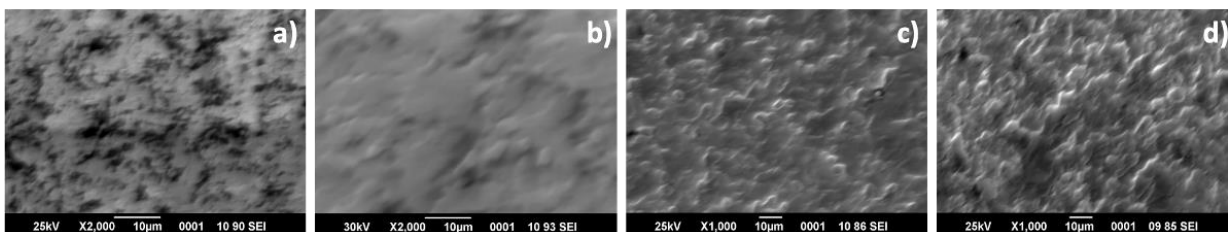
Бұл жұмыста гелий плазмасының вольфраммен өзара әрекеттесуі әзірленген қондырғының көмегімен зерттелді. Диаметрі 6,3 мм және биіктігі 5 мм цилиндр түріндегі тазалығы 99,95% вольфрам үлгілері тегістелді және жылтыратылды. Үлгілерді сәулелендіру гелий ортасында плазмалық сәулемен жүзеге асырылды. Сәулелену кезінде өзара әрекеттесу камерасындағы қысым 5×10<sup>-4</sup> Торрды құрады. Вольфрам үлгілері гелий плазмасымен T=500 °C, T=900 °C және T=1300 °C температурада сәулеленді. Сәулелену ұзақтығы 1 сағат.



Микроқұрылымның сипаттамаларын анықтау үшін Oxford INCAEnergy (Oxford Instrument, Англия) энергия дисперсиялық спектрометрімен (ЭДС) біріктірілген JSM-6390 (Jeol, Japan) сканерлеуші электронды микроскоп (СЭМ) пайдаланылды. Рентгендік құрылымды талдау үшін Cu K $\alpha$  сәулеленуі бар X'PertPRO рентгендік дифрактометрі қолданылды.

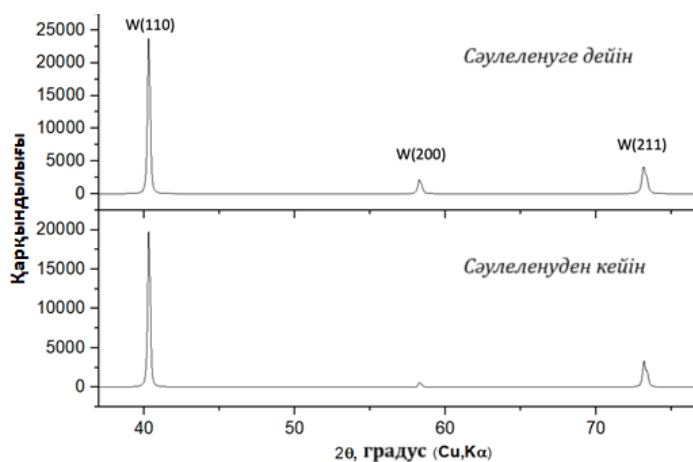
### Эксперимент нәтижелері және оларды талқылау.

3-суретте вольфрам үлгілерінің (сурет 3a) және T=500°C температурада гелий плазмасымен сәулеленгеннен кейін (сурет 3b), T=900°C (сурет.3c) және T=1300°C (сурет 3d) РЭМ суреттері көрсетілген. Зерттеу нәтижелері гелий плазмасымен сәулеленгеннен кейін вольфрам бетінің морфологиясы өзгеретінін және бетінде гелий иондарымен бетті бүрку арқылы, сондай-ақ беткі қабатта гелий иондарының жиналуына байланысты рельеф пайда болатынын көрсетті және көпіршіктердің пайда болуына әкеледі. Гелий иондарымен бүрку арқылы T=500°C температурада сәулеленген вольфрам үлгісінің (сурет.3b) бетінде ойық аймақтар байқалады. Ал T=900°C и T=1300°C температурада сәулеленген вольфрам үлгілерінің бетінде қатты бедерлі морфология қалыптасады. Беттен көпіршіктер мен эрозияға ұшыраған жерлерді анықтауға болады. Көпіршіктердің пайда болу себебі гелий атомдарының жиналуына байланысты торда жоғары қысымды аймақтардың пайда болуы болып табылады, бұл материалдың жергілікті кеңеюіне әкеледі, нәтижесінде оның бетінде көпіршіктер пайда болады.



Сурет 3 – Гелий плазмасымен сәулеленуден бұрын (a) және кейін T=500 °C (b), T=900°C (c) және T=1300 °C (d) кезінде сәулеленген вольфрам үлгісінің беткі РЭМ суреттері.

Рентгендік құрылымдық фазалық талдау гелий плазмасымен сәулеленуден кейін вольфрамның фазалық құрамының өзгермейтінін көрсетті (4-сурет). Дифрактограммадан дифракциялық шыңдардың пішінінің өзгеруін байқауға болады. Дифрактограммада дифракциялық шыңдардың (110) және (211) кеңеюі байқалады. Бұл T=1300 °C сәулеленуден кейін механикалық кернеулердің пайда болуын көрсетеді. Гелий плазмасымен сәулелену кезінде вольфрамдағы механикалық кернеулер бірнеше факторлардың әсерінен пайда болуы мүмкін. Материалға гелий иондарын енгізу кезінде олар бос орындар мен интерстициалдар (interstitials) сияқты тор ақауларын тудыруы мүмкін. Бұл ақаулардың жиналуы материалда ішкі кернеулерге әкелуі мүмкін. Сондай-ақ, бұл көпіршіктердің пайда болуына байланысты болуы мүмкін. Гелий иондары материалдың ішінде гелий көпіршіктерінің (немесе қуыстардың) пайда болуына жоғары жақындыққа ие. Бұл көпіршіктер қоршаған материалға қысым жасай алады, бұл оның ісінуіне және механикалық кернеулерге әкеледі.



Сурет 4 – Гелий плазмасымен сәулеленуге дейін және одан кейінгі T=1300°C температурада сәулеленген вольфрам дифрактограммалары

**Қорытынды.** Осылайша, әдебиеттер мен эксперименттік нәтижелерді талдау негізінде әзірленген Kaz-PSI эксперименттік плазмалық қондырғысы көптеген сипаттамалары бойынша шетелдік аналогтардан қалыс қалмайды және плазманың термоядролық реактор материалдарымен өзара әрекеттесуін модельдеуге арналған имитациялық стендтердің талаптарына толық сәйкес келеді деп айтуға болады. Имитациялық плазмалық қондырғылардың көмегімен плазмалық-беттік өзара әрекеттесулерді зерттеу энергетикалық термоядролық реактордың материалдарын таңдауды негіздеуге, плазмалық-беттік өзара әрекеттесудің әртүрлі аспектілері бойынша мәліметтер базасын толықтыруға, есептік модельдерді тексеруге және диагностикалық әдістемелерді пысықтауға және т. б. мүмкіндік береді. Сондықтан термоядролық реакторлардың материалдарын зерттеу үшін имитациялық плазмалық қондырғыларды құру өте маңызды. Плазманы имитациялайтын қондырғылар ғалымдарға осы жағдайларды кішігірім масштабта көбейтуге және зерттеуге мүмкіндік береді, бұл материалдардың нақты термоядролық реакторда өзін қалай ұстайтынын түсінуге мүмкіндік береді.

Вольфрам микструкциясының өзгеруін зерттеу бойынша жүргізілген тәжірибелер гелий плазмасымен сәулеленгеннен кейін вольфрам бетінің морфологиясы өзгертінін және бетінде гелий иондарымен бетті бүрку арқылы, сондай-ақ беткі қабатта гелий иондарының жинақталуы арқылы рельеф пайда болатынын көрсетті және ол көпіршіктерге әкеледі.  $T = 500^{\circ}\text{C}$  температурада сәулеленген вольфрам үлгісінде гелий иондарымен бүрку арқылы бетте ойық жерлер байқалады. Ал  $T=900^{\circ}\text{C}$  және  $T=1300^{\circ}\text{C}$  температурада сәулеленген вольфрам үлгілерінде бетінде көпіршіктердің пайда болуына және бүрку салдарынан эрозияға ұшыраған жерлердің пайда болуына байланысты қатты бедерлі морфология пайда болады. Көпіршіктердің пайда болу себебі гелий атомдарының жиналуына байланысты торда жоғары қысымды аймақтардың пайда болуы болып табылады, бұл материалдың жергілікті кеңеюіне әкеледі, нәтижесінде оның бетінде көпіршіктер пайда болады. Рентгендік құрылымдық талдау гелий плазмасымен сәулеленгеннен кейін вольфрамдағы механикалық кернеулердің пайда болуын растады.

*Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (Грант № AP09058568).*

#### **Әдебиеттер тізімі**

1. Kallenbach, A.; Bernert, M.; Dux, R.; Casali, L.; Eich, T.; Giannone, L.; Herrmann, A.; McDermott, R.; Mlynec, A.; Müller, H.; Reimold, F.; Schweinzer, J.; Sertoli, M.; Tardini, G.; Treutterer, W.; Viezzer, E.; Wenninger, R.; Wischmeier M.; the ASDEX Upgrade Team. Impurity seeding for tokamak power exhaust: from present devices via ITER to DEMO. Plasma Physics and Controlled Fusion 2013. – 55(12), 124041. <https://doi.org/10.1088/0741-3335/55/12/124041>.
2. Zinkle, S.J.; Blanchard, J.P.; Callis, R.W.; Kessel C.E.; Kurtz, R.J.; Lee, P.J.; McCarthy, K.A.; Morley, N.B.; Najmabadi, F.; Nygren, R.E.; Tynan, G.R.; Whyte, D.G.; Willms, R.S.; Wirth, B.D. Fusion materials science and technology research opportunities now and during the ITER era. Fusion Engineering and Design 2014, 89(7-8), 1579. <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2014.02.048>.
3. Wan, Y.; Li, J.; Liu, Y.; Wang, X.; Chan, V.; Chen, C.; Duan, X.; Fu, P.; Gao, X.; Feng, K.; Liu, S.; Song, Y.; Weng, P.; Wan, B.; Wan, F.; Wang, H.; Wu, S.; Ye, M.; Yang, Q.; Zheng, G.; Zhuang, G.; Li, Q. Overview of the present progress and activities on the CFETR. Nuclear Fusion 2017, 57(10), 102009. <https://doi.org/10.1088/1741-4326/aa686a>.
4. Andrea Malizia, Luigi Antonio Poggi, Jean-François Ciparisse, Riccardo Rossi, Carlo Bellecci and Pasquale Gaudio. A Review of Dangerous Dust in Fusion Reactors: from Its Creation to Its Resuspension in Case of LOCA and LOVA. Energies 2016, 9, 578; <https://doi:10.3390/en9080578>.
5. Chao Yin, Dmitry Terentyev, Tao Zhang, Shuhei Nogami, Steffen Antusch, Chih-Cheng Chang, Roumen H. Petrov, Thomas Pardoën, Ductile to brittle transition temperature of advanced tungsten alloys for nuclear fusion applications deduced by miniaturized three-point bending tests, International Journal of Refractory Metals and Hard Materials 2021, Vol. 95, 105464. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2020.105464>.



6. Chai Ren, Z. Zak Fang, Mark Koopman, Brady Butler, James Paramore, Scott Middlemas, Methods for improving ductility of tungsten - A review, *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials* 2018, Volume 75, 170-183. <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2018.04.012>.
7. Li, Y.G.; Zheng, Q.R.; Wei, L.M.; Zhang, C.G.; Zeng, Z. A review of surface damage/microstructures and their effects on hydrogen/helium retention in tungsten. *Tungsten* 2020, 2, 34-71. <https://doi.org/10.1007/s42864-020-00042-w>.
8. Miyamoto, M.; Mikami, S.; Nagashima, H.; Iijima, N.; Nishijima, D.; Doerner, R.; Yoshida, N.; Watanabe, H.; Ueda, Y.; Sagara, A. Systematic investigation of the formation behavior of helium bubbles in tungsten.. *Nuclear Materials* 2015, 463, 333–6. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2014.10.098>.
9. Qin, W.; Ren, F.; Doerner, R.P.; Wei, G.; Lv, Y.; Chang, S.; Tang, M.; Deng, H.; Jiang, C.; Wang, Y, Nanochannel structures in W enhance radiation tolerance. *Acta Materialia*. 2018, 153, 147-155. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2018.04.048>.
10. Thompson, M.; Doerner, R.; Ohno, N.; Kirby, N.; Kluth, P.; Riley, D.; Corr C. Measuring temperature effects on nano-bubble growth in tungsten with grazing incidence small angle x-ray scattering. *Nuclear Materials and Energy* 2017, 12 1294-1297. <https://doi.org/10.1016/j.nme.2016.11.025>.
11. Rakhadilov B.K. et al. Plasma installation for research of plasma-surface interaction // *EurasianPhysicalTechnicalJournal*,2019,Vol.16,No 2(32).
12. Yang HH, Wu ZX, Huang RJ, Huang CJ, Li SP and Li LF, Stress-induced martensitic transformation during tensile test of full-size TF conductor jacket tube at 4.2 K, CEC-ICMC 2013; 1574:48-53. <https://doi.org/10.1063/1.4860603>.
13. Yang HH, Huang CJ, Wu ZX, Huang RJ, Li LF, Analysis on the structural transformation of ITER TF conductor jacket tube, *Advanced Engineering Materials* 2014, Volume 17, Issue 3, 305-310. <https://doi.org/10.1002/adem.201400050>.
14. Yang HH, Huang CJ, Wu ZX, Huang RJ, Li LF, Analysis on the structural transformation of ITER TF conductor jacket tube, *Advanced Engineering Materials* 2014, Volume 17, Issue 3, 305-310. <https://doi.org/10.1002/adem.201400050>.
15. Hirai T., Pintsuk G., Linke J., Batilliot M. // Cracking failure study of ITER-reference tungsten grade under single pulse thermal shock loads at elevated temperatures, *Journal of Nuclear Materials* 2009, V. 390–391. P. 751-754. <https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2009.01.313>.
16. Rakhadilov, B.K.; Miniyazov, A.Z.; Skakov, M.K.; Sagdoldina, Z.B.; Tulenbergenov, T.R.; Sapataev, E.E. Structural Modification and Erosion of Plasma-Irradiated Tungsten and Molybdenum Surfaces. *Technical Physics* 2020, 65, 382-391. <https://doi.1134/S1063784220030202>.
17. Goebel D.M., Campbell G., Conn R.W. Plasma surface interaction experimental facility (PISCES) for materials and edge physics studies. — *J. Nucl. Mater.*, 1984, vol. 121, p. 277; [http://dx.doi.org/10.1016/0022-3115\(84\)90135-1](http://dx.doi.org/10.1016/0022-3115(84)90135-1).
18. Orlov K. E. *Diagnostics of low-temperature plasma: Textbook*. allowance. SPb.: Publishing House Polytechnic. University, 2005. 110 p.
19. A. Kreter, C. Brandt, A. Huber, et al., Linear plasma device PSI-2 for plasma- material interaction studies, *Fusion Sci. Technol.* 68 (2015) 8-14.
20. G.-H. Lu, L. Cheng, K. Arshad, et al., Development and optimization of STEP-A linear plasma device for plasma-material interaction studies, *Fusion Sci. Technol.* 71 (2017) 177-186.
21. Y. Hirooka, R.W. Conn, T. Sketchley, et al., A new plasma-surface interactions research facility: PISCES-B and first materials erosion experiments on bulk- boronized graphite, *J. Vacuum Sci. Technol. A* 8 (1990) 1790-1797.
22. H.-S. Zhou, H.-D. Liu, Z.-Q. An, et al., Deuterium permeation and retention in copper alloys, *J. Nucl. Mater.* 493 (2017) 398-403.
23. Y. Hirooka, H. Ohgaki, Y. Ohtsuka, et al., A new versatile facility: Vehicle-1 for innovative PFC concepts evaluation and its first experiments on hydrogen recycling from solid and liquid lithium, *J. Nucl. Mater.* 337–339 (2005) 585–589.
24. N. Ohno, D. Nishijima, S. Takamura, et al., Static and dynamic behaviour of plasma detachment in the divertor simulator experiment NAGDIS-II, *Nucl. Eng.* 41 (2001) 1055-1065.
25. G. De Temmerman, J.J. Zielinski, S. van Diepen, et al., ELM simulation experiments on Pilot-PSI using simultaneous high flux plasma and transient heat/particle source, *Nucl. Eng.* 51 (2011), 073008.

