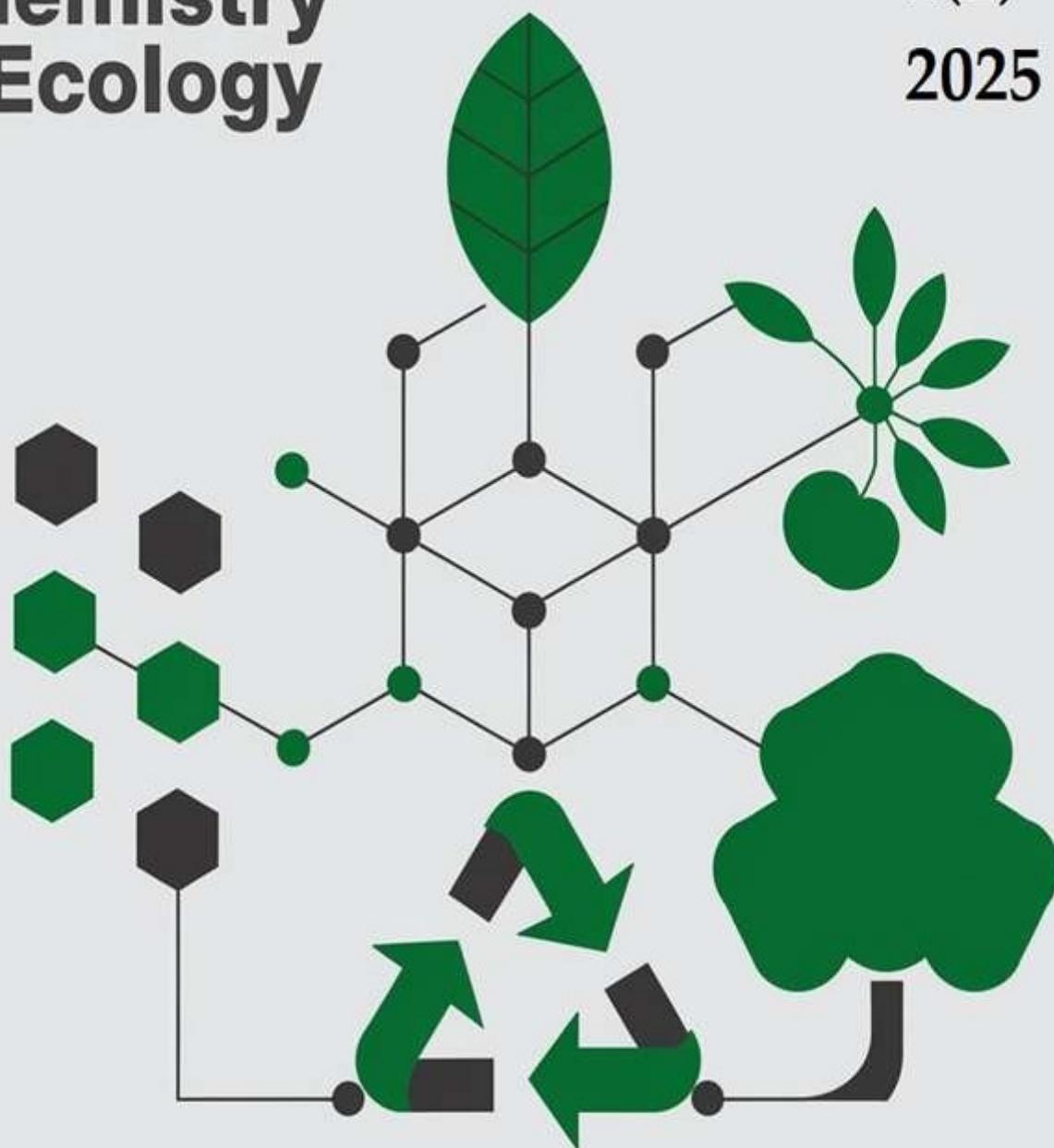


Shakarim

Chemistry & Ecology

**1(1)
2025**



SHAKARIM UNIVERSITY PRESS

SHAKARIM CHEMISTRY&ECOLOGY, 2025 1(1)

ШӘКӘРІМ УНИВЕРСИТЕТІ

SHAKARIM CHEMISTRY & ECOLOGY

ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ ♦ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ♦ SCIENTIFIC JOURNAL

Том
Том
Volume

1

Шығарылым
Выпуск
Issue

1

Жыл
Год
Year

2025

Семей, 2025

Меншік иесі:

«Шәкәрім университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Кезеңділігі: тоқсан сайын (жылына 4 рет)

Журнал Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің
Ақпарат комитетінде тіркелген Есепке қою туралы 07.02.2025 ж.