26. H.J.N. van Eck, G.R.A. Akkermans, S. Alonso van der Westen, et al., High-fluence and high-flux performance characteristics of the superconducting Magnum-PSI linear plasma facility, Fusion Eng. Des. 142 (2019) 26-32.
27. Y. Xu et al. Plasma-surface interaction experimental device: PSIEC and its first plasma exposure experiments on bulk tungsten and coatings // Fusion Engineering and Design 164 (2021) 112198.

**Б.К. Рахадиллов<sup>1</sup>, З.А. Сатбаева<sup>1,2\*</sup>, А.Е. Кусайнов<sup>1</sup>, Е. Найманқумарұлы<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>ТОО «PlasmaScience»,

070010, Республика Казастан, г. Усть-Каменогорск, ул. Серикбаев, 37

<sup>2</sup>Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

\*e-mail: zarinavkgu@gmail.com

### **ЛИНЕЙНАЯ ПЛАЗМЕННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЛАЗМЕННО-ПОВЕРХНОСТНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ**

*В научно-производственной компании «PlasmaScience» (г. Усть-Каменогорск, Казахстан) разработана и построена новая лабораторная линейная плазменная установка KAZ-PSI (Kazakhstan plasma Generator for Plasma Surface Interactions) для изучения взаимодействия плазмы с материалом. В статье описаны некоторые особенности разработанной экспериментальной установки для исследования поверхностно-плазменных взаимодействий. Основными элементами линейной плазменной установки являются электронно-лучевая пушка с катодом из LaB<sub>6</sub>, камера плазменно-пучкового разряда, камера взаимодействия, мишенное устройство, электромагнитная система, состоящая из электромагнитных катушек. Установка KAZ-PSI позволяет генерировать непрерывную плазму водорода, дейтерия, гелия, аргона и азота. Электронная плотность плазмы находится в диапазоне порядка  $10^{17}$ - $10^{18}$  м<sup>-3</sup>, а электронная температура - в диапазоне от 1 до 20 эВ. Энергия падающих ионов регулируется путем подачи на мишень отрицательного смещения до 2 кВ. На установке KAZ-PSI впервые были проведены эксперименты по облучению вольфрама гелиевой плазмой. В статье представлены результаты исследований, проведенных по изучению изменений вольфрамовой смеси. Результаты исследования показали, что после облучения гелиевой плазмой изменяется морфология поверхности вольфрама и на поверхности создается рельеф за счет распыления поверхности ионами гелия, а также за счет формирования блистеров.*

**Ключевые слова:** плазма, линейная плазменная установка, плазменно-поверхностное взаимодействие, вакуум, KAZ-PSI.

**B.K. Rakhadilov<sup>1</sup>, Z.A. Satbayeva<sup>1,2\*</sup>, A.E. Kusainov<sup>1</sup>, E. Naimankumaruly<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>«PlasmaScience» LLP,

070010, Republic of Kazakhstan, Ust-Kamenogorsk, Serikbayev str., 37

<sup>2</sup>Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, Glinka str., 20 A

\*e-mail: zarinavkgu@gmail.com

### **LINEAR PLASMA DEVICE FOR THE STUDY OF PLASMA-SURFACE INTERACTIONS**

*In the research and production company "PlasmaScience" (Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan) a new laboratory linear plasma installation KAZ-PSI (Kazakhstan plasma Generator for Plasma Surface Interactions) for studying the interaction of plasma with material has been developed and built. The article describes some features of the developed experimental setup for the study of surface-plasma interactions. The main elements of the linear plasma setup are an electron-beam gun with a LaB<sub>6</sub> cathode, a plasma-beam discharge chamber, an interaction chamber, a target device, and an electromagnetic system consisting of electromagnetic coils. The KAZ-PSI facility allows generating continuous plasma of hydrogen, deuterium, helium, argon and nitrogen. The electron density of the plasma is in the range of the order of  $10^{17}$ - $10^{18}$  m<sup>-3</sup> and the electron temperature is in the range of 1*

to 20 eV. The incident ion energy is controlled by applying a negative bias of up to 2 kV to the target. Experiments on irradiation of tungsten with helium plasma were carried out for the first time at the KAZ-PSI facility. The paper presents the results of studies conducted to study changes in the tungsten mixture. The results have shown that after helium plasma irradiation the morphology of tungsten surface changes and relief is created on the surface due to atomisation of the surface by helium ions, as well as due to the formation of blisters.

**Key words:** plasma, linear plasma unit, plasma-surface interaction, vacuum, KAZ-PSI.

#### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Б.К. Рахадиллов** – PhD, қауымдастырылған профессор, жетекші ғылыми қызметкер, «PlasmaScience» ЖШС, Қазақстан Республикасы; e-mail: rakhadilovb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5990-7123>.

**З.А. Сатбаева\*** – PhD, аға ғылыми қызметкер, «PlasmaScience» ЖШС, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: zarinavkgu@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7161-2686>.

**А.Е. Кусайнов** – инженер, «PlasmaScience» ЖШС, Қазақстан Республикасы; e-mail: arys20055@gmail.com.

**Е. Найманкумарулы** – ғылыми қызметкер, «PlasmaScience» ЖШС, "Техникалық физика" мамандығының докторанты, Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан Республикасы; e-mail: naimankumarylu@gmail.com.

#### **Сведения об авторах**

**Б.К. Рахадиллов** – PhD, ассоциированный профессор, ведущий научный сотрудник, ТОО «PlasmaScience», Республика Казахстан; e-mail: rakhadilovb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5990-7123>.

**З.А. Сатбаева\*** – PhD, старший научный сотрудник ТОО «PlasmaScience», Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: zarinavkgu@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7161-2686>.

**А.Е. Кусайнов** – инженер ТОО «PlasmaScience», Республика Казахстан; e-mail: arys20055@gmail.com.

**Е. Найманкумарулы** – научный сотрудник ТОО «PlasmaScience», докторант специальности «Техническая физика» Университета имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: naimankumarylu@gmail.com.

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

**B.K. Rakhadilov** – PhD, Associate Professor, Leading Researcher, PlasmaScience LLP, Republic of Kazakhstan; e-mail: rakhadilovb@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5990-7123>.

**Z.A. Satbaeva\*** – PhD, Senior Researcher, PlasmaScience LLP, Shakarim University, Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: zarinavkgu@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7161-2686>.

**A.E. Kusainov** – engineer, PlasmaScience LLP, Republic of Kazakhstan; e-mail: arys20055@gmail.com.

**E. Naimankumaruly** – researcher of "PlasmaScience" LLP, doctoral student of "Technical Physics" speciality of Shakarim University, Semey city, Republic of Kazakhstan; e-mail: naimankumarylu@gmail.com.

*Материал 11.08.2023 ж. баспаға түсті.*

## **АВТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН ЕРЕЖЕ**

Ғылыми мақала бұрын жарияланбаған және жаңалығы бар авторлық әзірлемелерді, қорытындыларды, ұсыныстарды қамтитын ғылыми зерттеудің, эксперименттік немесе аналитикалық қызметтің бастапқы, аралық немесе түпкілікті нәтижелерінің мәтіндік материалы болуы тиіс. Ғылыми мақалаға жалпы тақырыппен байланысты бұрын жарияланған ғылыми нәтижелерді зерттеуге және талдауға арналған жұмыс кіреді (шолу мақаласы), онда жалпылама тұжырымдар мен ұсыныстар келтірілген.

«Шәкәрім университетінің хабаршысы. Техникалық ғылымдар бөлімі» ғылыми журналы қазақ, орыс, ағылшын тілдеріндегі қолжазбаларды қабылдайды.

Журналдың жиілігі-тоқсанына 1 рет (жылына 4 Нөмір).

Мақала электрондық форматта (.doc, .docx, .rtf) tech.vestnik.shakarim.kz журнал веб-сайтының жүктеу функционалдығы арқылы беріледі.

Порталмен жұмыс істеу үшін tech.vestnik.shakarim.kz сайтына тіркелу қажет.

Журналға жариялау үшін келесі бағыттар бойынша мақалалар қабылданады:

- Автоматтандыру және есептеу техникасы
- Инженериядағы математикалық және статистикалық әдістер, техника және технологиялар
- Машина жасау және механика
- Өндірістік және өңдеу салалары
- Тамақ инженериясы және биотехнология
- Жылу энергетикасы
- Техникалық физика
- Химиялық технология

### **Материалдарды ресімдеуге қойылатын талаптар**

Мақала жиектердің келесі өлшемдерімен ресімделеді: парақтың шетінен шегініс – 2,0 см. Қаріп өлшемі – 11, жоларалық интервал – 1,0, қаріп гарнитурасы – Arial.

### **Ғылыми мақаланың құрылымы**

Структура научной статьи должна включать следующие элементы:

Ғылыми мақаланың құрылымы келесі элементтерді қамтуы керек:

- ГТАХА индексі (ғылыми-техникалық ақпараттың халықаралық айдары) – беттің сол жақ шетінен көрсетіледі. ГТАХА индексінің мақаласын тағайындау үшін [www.grnti.ru](http://www.grnti.ru) сайты пайдалану қажет).
- Авторлар туралы мәлімет – ортадағы жол арқылы жазылады:
  - мақала авторының аты-жөні және тегі (алдымен аты-жөні, содан кейін тегі – А.К. Қалиев), қаріп-қалың;
  - автордың (лардың) жұмыс орны-ЖОО (ұйымның), қаланың, елдің атауы;
  - корреспондент-автордың байланыс ақпараты (e-mail).
- Мақаланың атауы (тақырыбы) – жол арқылы, қалың қаріппен, ортасына тураланады. Ол мазмұнды дәл көрсетуі керек, қысқа және нақты болуы керек. Тақырыптағы сөздерді қысқартуға жол берілмейді.
- Аннотация – зерттеудің негізгі мәнінің, зерттеу әдістері мен объектілерінің қысқаша мазмұнын, ең маңызды нәтижелерін, олардың маңыздылығын, ғылыми және тәжірибелік құндылығын қысқаша баяндайды. Аннотация мақала атауынан кейінгі жол арқылы курсивпен орналастырылады. Аннотация көлемі-150-300 сөз.
- Түйін сөздер – мақаланы іздеуге және оның тақырыптық аймағын анықтауға арналған. Түйін сөздердің саны-5-8, курсивпен жазылады.
- Мақаланың негізгі мәтіні – жол арқылы:
  - Кіріспе – өзектіліктің көрінісі;
  - Зерттеу шарттары мен әдістері;

- Зерттеу нәтижелері;
  - Ғылыми нәтижелерді талқылау;
  - Қорытынды;
  - Пайдаланылған әдебиеттер тізімі – мақала жазылған тілде және ағылшын тілінде рәсімделеді.
- Қаржыландыру туралы ақпарат (бар болса).
  - Мақаланың соңында автордың (авторлардың) аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы, жұмыс орны; ЖОО-ның (ұйымның), қаланың, елдің атауы; әрбір автор үшін байланыс ақпараты (e-mail); мақаланың тақырыбы (атауы); аннотация; мақала тілінен ерекшеленетін екі тілдегі түйінді сөздер келтіріледі (қазақ/орыс, ағылшын).

Материалдардың көлемі, әдетте, мәтінді, суреттерді, кестелерді қоса алғанда, 3 беттен кем болмауы және 8 беттен аспауы тиіс.

Авторлар саны 5 адамнан аспауы керек.

**Суреттерді**, карталарды, фотосуреттерді, кестелерді, формулаларды компьютерлік техниканың қолдана отырып орындау және олар туралы айтылғандай мақалада орналастыру ұсынылады. Суреттердің реттік нөмірлері араб цифрларымен белгіленеді, суреттің атауы суреттің астында ортасына келтіріледі (1-сурет-суреттің атауы).

**Кестелер** мақаланың мәтінінде бірінші сілтемеден кейін немесе келесі бетте көрсетіледі. Кестенің нөмірі мен атауы беттің сол жағында келтірілген (1 – кесте-кестенің атауы). Кестені келесі бетке ауыстырған жағдайда бағандар нөмірленеді және келесі бетте оң жағында кестенің жалғасы (1-кестенің жалғасы) көрсетіледі.

**Әдебиеттерді рәсімдеу тәртібі:**

- литература располагается по мере упоминания в тексте;
- Әдебиет мәтінде айтылғандай орналастырылады;
- мәтін бойынша квадрат жақшада сілтеме берілген жұмыстың реттік нөмірі көрсетіледі;
- әдебиеттерді рәсімдеу МЕМСТ 7.1-2003 «Библиографиялық жазба. Библиографиялық сипаттама. Құрастырудың жалпы талаптары мен ережелері»;
- анықтамалық әдебиеттерді дайындау кезінде басылым авторларының толық тізімін (басқаларынсыз) көрсетіңіз.

**Әдебиеттер тізімін құрастыру мысалдары**

*Мерзімді басылымнан алынған мақала:*

1. Аксартов Р.М., Айзиков М.И., Расулова С.А. Леукомизинді сандық анықтау әдісі // ҚазҰУ Хабаршысы. Сер. хим. – 2003. – Т. № 8. – Б.40-41.

*Кітап:*

2. Курмуков А.А. Леуомизиннің ангиопротекторлық және гипополидемиялық белсенділігі. – Алматы: Бастау, 2007. – 148 б.

*Конференция материалдарынан (семинар, симпозиум), еңбектер жинағынан жариялау:*

3. Абимурдына С.Т., Сыдыкова Г.Е., Оразбаева Л.А. Қант өндірісі инфрақұрылымының жұмыс істеуі және дамуы // Қазақстанның аграрлық секторындағы Инновация: Матер. Халықарал. конф. /ҚазҰУ. Әл-Фараби атындағы қазуу. – Алматы, 2010. – Б.10-13.

*Электрондық қор:*

4. Соколовский Д.В. Өзін-өзі реттейтін камера жетектерінің механизмдерін синтездеу теориясы [Электрондық ресурс]. – 2006. – URL: [http://bookchamber.kz/stst\\_2006.htm](http://bookchamber.kz/stst_2006.htm) (қарау күні 12.03.2009).

Автор мақаланы жібергеннен кейін журнал редакциясы ұсынылған жұмысты екі апта ішінде оның талаптарға сәйкестігін тексеру мақсатында (антиплагиат, дизайн, рецензия және т.б.) қарайды.

Журнал редакциясы мақаланы қабылдау туралы оң шешім қабылдаған жағдайда, авторларға жарияланымға ақы төлеу үшін тиісті хабарлама жіберіледі.

Мақала журнал талаптарына сәйкес келмеген жағдайда авторлар электрондық поштаға хабарлама арқылы хабарланатын болады.

**Журналдың редакциясы келіп түскен жұмысты рецензиялауға дербес жібереді.** Журнал мақаланы авторын жасырып (*Double-blind review*), екі рецензиялаудан өткізеді.

Журналдың редакциясы мақаланың ұқсастығының бар-жоғына тексеруді жүзеге асырады (лицензиялық бағдарламалық қамтамасыз ету пайдаланылады). Мәтіннің өзіндік ерекшелігі **көмінде 75%** болуы керек. Мақалалардағы өзін-өзі сілтеме жасау үлесі 15%-дан аспауы керек. Түпнұсқалықтың қажетті пайызын алмаған мақала авторға пысықтауға жіберіледі. Бірінші және екінші тексерулер тегін, үшінші тексеру – 2000 теңге. Үшінші тексеруден кейін теріс нәтиже алынған жағдайда, мақала журналға жариялауға жіберілмейді.

### Мақаланы рәсімдеу үлгісі

ФТАХА: 32.61.11

**М.А. Смагулов<sup>1\*</sup>, С.А. Зайцев<sup>2</sup>, М.М. Исакова<sup>1</sup>, А.К. Каримов<sup>3</sup>**

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

<sup>2</sup>Мәскеу мемлекеттік университеті,  
119991, Ресей Федерациясы, Мәскеу, Ленин таулары, 1-үй

<sup>3</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Әл-Фараби даңғылы, 71

\*e-mail: smagulov@mail.ru

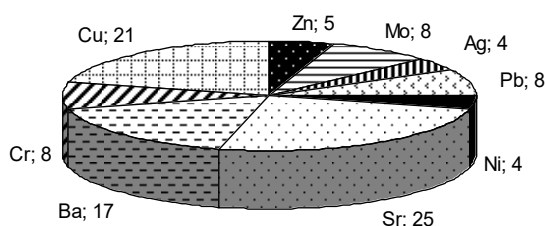
### АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ БИОГЕОХИМИЯЛЫҚ МИГРАЦИЯСЫ ЖӘНЕ ЖИНАҚТАЛУЫ

**Аннотация:** Мақалада зерттеу нәтижелері келтірілген.....

**Түйін сөздер:** қоршаған орта, биолог, табиғат,.....

#### Кіріспе

Ландшафт компоненттерінің Биогеохимиялық қасиеттерін қалыптастыруда атмосфералық, су және биогендік көші-қон маңызды рөл атқарады. Барлық табиғи сулардың ішінде жауын-шашында айтарлықтай өзгерістер байқалады. Қардағы элементтердің шоғырлануы ауа температурасына, ластану көзіне қатысты жел бағытының бағытына, одан қашықтығына, жер бедеріне байланысты [1]. Жауын-шашынның химиялық құрамындағы айырмашылықтар ауа массаларының күрделі қозғалыстарына байланысты. 1-суретте су қоймаларының мұзындағы ауыр металдардың құрамы көрсетілген.