№KZ73VPY00111817 куәлігі

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚАСЫ

Бас редактор – Кливенко Алексей Николаевич

қауымдастырылған профессор, Шәкәрім Университеті, Семей (Қазақстан)

Ғылыми редактор - Сабитова Альфира Нұржанқызы

қауымдастырылған профессор, Шәкәрім Университеті, Семей (Қазақстан)

Жауапты редактор - Касымова Жанар Сайлаубековна

қауымдастырылған профессор, Шәкәрім Университеті, Семей (Қазақстан)

Техникалық редактор - Баяхметова Булбул Баяхметовна

қауымдастырылған профессор, Шәкәрім Университеті, Семей (Қазақстан)

Алқасының мүшелері

Асеев Владимир – доцент, Хельсинки Университеті, Хельсинки (Финляндия)

Исаева Ақмарал – профессор, М.Әуезов атындағы Оңтүстік-Қазақстан
университеті, Шымкент (Қазақстан)

Қаирбеков Жақсынтай Қаирбекұлы – профессор, Әл-Фараби атындағы Қазақ
Ұлттық университеті, Алматы (Қазақстан)

Ковач Тибор – PhD, Паннония университетінің радиохимия және
радиоэкология институты, Паннония (Мажарстан)

Королев Александр Николаевич – доцент, СибАДИ Университеті, Омск
(Ресей)

Қудайбергенов Сарқыт – профессор, Полимер материалдар және технологиялар институты, Алматы (Қазақстан)

Леска Богуслава – профессор, Адам Мицкевич Университеті, Познань (Польша)

Сатаева Алия Рифкатовна – қауымдастырылған профессор, Назарбаев Университет, Астана (Қазақстан)

Сибиркина Альфира Равильевна – доцент, Оңтүстік-Орал мемлекеттік гуманитарлық педагогикалық университеті, Челябинск (Ресей)

Троц Наталья Михайловна – профессор, Самара мемлекеттік аграрлық университеті, Самара (Ресей)

Хуторянский Виталий – профессор Рэдинг Университеті, Рэдинг (Ұлыбритания)

Редакцияның мекен-жайы: 071412, Абай облысы, Семей қ., Глинка к-сі, 20а, каб. 506

Байланыс телефоны: 8(7222)31-32-49

©«Шәкәрім университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамы, 2025

«Shakarim Chemistry&Ecology» scientific journal, N 1(1)2025

Owner:

«Shakarim university» non-profit joint-stock company

Periodicity: quarterly (4 times per year)

The publication is registered with the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan.

Registration certificate No. KZ73VPY00111817 dated February 7, 2025.

EDITORIAL BOARD

Editor – in -chief – Alexey Klivenko

Associate professor, Shakarim University, Semey (Kazakhstan)

Scientific editor - Alfira Sabitova

Associate professor, Shakarim University, Semey (Kazakhstan)

Managing editor – Zhanar Kassymova

Associate professor, Shakarim University, Semey (Kazakhstan)

Technical editor – Bulbul Bayakhmetova

Associate professor, Shakarim University, Semey (Kazakhstan)

EDITORIAL BOARD MEMBERS

Vladimir Aseyev – docent, University of Helsinki, Helsinki (Finland)

Akmaral Issayeva – professor, M.Auezov South-Kazakhstan research university , Shymkent (Kazakhstan)РЕДАКЦИЈАЛЫҚ АЛҚАСЫ

Zhaxyntai Kayrbekov – professor, Al-Farabi Kazakh National Research University, Almaty (Kazakhstan)

Tibor Kovacs – PhD, Radiochemistry and radioecology institute, University of Pannonia, Pannonia (Hungary)

Alexandr Korolyov – docent, SIBADI University, Omsk (Russia)

Sarkyt Kudaibergenov – professor, Institute of polymer materials and technology,
Almaty (Kazakhstan)

Boguslawa Leska – professor, Adam Mickiewicz University, Poznan (Poland)

Aliya Satayeva – associate professor, Nazarbayev University, Astana (Kazakhstan)

Alfira Sibirkina – docent, South-Ural State Humanitarian-Pedagogical University,
Chelyabinsk (Russia)

Natalya Trotz – professor, Samara State agrarian university, Samara (Russia)

Vitaliy Khutoryanskiy – professor, University of Reading, Reading (UK)

Adress: 071412, Abay region, Semey, Glinka str., 20a, office 506

Phone: 8(7222)31-32-49

©non-commercial joint stock company «Shakarim university», 2025

Научный журнал «Shakarim Chemistry&Ecology», N 1(1)2025

Собственник:

Некоммерческое акционерное общество «Шәкәрім университеті»

Периодичность: раз в квартал (4 раза в год)

Издание зарегистрировано в Министерстве культуры и информации
Республики Казахстан.

Свидетельство о регистрации № KZ73VPY00111817 от 07 февраля 2025 года.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор – Кливенко Алексей Николаевич

ассоциированный профессор, Шәкәрім Университет, Семей (Казахстан)

Научный редактор - Сабитова Альфира Нуржановна

ассоциированный профессор, Шәкәрім Университет, Семей (Казахстан)

Ответственный редактор - Касымова Жанар Сайлаубековна

ассоциированный профессор, Шәкәрім Университет, Семей (Казахстан)

Технический редактор - Баяхметова Булбул Баяхметовна

ассоциированный профессор, Шәкәрім Университет, Семей (Казахстан)

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

Асеев Владимир – доцент, Университет Хельсинки, Хельсинки (Финляндия)

Исаева Акмарал Умербековна – профессор, Южно-Казахстанский
университет имени М. Ауезова, Шымкент (Казахстан)

Каирбеков Жаксынтай Каирбекович – профессор, Казахский Национальный
Университет имени аль-Фараби, Алматы (Казахстан)

Ковач Тибор – PhD, Институт радиохимии и радиоэкологии Университета
Паннония (Венгрия)

Королев Александр Николаевич – доцент, Университет СибАДИ, Омск
(Россия)

Кудайбергенов Саркыт Елекенович – профессор, Институт полимерных материалов и технологий, Алматы (Казахстан)

Леска Богуслава – профессор, Университет им. Адама Мицкевича, Познань (Польша)

Сатаева Алия Рифкатовна – ассоциированный профессор, Назарбаев Университет, Астана (Казахстан)

Сибиркина Альфира Равильевна – доцент, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск (Россия)

Троц Наталья Михайловна – профессор Самарский государственный аграрный университет, Самара (Россия)

Хуторянский Виталий – профессор Университет Рэдинга, Рэдинг (Великобритания)

Адрес редакции: 071412, область Абай, г. Семей, ул. Глинки, 20а, каб. 506

Телефон: 8(7222)31-32-49

©Некоммерческое акционерное общество «Шәкәрім университет», 2025

МАЗМҰНЫ / CONTENTS / СОДЕРЖАНИЕ

Химия / Chemistry / Химия

- | | | |
|---|--|----|
| 1 | <p>А.Б. Есжанов, И.В. Корольков, М.В. Здоровец
 <i>Лаурилметакрилаттың фотоинициацияланған теліп полимерленуі және лаурилакрилат пен стеарилметакрилаттың ПЭТФ трек мембраналарында қосполимерленуі</i>
 A. Yeszhanov, I. Korolkov, M. Zdorovets
 <i>Photoinitiated Graft Polymerization of Lauryl Methacrylate and Copolymerization of Lauryl Acrylate and Stearyl Methacrylate on PET Track Membranes</i>
 А.Б. Есжанов, И.В. Корольков, М.В. Здоровец
 <i>Фотоиницированная прививочная полимеризация лаурилметакрилата и сополимеризация лаурилакрилата и стеарилметакрилата на ПЭТФ трековые мембраны</i></p> | 11 |
| 2 | <p>Г.Т. Елемесова, А.Н. Кливенко, Л.К. Оразжанова, А.В. Шахворостов
 <i>Акриламид пен натрий акрилаты негізіндегі гидрогельдердің тұз ерітінділеріндегі ісіну дәрежесін синтездеу және зерттеу: мұнай кен орындарында қолдану үшін</i>
 G. Yelemessova, A. Klivenko, L. Orazzhanova, A. Shakhvorostov
 <i>Synthesis and Study of the Swelling Degree of Hydrogels Based on Acrylamide and Sodium Acrylate in Salt Solutions for Further Application in Oil Fields</i>
 Г.Т. Елемесова, А.Н. Кливенко, Л.К. Оразжанова, А.В. Шахворостов
 <i>Синтез и исследование степени набухания гидрогелей на основе акриламида и акрилата натрия в растворах солей для дальнейшего использования в нефтяных месторождениях</i></p> | 23 |
| 3 | <p>Х.Г. Акимжанова, А.Н. Сабитова, Б.Х. Мусабаева
 <i>Маралды көлінің табиғи балшығының элементтік құрамы</i>
 H. Akimzhanova, A. Sabitova, B. Musabayeva
 <i>Elemental Composition of Natural Mud from Lake Maraldy</i>
 Х.Г. Акимжанова, А.Н. Сабитова, Б.Х. Мусабаева
 <i>Элементный состав природной грязи озера Маралды</i></p> | 32 |
| 4 | <p>Д.К. Карлы, Г.С. Айтқалиева, Н.Ж. Жантұрғанов, Ж. Смайылова, М.В. Битабарова
 <i>Мотор майлары үшін полимерлік қалыңдатқыш қоспалардың тиімділігін арттыру</i>
 D. Karly, G. Aitkaliyeva, N. Zhanturganov, Zh. Smaiyllova, M. Bitabarova
 <i>Increasing the Effectiveness of Polymeric Thickening Additives for Motor Oils</i>
 Д.К. Карлы, Г.С. Айтқалиева, Н.Ж. Жантұрғанов, Ж. Смайлова, М.В. Битабарова
 <i>Повышение эффективности полимерных загущающих присадок для моторных масел</i></p> | 42 |
| 5 | <p>Ж.Ж. Нуртазина, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, К.К. Кабдулкаримова
 <i>Chlorella vulgaris өсіру жағдайларының биомасса мен биологиялық белсенді заттардың құрамына әсері</i>
 Zh. Nurtazina, Zh. Kassymova, L. Orazzhanova, K. Kabdulkarimova</p> | 52 |