1-сурет – Москворецкий жүйесінің су қоймаларының мұзында ауыр металдар құрамының таралуы

#### Зерттеу әдістері

Мәтін.....

#### Зерттеу нәтижелері

Жаңбыр сулары құрамы бойынша сульфатты-бикарбонатты- және сульфатты-хлоридті-кальцийлі. Атмосферада шаңның шоғырлануына байланысты олардың минералдануы жоғары. Ландшафттың аудан бірлігіне жауын-шашынға есептелген ауыр металдардың басымдылығы қармен салыстырғанда жаңбырда (Sr, Pb, Cr, Zn, Ni) анықталды (1-кесте).

1-кесте – Қар мен жаңбырдағы ауыр металдардың құрамы, кг / га

№	Ауыр металдар	Қар	Жауын
1	Pb	$0,5 \times 10^{-6}$	$0,2 \times 10^{-4}$
2	Cr	$0,4 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-3}$
3	V	$8,5 \times 10^{-5}$	–
<i>Ескертпе *</i>			

### Ғылыми нәтижелерді талқылау

Мәтін.....

### Қорытынды

Мәтін.....

### Әдебиеттер тізімі

1. Курмуков А.А. Леуомизиннің ангиопротекторлық және гиполлипидемиялық белсенділігі. – Алматы: Бастау, 2007. – 148 б.
2. Хрусталева М.А. Табиғи және антропогендік ландшафт компоненттеріндегі ауыр металдардың Биогеохимиялық көші-қоны және жинақталуы // 3-ші Халықаралық ғылыми конференцияның ғылыми еңбектер жинағы: 1-Том. – Семей қ.: СМУ баспасы. Шәкәрім, 2012. – Б. 368-373.
3. ....

### References

1. Kurmukov A.A. Angioprotektornaya i gipolipidemicheskaya aktivnost' leuomizina. – Almaty: Bastau, 2007. – 148 s.
2. Hrustaleva M.A. Biogeoхимическая миграция i аккумуляция тяжелых металлов v компонентах природных i антропогенных ландшафтов // Sbornik nauchnyh trudov 3-j Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii: Tom 1. – g. Semey: Izd-vo SGU im. SHakarima, 2012. – S. 368-373.
3. ...

**М.А. Смагулов<sup>1\*</sup>, С.А. Зайцев<sup>2</sup>, М.М. Исакова<sup>1</sup>, А.К. Каримов<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Университет имени Шакарима города Семей,

071412, Республика Казахстан, г. Семей, ул. Глинки, 20 А

<sup>2</sup>Московский государственный университет,

119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

<sup>3</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби,

050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

\*e-mail: smagulov@mail.ru

## БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ МИГРАЦИЯ И АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

**Аннотация:** В статье приведены результаты исследования.....

**Ключевые слова:** среда, биолог, природа,.....

**M. Smagulov<sup>1\*</sup>, S. Zaitsev<sup>2</sup>, M. Isakov<sup>1</sup>, A. Karimov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Shakarim University of Semey,

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A Glinka Street

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

119991, Russian Federation, Moscow, 1 Leninskie gory Street

<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, Almaty

050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, 71 Al-Farabi Avenue

\*e-mail: smagulov@mail.ru

## BIOGEOCHEMICAL MIGRATION AND ACCUMULATION HEAVY METALS

*This article discusses the characteristics of the development of eco-geochemical changes in the biosphere. Analyzed discretely, and in particular the relationship of environmental, geochemical*

and ecological changes. We present the laws of development of ecological-geochemical changes in the biosphere.....

**Key words:**.....

#### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Максат Ануарбекович Смагулов\*** – техника ғылымдарының докторы, «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-6369-3690.

**Сергей Александрович Зайцев** – «Физика және математика» кафедрасының физика-математика ғылымдарының кандидаты; Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7057-0461.

**Маржан Муратовна Искакова** – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4787-4966.

**Айтбек Калиевич Каримов** – «Автоматтандыру» кафедрасының аға оқытушысы; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5378-2266.

#### **Сведения об авторах**

**Максат Ануарбекович Смагулов\*** – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-6369-3690.

**Сергей Александрович Зайцев** – кандидат физико-математических наук кафедры «Физика и математика»; Московский государственный университет, Российская Федерация; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7057-0461.

**Маржан Муратовна** – докторант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4787-4966.

**Айтбек Калиевич** – старший преподаватель кафедры «Автоматизация»; Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5378-2266.

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

**Maksat Smagulov\*** – doctor of technical sciences, professor of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-6369-3690.

**Sergei Zaitsev** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Department of Physics and Mathematics; Moscow State University, Russian Federation; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7057-0461.

**Marjan Iskakova** – doctoral student of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4787-4966

**Aitbek Karimov** – senior teacher at the Department of Automation; Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5378-2266



## ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

---

Научная статья должна представлять собой текстовый материал начальных, промежуточных или окончательных результатов научного исследования, экспериментальной или аналитической деятельности, содержащий авторские разработки, выводы, рекомендации, ранее не опубликованные и обладающие новизной. К научной статье относится также работа, посвященная изучению и анализу ранее опубликованных научных результатов, связанных общей темой (обзорная статья), в которой приводятся обобщающие выводы и рекомендации.

В научный журнал «Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки» принимаются рукописи на казахском, русском, английском языках.

Периодичность журнала – 1 раз в квартал (4 номера в год).

Статья подается в электронном формате (.doc, .docx, .rtf) посредством загрузки через функционал веб-сайта журнала [tech.vestnik.shakarim.kz](http://tech.vestnik.shakarim.kz)

Для работы с порталом необходимо зарегистрироваться на сайте [tech.vestnik.shakarim.kz](http://tech.vestnik.shakarim.kz)

Для публикации в журнал принимаются статьи по следующим направлениям:

- Автоматизация и вычислительная техника
- Математические и статистические методы в инженерии, технике и технологии
- Машиностроение и механика
- Производственные и обрабатывающие отрасли
- Пищевая инженерия и биотехнология
- Теплоэнергетика
- Техническая физика
- Химическая технология

### Требования к оформлению материалов

Статья оформляется со следующими размерами полей: отступ от края листа – 2,0 см. Кегль шрифта – 11, межстрочный интервал – 1,0, гарнитура шрифта – Arial.

### Структура научной статьи

Структура научной статьи должна включать следующие элементы:

- Индекс МРНТИ (международный рубрикатор научно-технической информации) – указывается с левого края страницы. Для присвоения статье индекса МРНТИ необходимо использовать сайт [www.grnti.ru](http://www.grnti.ru)).
- Сведения об авторах – пишутся через строку по центру:
  - инициалы и фамилия автора(-ов) статьи (сначала инициалы, затем фамилия – А.К. Калиев), шрифт – полужирный;
  - место работы автора(-ов) – название вуза (организации), города, страны;
  - контактная информация (e-mail) автора-корреспондента.
- Название статьи (заголовок) – через строку, выделяется полужирным шрифтом, выравнивание по центру. Должно точно отражать содержание, быть кратким и лаконичным. Сокращение слов в заглавии не допускается.
- Аннотация – краткое изложение основной сути исследований, методов и объектов исследований, наиболее важных результатов, их значимость, научная и практическая ценность. Аннотация размещается через строку после названия статьи курсивом. Объем аннотации – 150-300 слов.
- Ключевые слова – предназначены для поиска статьи и определения ее предметной области. Количество ключевых слов – 5-8, оформляются курсивом.
- Основной текст статьи – через строку:
  - Введение – отражение актуальности;
  - Условия и методы исследования;
  - Результаты исследований;

- Обсуждение научных результатов;
  - Заключение;
  - Список литературы – оформляется на языке написания статьи и на английском языке.
  - Информация о финансировании (при наличии).
  - В конце статьи приводятся инициалы и фамилия, ученая степень, звание, место работы автора(-ов); название вуза (организации), города, страны; контактная информация (e-mail) для каждого автора; заглавие (название) статьи; аннотация; ключевые слова на двух языках, отличимых от языка статьи (казахский/русский, английский).
- Объем материалов, как правило, не должен быть менее 3 страниц и не более 8 страниц, включая текст, рисунки, таблицы.
- Количество авторов не должно превышать 5 человек.