Influence of Cultivation Conditions of Chlorella vulgaris on Biomass and Content of Biologically Active Substances

Ж.Ж. Нуртазина, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, К.К. Кабдулкаримова

Влияние условий культивирования Chlorella vulgaris на биомассу и содержание биологически активных веществ

Экология / Ecology / Экология

- 6 **Л.В. Скрипникова, А.К. Мурзалимова, Т.Б. Құрақов, Ж.К. Кабышева** 66
«Семей цемент зауыты өндірістік компаниясы» ЖШС аумағындағы техногендік ландшафттардың экологиялық-геохимиялық бағасы
L. Skripnikova, A. Murzalimova, T. Kurakov, Zh. Kabysheva
Environmental and Geochemical Assessment of Technogenic Landscapes in the Area of LLP “Semey Cement Plant Production Company”
Л.В. Скрипникова, А.К. Мурзалимова, Т.Б. Құрақов, Ж.К. Кабышева
Экологического-геохимическая оценка техногенных ландшафтов в районе ТОО «Производственная компания Цементный завод Семей»
- 7 **А.Р. Сибиркина, С.Ф. Лихачев, О.Н. Мулюкова, А.В. Савченков** 78
Тургояк көлінде мекендейтін балықтың ағзалары мен тіндеріндегі ауыр металдардың иондарының концентрациясы
A. Sibirkina, S. Likhachev, O. Mulyukova, A. Savchenkov
Concentration of Heavy Metal Ions in the Organs and Tissues of Fish Inhabiting Lake Turgoyak
А.Р. Сибиркина, С.Ф. Лихачев, О.Н. Мулюкова, А.В. Савченков
Концентрация ионов тяжёлых металлов в органах и тканях рыбы, обитающей в озере Тургояк
- 8 **А.С. Ерсин, А.О. Алибекова, А.Б. Карабалаева** 88
Есіл өзені мен құбыр суының иондық құрамының салыстырмалы талдауы
A. Yersin, A. Alibekova, A. Karabalaeva
Comparative Analysis of the Ionic Composition of the Yesil River and Tap Water
А.С. Ерсин, А.О. Алибекова, А.Б. Карабалаева
Сравнительный анализ ионного состава реки Есиль и водопроводной воды
- 9 **А.А.Әліпқали, С.С. Шамшеденова** 95
Былғары өнеркәсібінің экологиялық тұрақтылығын арттыру: қайта өңдеу және қалдықтарды басқару технологиялары
A. Alipkali, S. Shamshedenova
Increasing the ecological sustainability of the industry: technology of processing and waste management
А.А.Алипқали, С.С.Шамшеденова
Повышение экологической устойчивости кожевенной промышленности: технологии переработки и управления отходами

DOI:

MPHTI: 31.25.15

**ФОТОИНИЦИИРОВАННАЯ ПРИВИВОЧНАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ
ЛАУРИЛМЕТАКРИЛАТА И СОПОЛИМЕРИЗАЦИЯ ЛАУРИЛАКРИЛАТА И
СТЕАРИЛМЕТАКРИЛАТА НА ПЭТФ ТРЕКОВЫЕ МЕМБРАНЫ**

А.Б. Есжанов, И.В. Корольков*, М.В. Здоровец

Институт ядерной физики Министерства Энергетики Республики Казахстан, Алматы,
Казахстан

**i.korolkov@inp.kz*

АННОТАЦИЯ

В данной статье представлены результаты исследования методов модификации трековых мембран (ТМ), полученных на основе полиэтилентерефталата (ПЭТФ), с целью улучшения их гидрофобных свойств и повышения эффективности применения в процессах мембранной дистилляции (МД). Основное внимание уделено фотоинициированной прививочной полимеризации лаурилметакрилата (LMA), а также сополимеризации лаурилкакрилата (LA) со стеарилметакрилатом (SMA) на поверхности исходных мембран. В работе детально проанализировано влияние ключевых параметров, таких как концентрация мономеров, интенсивность и продолжительность ультрафиолетового облучения, на степень прививки и формирование модифицированного поверхностного слоя. Для оценки характеристик модифицированных мембран использованы методы измерения краевого угла смачивания, определения пористости, а также спектроскопический и элементный анализ химической структуры поверхности. Полученные данные подтвердили высокую эффективность выбранных методов и продемонстрировали возможность значительного увеличения гидрофобности мембран. Такие улучшения обеспечивают повышение селективности, устойчивости к смачиванию и эксплуатационной надежности мембран в условиях МД, что расширяет перспективы их практического применения в опреснении, очистке сточных вод и получении чистой питьевой воды.

**ТРЕКОВЫЕ МЕМБРАНЫ, ПРИВИВОЧНАЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИЯ, МЕМБРАННАЯ
ДИСТИЛЛЯЦИЯ, ОЧИСТКА ВОДЫ, ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ**

1 Введение

Проблема дефицита водных ресурсов является одной из ключевых как в мире, так и в Казахстане. Казахстан в настоящий момент уже начинает ощущать нехватку водных ресурсов, и возможно столкнется с существенным дефицитом к 2040 году, так как происходит изменение климата, а также из-за того, что более 40% рек формируются на территориях соседних государств. Кроме того, актуальной остается проблема очистки сточных вод, в том числе от радионуклидов (ядерных реакторов, техногенных загрязнений и др.). Поиск эффективных и надежных методов очистки сточных и природных вод является актуальной проблемой. На сегодняшний день наиболее перспективными методами очистки воды являются процессы мембранного разделения, которые характеризуются низкими энергозатратами, высокой селективностью и эффективностью.

Наиболее распространенными мембранными технологиями очистки воды являются обратный и прямой осмос, нано-, ультра- микрофильтрация и мембранная дистилляция (МД) [1]. За последнее десятилетие интерес к разработке и совершенствованию МД возрос из-за высоких показателей степени очистки нелетучих компонентов, высоких коэффициентов разделения и дезактивации, низкого давления процесса, высокой энергоэффективности и меньшей чувствительности к загрязнению и солености воды [1–4].

К настоящему времени изучена очистка воды МД от солей [5–9], красителей [10], ионов тяжелых металлов, радиоактивных отходов [11,12]. Более того, МД начали использовать для уже эксплуатируемых некоторыми компаниями опреснительных установок [13].

Процесс МД можно разделить на четыре типа конфигураций, наиболее изученным типом, несмотря на некоторые ограничения [1,14], является конструкция прямого контакта (DCMD) из-за ее простоты и доступности. Поливинилиденфторид, полипропилен и политетрафторэтилен считаются наиболее приемлемыми материалами для использования в качестве основы мембран для мембранной дистилляции [15–19], в то же время основными недостатками этих полимеров являются быстрое загрязнение, недостаточная пропускная способность воды и высокая стоимость [1]. Таким образом, задача поиска новых типов мембран и материалов с хорошими гидрофобными свойствами и высокой степенью очистки является актуальной.

ТМ изготавливаются из тонких полимерных пленок, облучаемых пучком тяжелых ионов на ускорителе тяжелых ионов ДЦ-60. Далее облученные полимеры обрабатываются химическим травлением и, как следствие, могут быть получены мембраны с цилиндрическими порами с диаметром в диапазоне 0,02 - 5,0 мкм и количеством пор от 10^5 до 10^{10} пор на см^2 . Однако для эффективного применения ТМ в процессах МД, необходимо модифицирование

поверхности. Разработка способов целенаправленного изменения свойств ПЭТФ ТМ без затрагивания его химической структуры представляет собой важную технологическую задачу. Целью таких методов является достижение необходимых физико-химических и эксплуатационных характеристик материала.