**Рисунки**, карты, фотографии, таблицы, формулы рекомендуется выполнять с помощью компьютерной техники и размещать в статье по мере их упоминания. Порядковые номера рисунков обозначаются арабскими цифрами, название рисунка приводятся по центру под рисунком (Рисунок 1 – Название рисунка).

**Таблицы** отражаются в тексте статьи после первой ссылки или на следующей странице. Номер и название таблицы приводятся с левой стороны страницы (Таблица 1 – Название таблицы). В случае переноса таблицы на следующую страницу, столбцы нумеруются и на следующей странице с правой стороны указывается продолжение таблицы (Продолжение таблицы 1).

#### **Порядок оформления литературы:**

- литература располагается по мере упоминания в тексте;
- по тексту в квадратных скобках указывается порядковый номер работы, на которую дается ссылка;
- оформление литературы должно производиться в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления»;
- при оформлении пристатейной литературы приводить полный перечень авторов издания (без др.).

#### **Примеры оформления списка литературы**

*Статья из периодического издания:*

1. Аксартов Р.М., Айзиков М.И., Расулова С.А. Метод количественного определения леукомизина // Вестник КазНУ. Сер. хим. – 2003. – Т.1. № 8. – С. 40-41.

*Книга:*

2. Курмуков А.А. Ангиопротекторная и гиполипидемическая активность леуомизина. – Алматы: Бастау, 2007. – 148 с.

*Публикация из материалов конференции (семинара, симпозиума), сборников трудов:*

3. Абимурдына С.Т., Сыдыкова Г.Е., Оразбаева Л.А. Функционирование и развитие инфраструктуры сахарного производства // Инновация в аграрном секторе Казахстана: Матер. Междунар. конф. / КазНУ им. аль-Фараби. – Алматы, 2010. – С. 10-13.

*Электронный ресурс:*

4. Соколовский Д.В. Теория синтеза самоустанавливающихся кулачковых механизмов приводов [Электрон. ресурс]. – 2006. – URL: [http://bookchamber.kz/stst\\_2006.htm](http://bookchamber.kz/stst_2006.htm) (дата обращения: 12.03.2009).

После представления автором статьи редакция журнала рассматривает поступившую работу в течение двух недель с целью проверки ее соответствия предъявляемым требованиям (антиплагиат, оформление, рецензирование и т.д.).

В случае положительного решения редакции журнала о принятии статьи, авторам направляется соответствующее сообщение для произведения оплаты публикации.

В случае несоответствия статьи требованиям журнала авторы будут извещены сообщением на электронную почту.

Редакция журнала самостоятельно направляет поступившую работу на рецензирование. В журнале применяется двойное слепое рецензирование (*Double-blind review*), то есть конфиденциально.

Редакция журнала осуществляет проверку статьи на наличие заимствований (используется лицензионное программное обеспечение). Оригинальность текста должна составлять **не менее 75%**. Доля самоцитирования в статьях не должна превышать 15%. Статья, не набравшая необходимый процент оригинальности, направляется автору на доработку. Первая и вторая проверки осуществляются бесплатно, третья проверка – 2000 тенге. В случае получения отрицательного результата после третьей проверки, статья не допускается к публикации в журнале.

### Образец оформления статьи

МРНТИ: 32.61.11

**М.А. Смагулов<sup>1\*</sup>, С.А. Зайцев<sup>2</sup>, М.М. Исакова<sup>1</sup>, А.К. Каримов<sup>3</sup>**

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

<sup>2</sup>Московский государственный университет,  
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

<sup>3</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71

\*e-mail: smagulov@mail.ru

### БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ МИГРАЦИЯ И АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

**Аннотация:** В статье приведены результаты исследования.....

**Ключевые слова:** среда, биолог, природа,.....

#### Введение

В формировании биогеохимических свойств компонентов ландшафта важную роль играет атмосферная, водная и биогенная миграция. Из всех природных вод наиболее заметные изменения наблюдаются в атмосферных осадках. Концентрация элементов в снеге зависит от температуры воздуха, направления розы ветров по отношению к источнику загрязнения, удаленности от него, рельефа местности [1]. Различия химического состава атмосферных осадков обусловлены сложными перемещениями воздушных масс. На рисунке 1 отобрано содержание тяжелых металлов во льду водохранилищ.

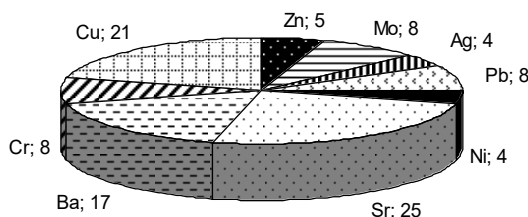


Рисунок 1 – Распределение содержания тяжелых металлов во льду водохранилищ Москворецкой системы

#### Методы исследования

Текст.....

#### Результаты исследований

Дождевые воды по составу сульфатно-гидрокарбонатно- и сульфатно-хлоридно-кальциевые. Минерализация их выше за счет концентрации в атмосфере пыли. Выявлено преобладание тяжелых металлов, рассчитанных при выпадении на единицу площади ландшафта, в дожде (Sr, Pb, Cr, Zn, Ni) по сравнению со снегом (табл. 1).

Таблица 1 – Содержание тяжелых металлов в снеге и дожде, кг/га

№	Тяжелые металлы	Снег	Дождь
1	Pb	$0,5 \times 10^{-6}$	$0,2 \times 10^{-4}$
2	Cr	$0,4 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-3}$
3	V	$8,5 \times 10^{-5}$	–
<i>Примечание: *</i>			

### Обсуждение научных результатов

Текст.....

### Заключение

Текст.....

### Список литературы

1. Курмуков А.А. Ангиопротекторная и гиполлипидемическая активность леуомизина. – Алматы: Бастау, 2007. – 148 с.
2. Хрусталева М.А. Биогеохимическая миграция и аккумуляция тяжелых металлов в компонентах природных и антропогенных ландшафтов // Сборник научных трудов 3-й Международной научной конференции: Том 1. – г. Семей: Изд-во СГУ им. Шакарима, 2012. – С. 368-373.

### References

1. Kurmukov A.A. Angioprotekturnaya i gipolipidemicheskaya aktivnost' leuomizina. – Almaty: Bastau, 2007. – 148 s.
2. Hrustaleva M.A. Biogeoхимическая migraciya i akumulyaciya tyazhelyh metallov v komponentah prirodnyh i antropogennyh landshaftov // Sbornik nauchnyh trudov 3-j Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii: Tom 1. – g. Semey: Izd-vo SGU im. SHakarima, 2012. – S. 368-373.

**М.А. Смагулов<sup>1\*</sup>, С.А. Зайцев<sup>2</sup>, М.М. Исакова<sup>1</sup>, А.К. Каримов<sup>3</sup>**

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

<sup>2</sup>Мәскеу мемлекеттік университеті,

119991, Ресей Федерациясы, Мәскеу, Ленин таулары, 1-үй

<sup>3</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,

050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., әл-Фараби даңғылы, 71

\*e-mail: smagulov@mail.ru

### АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ БИОГЕОХИМИЯЛЫҚ МИГРАЦИЯСЫ ЖӘНЕ ЖИНАҚТАЛУЫ

*Бұл мақалада биосферадағы экологиялық-геохимиялық өзгерістердің даму сипаттамасы қаралады. Қоршаған геохимиялық және экологиялық-геохимиялық өзгерістердің әсерлері бөлек және жекеше талданды. Біз биосферадағы экологиялық-геохимиялық өзгерістердің дамуының заңдылығын ұсынамыз. ....*

**Түйін сөздер:**.....

**M. Smagulov<sup>1\*</sup>, S. Zaitsev<sup>2</sup>, M. Iskakov<sup>1</sup>, A. Karimov<sup>3</sup>**

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

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

119991, Russian Federation, Moscow, 1 Leninskie gory Street

<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, Almaty

050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, 71 Al-Farabi Avenue

\*e-mail: smagulov@mail.ru

### BIOGEOCHEMICAL MIGRATION AND ACCUMULATION HEAVY METALS

*This article discusses the characteristics of the development of eco-geochemical changes in the biosphere. Analyzed discretely, and in particular the relationship of environmental, geochemical and ecological changes. We present the laws of development of ecological-geochemical changes in the biosphere.....*

**Key words:**.....

#### **Сведения об авторах**

**Максат Ануарбекович Смагулов\*** – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-6369-3690.

**Сергей Александрович Зайцев** – кандидат физико-математических наук кафедры «Физика и математика»; Московский государственный университет, Российская Федерация; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7057-0461.