В данной статье представлены методы гидрофобизации мембран путем прививочной полимеризации лаурилметакрилата и сополимеризации лаурилакрилата и стеарилметакрилата.

2 Материалы и методы исследования

2.1 Методы получения и модификации ПЭТФ ТМ

Мембраны получали путем облучения полимерных ПЭТФ пленок на ускорителе тяжелых ионов ДЦ-60, и последующего травления в растворе гидроксида натрия концентрацией 2,2 М при определенном времени. Затем образцы промывали в 5% растворе уксусной кислоты и воды, сушили.

Сначала модификацию ПЭТФ ТМ осуществляли методом фотоинициированной прививочной полимеризации лаурилметакрилатом (LMA). Для этого образцы (10×15 см, плотность пор 1×10^6 ион/см²) предварительно очищали ультразвуковой промывкой в деионизированной воде, после чего высушивали при комнатной температуре. Далее образцы погружали в 5% раствор бензофенона в ДМФА на 24 часа, а затем промывали этанолом и снова высушивали. После подготовки образцы помещали в раствор лаурилметакрилата в 2-пропанол (10–30%) с добавлением 0,0016 М бензофенона. В качестве растворителя использовали 2-пропанол благодаря его прозрачности в УФ-диапазоне, хорошей растворимости в мономере и низкой стоимости. Перед полимеризацией раствор насыщали аргоном для удаления кислорода. Процесс прививочной полимеризации проводили под УФ-лампой OSRAM Ultra Vitalux E27 (UVA: 315–400 нм, 13,6 Вт; UVB: 280–315 нм, 3,0 Вт) в течение 15–60 минут. На завершающем этапе образцы промывали в гексане для удаления маслянистых остатков, сушили и взвешивали для оценки степени прививки.

Также была проведена прививочная сополимеризация лаурилакрилата (LA) и стеарилметакрилата (SMA). Образцы размером 10×15 см предварительно очищали ультразвуковой обработкой в деионизированной воде, затем высушивали при комнатной температуре. После этого их погружали в 5% раствор бензофенона в ДМФА на 24 часа, затем промывали этанолом и снова высушивали. Далее образцы помещали в раствор лаурилакрилата и стеарилметакрилата в 2-пропанол (концентрация 10%) с различными соотношениями мономеров (50:50, 30:70, 10:90, 90:10, 5:95), а также 0,0016 М раствором бензофенона. В качестве растворителя использовали 2-пропанол благодаря его прозрачности в УФ-диапазоне, хорошей растворимости мономеров и низкой стоимости. Перед началом реакции смесь

насыщали аргоном для удаления кислорода. Процесс прививочной сополимеризации осуществляли под воздействием УФ-лампы OSRAM Ultra Vitalux E27 (UVA: 315–400 нм, 13,6 Вт; UVB: 280–315 нм, 3,0 Вт) в течение 15–60 минут. После завершения реакции образцы промывали в гексане для удаления маслянистых остатков, сушили и взвешивали для оценки степени прививки.

2.2 Методы характеристики мембран

Для изучения химических групп до и после модификации были сняты ИК-спектры с помощью ИК-Фурье спектрометра «ИнфРАЛЮМ® ФТ-08» с приставкой НПВО (GladiATR, Pike). Измерения проводились в диапазоне от 400 до 4000 см⁻¹, количестве сканирований – 32 при температуре 21-25°C.

Гидрофобные характеристики полученных ПЭТФ ТМ были изучены с помощью измерения краевого угла смачивания. Краевой угол смачивания (КУС) измеряли в пяти различных положениях образца с использованием цифрового микроскопа с 1000-кратным увеличением методом статической капли при комнатной температуре. Объем капли составил 15 мкл.

Размер пор мембран дополнительно измеряли методом газопроницаемости при давлении 20 кПа. Степень прививки определяли гравиметрически.

Подробно описываются все материалы и методы исследования. Описание материалов и методов должно обеспечивать возможность повторения проведенных исследований читателями.