**Маржан Муратовна Искакова** – докторант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4787-4966.

**Айтбек Калиевич Каримов** – старший преподаватель кафедры «Автоматизация»; Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5378-2266.

#### **Авторлар туралы мәліметтер**

**Максат Ануарбекович Смагулов\*** – техника ғылымдарының докторы, «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-6369-3690.

**Сергей Александрович Зайцев** – «Физика және математика» кафедрасының физика-математика ғылымдарының кандидаты; Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7057-0461.

**Маржан Муратовна Искакова** – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4787-4966.

**Айтбек Калиевич Каримов** – «Автоматтандыру» кафедрасының аға оқытушысы; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5378-2266.

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

**Maksat Smagulov\*** – doctor of technical sciences, professor of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-6369-3690.

**Sergei Zaitsev** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Department of Physics and Mathematics; Moscow State University, Russian Federation; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7057-0461.

**Marjan Iskakova** – doctoral student of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4787-4966

**Aitbek Karimov** – senior teacher at the Department of Automation; Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5378-2266

## RULES FOR AUTHORS

---

A scientific article should be a textual material of the initial, intermediate or final results of a scientific research, experimental or analytical activity, containing author's developments, conclusions, recommendations that have not been previously published and have novelty. A scientific article also includes a work devoted to the study and analysis of previously published scientific results related to a common theme (review article), which provides generalizing conclusions and recommendations.

In the scientific journal "Bulletin of Shakarim University". Series of technical sciences" accepts manuscripts in Kazakh, Russian, English.

Periodicity of the journal - 1 time per quarter (4 issues per year).

The article is submitted in electronic format (.doc, .docx, .rtf) by downloading through the functionality of the journal website [tech.vestnik.shakarim.kz](http://tech.vestnik.shakarim.kz)

To work with the portal, you need to register on the site [tech.vestnik.shakarim.kz](http://tech.vestnik.shakarim.kz)

Articles in the following areas are accepted for publication in the journal:

- Automation and computer technology
- Mathematical and statistical methods in engineering, technique and technology
- Engineering and mechanics
- Manufacturing and Processing Industries
- Food engineering and biotechnology
- Thermal power engineering
- Technical Physics
- Chemical Technology

### Requirements for the formalization of materials

The article is drawn up with the following margins: indent from the edge of the sheet – 2.0 cm. Font size – 11, line spacing – 1.0, typeface – Arial.

### Structure of a scientific article

- ISTIR index (international scientific and technical information rubric) – indicated from the left edge of the page. To assign an ISTIR index to an article, you need to use the site [www.grnti.ru](http://www.grnti.ru).
- Information about the authors - written on the next line in the center
  - initials and surname of the author (s) of the article (first write the initials, then the surname – A. Kaliev), font selection – bold;
  - place of work of the author(s) – the name of the university (organization), city, country;
  - contact information (e-mail) of the corresponding author.
- Title of the article (title) – next line, highlighted in bold, center alignment. It should accurately reflect the content, be short and concise. Shortening of words in the title is not allowed.
- Annotation - a summary of the main essence of research, methods and objects of research, the most important results, their significance, scientific and practical value. The annotation is placed one line after the title of the article in italics. The volume of the abstract is 150-300 words.
- Keywords are designed to search for an article and determine its subject area. The number of keywords - 5-8, are written in italics.
- The main text of the article – through the line:
  - Introduction - a reflection of relevance;
    - Conditions and methods of research;
    - Research results;
    - Discussion of scientific results;
    - Conclusion;
    - The list of references is drawn up in the language of writing the article and in English.
- Funding information (in the presence).
- At the end of the article, the initials and surname, academic degree, title, place of work of the author(s) are given; the name of the university (organization), city, country; contact information (e-

mail) for each author; title (heading) of the article; annotation; keywords in two languages distinct from the language of the article (Kazakh/Russian, English).

The volume of materials, as a rule, should not be less than 3 pages and not more than 8 pages, including text, figures, tables.

The number of authors should not exceed 5 people.

**Drawings**, maps, photographs, tables, formulas are recommended to be done using computer technology and placed in the article as they are mentioned. Sequential numbers of figures are indicated by Arabic numerals, the name of the figure is given in the center under the figure (Figure 1 – The title of the figure).

**Tables** are reflected in the text of the article after the first link or on the next page. The number and title of the table are given on the left side of the page (Table 1 – The title of the table). If the table is transferred to the next page, the columns are numbered and on the next page, on the right side, the continuation of the table is indicated (Continuation of table 1).

#### **The order of registration of literature:**

- literature is arranged as it is mentioned in the text;
- the text in square brackets indicates the serial number of the work to which the link is given;
- the design of the literature should be carried out in accordance with the requirements of GOST 7.1-2003 “Bibliographic record. Bibliographic description. General requirements and rules for drafting”;
- when preparing referenced literature, provide a complete list of the authors of the publication (without others).

#### **Examples of designing a list of references**

*Article from the periodical:*

1. Aksartov R.M., Aizikov M.I., Rasulova S.A. Method for the quantitative determination of leucomizin // Bulletin of KazNU. Ser. chem. – 2003. – V.1. No. 8. – 40-41 p.

*Book:*

2. Kurmukov A.A. Angioprotective and hypolipidemic activity of leucomizin. – Almaty: Bastau, 2007. – 148 p.

*Publication from the materials of the conference (seminar, symposium), collections of works:*

3. Abimuldina S.T., Sydykova G.E., Orazbaeva L.A. Functioning and development of the infrastructure of sugar production // Innovation in the agrarian sector of Kazakhstan: Mater. International conf. / KazNU named after al-Farabi. – Almaty, 2010. – 10-13 p.

*Electronic resource:*

4. Sokolovsky D.V. Theory of synthesis of self-aligning cam mechanisms of drives [Electron. resource]. – 2006. – URL: [http://bookchamber.kz/stst\\_2006.htm](http://bookchamber.kz/stst_2006.htm) (date of access: 12.03.2009).

After the submission of the article by the author, the editors of the journal review the submitted work within two weeks in order to check its compliance with the requirements (anti-plagiarism, design, review, etc.).

In case of a positive decision of the editorial board of the journal to accept the article, the authors are sent a corresponding message to pay for the publication.

In case of non-compliance of the article with the requirements of the journal, the authors will be notified by e-mail.

#### **The editorial board of the journal independently sends the received work for review.**

The journal uses *double-blind review*, that is, it is confidential.

The editorial board of the journal checks the article for borrowings (licensed software is used). The originality of the text must be **at least 75%**. The share of self-citations in articles should not exceed 15%. An article that does not reach the required percentage of originality is sent to the author for revision. The first and second checks are free of charge, the third check is 2000 tenge. If a negative result is obtained after the third check, the article is not allowed for publication in the journal.

## Sample design of the article

ISTIR: 32.61.11

**M. Smagulov<sup>1</sup>, S. Zaitsev<sup>2</sup>, M. Iskakova<sup>1</sup>, A. Karimov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Shakarim University of Semey

071412, Republic of Kazakhstan, Semey, 20 A, Glinki str.

<sup>2</sup>Moscow State University,

119991, Russian Federation, Moscow, Leninskiye Gory, 1, str.

<sup>3</sup>Kazakh al-Farabi National University

050040, Republic of Kazakhstan, Almaty, al-Farabi Ave., 71

\*e-mail: smagulov@mail.ru

### BIOGEOCHEMICAL MIGRATION AND ACCUMULATION HEAVY METALS

**Annotation:** *The article presents the results of the study.....*

**Key words:** *environment, biologist, nature,.....*

#### Introduction

Atmospheric, water, and biogenic migration plays an important role in the formation of the biogeochemical properties of landscape components. Of all natural waters, the most noticeable changes are observed in precipitation. The concentration of elements in the snow depends on the air temperature, the direction of the wind rose in relation to the source of pollution, the distance from it, and the terrain [1]. Differences in the chemical composition of precipitation are due to complex movements of air masses. Figure 1 shows the content of heavy metals in the ice of reservoirs.

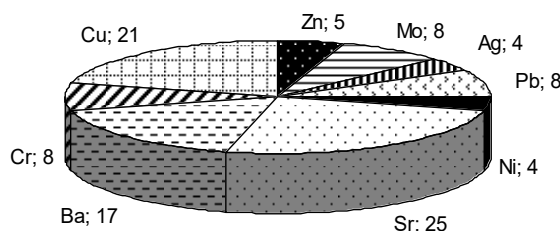


Figure 1 – Distribution of heavy metals in the ice of reservoirs of the Moskvoretskaya system

#### Research methods

Text.....