3 Результаты и обсуждение

3.1 Фотоиницированная прививочная полимеризация лаурилметакрилата

На рисунке 1 представлены зависимости концентрации мономера и времени облучения на степень прививки. Данные также представлены в таблице 1. Видно, что оптимальным условием для реакции является концентрация LMA – 30%, дальнейшее увеличение концентрации приводит к образованию гомополимера и деградации поверхности ПЭТФ ТМ. Таблица 1 – Характеристики ПЭТФ ТМ до и после модификации LMA (время травления – 12 мин)

	Время облучения, мин	Концентрация мономера, %	Степень прививки, %	Эффективный диаметр пор, нм
ПЭТФ ТМ	0	-	-	1996±17
ПЭТФ ТМ-g-LMA	15	30	0,62	1773±16
ПЭТФ ТМ-g-LMA	30	30	1,77	1445±21
ПЭТФ ТМ-g-LMA	45	30	3,2	1415±33
ПЭТФ ТМ-g-LMA	60	30	6,84	1298±7
ПЭТФ ТМ-g-LMA	60	10	0,6	1697±23
ПЭТФ ТМ-g-LMA	60	20	1,74	1466±35

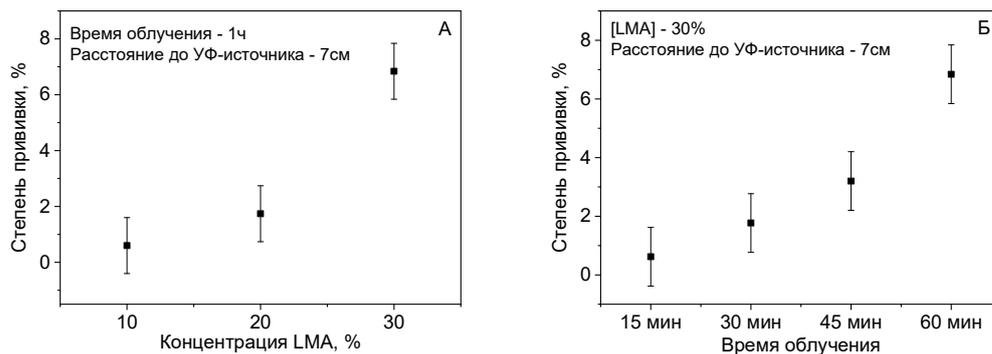


Рисунок 1 - Зависимость степени прививки от концентрации LMA (а) и времени облучения (б) на степень прививки.

На рисунке 2 и 3 представлены микрофотографии КУС исходной и модифицированной ПЭТФ ТМ. Видно, что увеличение концентрации LMA до 30% приводит к максимальному значению КУС - 94° .

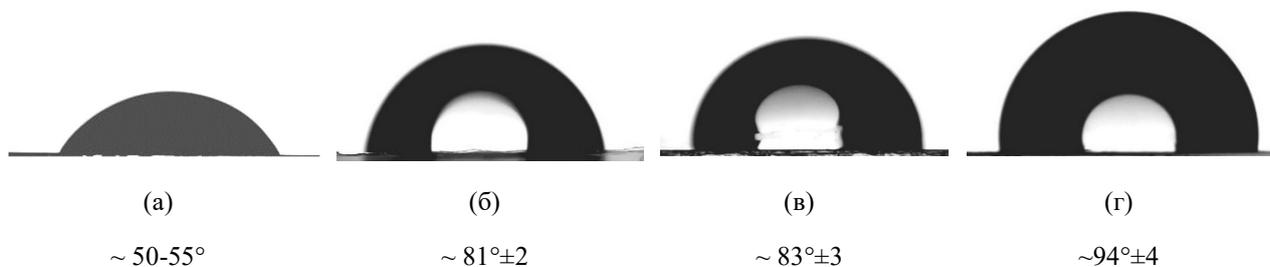


Рисунок 2 - Микрофотографии КУС исходной (а) ПЭТФ ТМ, модифицированной LMA (10%) (б); (20%) (в); 30% (г)



Рисунок 3 - Микрофотографии КУС исходной (а) ПЭТФ ТМ, при времени облучения 15 мин (б), 30 мин (в), 45 мин (г)

На рисунке 4 представлены ИК-спектры мембран до и после модификации. Также характерным отличием является появление С-Н пиков гидрофобного полимера, причем наблюдается увеличение интенсивности при увеличении концентрации LMA.