#### Research results

Rain waters are sulfate-bicarbonate- and sulfate-chloride-calcium in composition. Their mineralization is higher due to the concentration of dust in the atmosphere. The predominance of heavy metals calculated for precipitation per unit area of the landscape was revealed in rain (Sr, Pb, Cr, Zn, Ni) compared to snow (Table 1).

Table 1 – Content of heavy metals in snow and rain, kg/ha

№	Heavy Metals	Snow	Rain
1	Pb	$0,5 \times 10^{-6}$	$0,2 \times 10^{-4}$
2	Cr	$0,4 \times 10^{-6}$	$1,6 \times 10^{-3}$
3	V	$8,5 \times 10^{-5}$	–

Note: \*

#### Discussion of scientific results

Text.....

#### Conclusion

Text.....



## References

1. Kurmukov A.A. Angioprotekornaya i gipolipidemicheskaya aktivnost' leuomizina. – Almaty: Bastau, 2007. – 148 s.
2. Hrustaleva M.A. Biogeoхимическая миграция i аккумуляция tyazhelyh metallov v komponentah prirodnyh i antropogennyh landshaftov // Sbornik nauchnyh trudov 3-j Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii: Tom 1. – g. Semey: Izd-vo SGU im. SHakarima, 2012. – S. 368-373.
3. ...

**М.А. Смагулов<sup>1\*</sup>, С.А. Зайцев<sup>2</sup>, М.М. Исакова<sup>1</sup>, А.К. Каримов<sup>3</sup>**

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

<sup>2</sup>Мәскеу мемлекеттік университеті,  
119991, Ресей Федерациясы, Мәскеу, Ленин таулары, 1-үй

<sup>3</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
050040, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., әл-Фараби даңғылы, 71  
\*e-mail: smagulov@mail.ru

## АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ БИОГЕОХИМИЯЛЫҚ МИГРАЦИЯСЫ ЖӘНЕ ЖИНАҚТАЛУЫ

*Бұл мақалада биосферадағы экологиялық-геохимиялық өзгерістердің даму сипаттамасы қаралады. Қоршаған геохимиялық және экологиялық-геохимиялық өзгерістердің әсерлері бөлек және жекеше талданды. Біз биосферадағы экологиялық-геохимиялық өзгерістердің дамуының заңдылығын ұсынамыз. ....*

**Түйін сөздер:**.....

**М.А. Смагулов<sup>1\*</sup>, С.А. Зайцев<sup>2</sup>, М.М. Исакова<sup>1</sup>, А.К. Каримов<sup>3</sup>**

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

<sup>2</sup>Московский государственный университет,  
119991, Российская Федерация, Москва, Ленинские горы, д. 1

<sup>3</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
050040, Республика Казахстан, г. Алматы, пр. аль-Фараби, 71  
\*e-mail: smagulov@mail.ru

## БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ МИГРАЦИЯ И АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

**Аннотация:** В статье приведены результаты исследования.....

**Ключевые слова:** среда, биолог, природа,.....

### Information about the authors

**Maksat Smagulov\*** – doctor of technical sciences, professor of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-6369-3690.

**Sergei Zaitsev** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Department of Physics and Mathematics; Moscow State University, Russian Federation; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7057-0461.

**Marjan Iskakova** – doctoral student of the department «Technological equipment and mechanical engineering»; Shakarim University of Semey, Republic of Kazakhstan; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4787-4966

**Aitbek Karimov** – senior teacher at the Department of Automation; Al-Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5378-2266

### Сведения об авторах

**Максат Ануарбекович Смагулов\*** – доктор технических наук, профессор кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-6369-3690.

**Сергей Александрович Зайцев** – кандидат физико-математических наук кафедры «Физика и математика»; Московский государственный университет, Российская Федерация; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7057-0461.

**Маржан Муратовна Исакова** – докторант кафедры «Технологическое оборудование и машиностроение»; Университет имени Шакарима города Семей, Республика Казахстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4787-4966.

**Айтбек Калиевич Каримов** – старший преподаватель кафедры «Автоматизация»; Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5378-2266.

### Авторлар туралы мәліметтер

**Максат Ануарбекович Смагулов\*** – техника ғылымдарының докторы, «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының профессоры; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: smagulov@mail.ru. ORCID: 0000-0001-6369-3690.

**Сергей Александрович Зайцев** – «Физика және математика» кафедрасының физика-математика ғылымдарының кандидаты; Мәскеу мемлекеттік университеті, Ресей Федерациясы; e-mail: zaisev@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7057-0461.

**Маржан Муратовна Исакова** – «Технологиялық жабдықтар және машина жасау» кафедрасының докторанты; Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Қазақстан; e-mail: iskakova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4787-4966.

**Айтбек Калиевич Каримов** – «Автоматтандыру» кафедрасының аға оқытушысы; әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан; e-mail: karimov@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5378-2266.

## МАЗМҰНЫ – СОДЕРЖАНИЕ

---

<b>С.С. Ануарбекова</b> ФЕРМЕНТЫ МИКРООРГАНИЗМОВ. ПРОТЕАЗЫ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ.....	5
<b>В. Askaruly, G. Abitova</b> HYBRID INFORMATION SYSTEMS MODELING TECHNOLOGY FOR BUSINESS PROCESS ANALYSIS BASED ON THE INTERNET OF THINGS.....	19
<b>Ж.Ә. Бақыт, Ш.Қ. Исағалиева, А.Б. Касымов</b> ОРГАНИКАЛЫҚ РЕНКИН ЦИКЛІНІҢ ЖҰМЫС ДЕНЕСІН ТАҢДАУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	29
<b>Ә.Ж. Қайырбекова, А.Ж. Миниязов, Т.Р. Туленберген, Ф.Қ. Жанболатова, О.А. Степанова</b> ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ НА ПЛАЗМЕННО-ПУЧКОВОЙ УСТАНОВКЕ.....	36
<b>А.О. Майжанова, К.Ж. Амирханов, Ш.К. Жакупбекова, А.К. Суйчинов</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ, ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И АМИНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МЯСА ПТИЦЫ.....	44
<b>З.Н. Темиржанова</b> ПОСЛЕДНИЕ ДОСТИЖЕНИЯ БИОСЕНСОРА В ОБЛАСТИ МИКРОБНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ.....	51
<b>Zh.T. Turikpenova, G.A. Abitova</b> CHALLENGES AND PROSPECTS IN BIG DATA ANALYTICS: A COMPREHENSIVE REVIEW OF DEVELOPMENTS, HURDLES, AND FUTURE RESEARCH DIRECTIONS.....	60
<b>А.А. Мухамедин, Г.А. Абитова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КРОССПЛАТФОРМЕННОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ПРОСМОТРА ФИЛЬМОВ И СЕРИАЛОВ С ИНТЕГРАЦИЕЙ CHAT GPT AI.....	68
<b>Е.Г. Гиладжов, Д.К. Кулбатыров, А.Г. Тогайбаева, А.Ж. Жолдаскалиева</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТИЛ-ТРЕТ- БУТИЛОВОГО ЭФИРА И ЭТИНИЛЦИКЛОГЕКСАНОЛА НА ПОВЫШЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА БЕНЗИНОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ ПРЯМОГОННОГО БЕНЗИНА + РИФОРМИНГА.....	74
<b>Б.К. Рахадиллов, З.А. Сатбаева, А.Е. Кусайнов, Е. Найманқұмарұлы</b> ПЛАЗМАЛЫҚ БЕТТІК ӨЗАРА ӨРЕКЕТТЕСУДІ ЗЕРТТЕУГЕ АРНАЛҒАН СЫЗЫҚТЫҚ ПЛАЗМА ҚҰРЫЛҒЫСЫ.....	82
<b>АВТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН ЕРЕЖЕ.....</b>	91
<b>ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ.....</b>	96
<b>RULES FOR AUTHORS.....</b>	101

Басуға жіберілген күні 28.09.2023 ж. Пішімі 60x84 1/8  
Шартты баспа табағы 6,6  
Таралымы 100 дана. Бағасы келісімді.

---

Техникалық редакторы: Евлампиева Е.П., Семейская З.Т.  
Безендіруші: Мырзабеков С.Т.

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

Жылына 4 рет шығады

Құрылтайшысы: «Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті»  
коммерциялық емес акционерлік қоғам

Семей қаласының Шәкәрім атындағы университетінің  
баспаханасында басылды

---

Редакцияның мекен-жайы: 071412, Абай облысы,  
Семей қаласы, ул. Глинки, 20 А  
Тел.: +7 (7222) 31-32-49, эл.почта: rio@semgu.kz