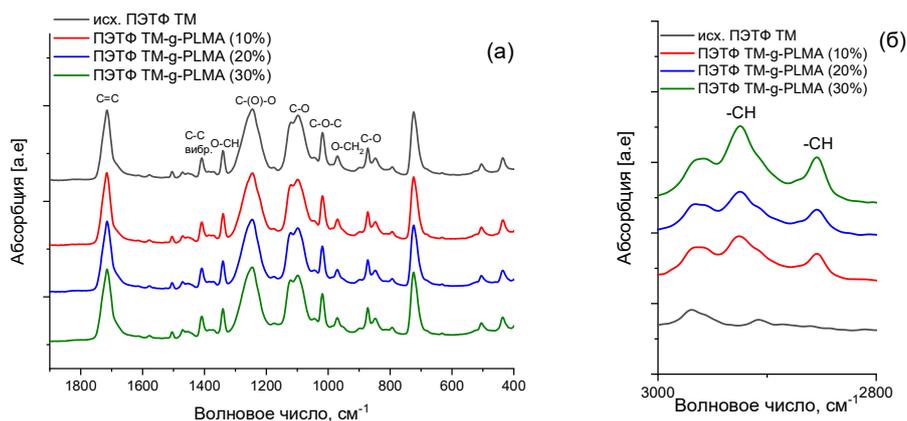


Рисунок 4 - ИК-спектры исходной, модифицированной ПЭТФ ТМ-g-LMA в диапазонах $1900-400 \text{ см}^{-1}$ (а), $3000-2800 \text{ см}^{-1}$ (б)

3.2 Фотоиницированная прививочная сополимеризация лаурилата и стеарилметакрилата

На рисунке 5 представлены зависимости соотношений двух мономеров на степень прививки. Видно, что при соотношении мономеров 5:95 степень прививки достигает максимального значения.

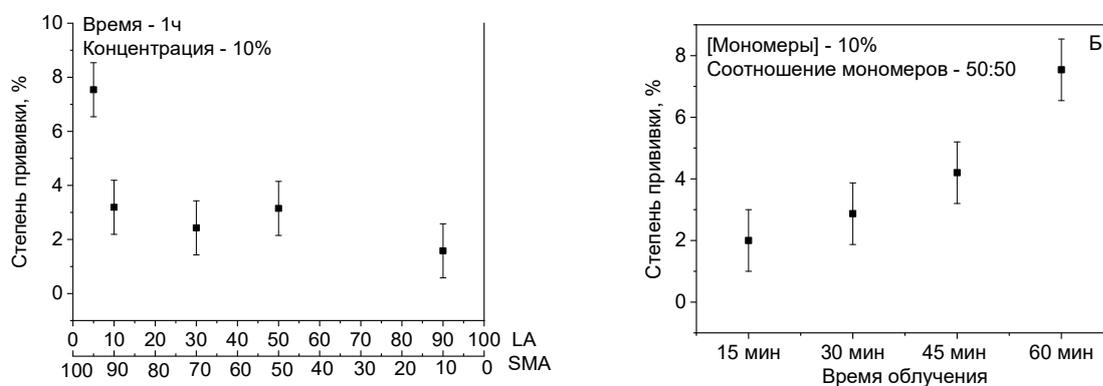


Рисунок 5 - Зависимость соотношений концентрации мономеров (LA и SMA) и времени облучения на степень прививки

На рисунке 6 представлены фотографии капель, в таблице 2 показаны данные по КУС, откуда видно, что максимальная гидрофобизация достигается до 92° . В таблице представлены показатели степени прививки, краевого угла смачивания (КУС) и эффективного диаметра пор. Немодифицированный материал обладает краевым углом смачивания $50-55^\circ$ и эффективным диаметром пор $2759 \pm 21 \text{ нм}$. После модификации эти параметры изменяются в зависимости от соотношения LA и SMA. Например, при соотношении 50:50 степень прививки составляет 3,15%, угол смачивания увеличивается до $76 \pm 2^\circ$, а диаметр пор уменьшается до $2536 \pm 24 \text{ нм}$. При увеличении доли SMA до 70% угол смачивания возрастает до $78 \pm 3^\circ$, а диаметр пор

сокращается до 2166 ± 21 нм. Максимальное гидрофобное свойство наблюдается при соотношении 5:95, где угол смачивания достигает $92 \pm 2^\circ$, степень прививки составляет 7,54%, а диаметр пор остается на уровне 2668 ± 34 нм. Напротив, при соотношении 90:10 угол смачивания снижается до $63 \pm 2^\circ$, а диаметр пор практически не изменяется по сравнению с исходным материалом.

Таблица 2 – Характеристики ПЭТФ ТМ до и после модификации LA и SMA (время травления – 15 мин, концентрация мономеров – 10%, время облучения – 60 мин)

№ образца	Степень прививки, %	КУС, °	Эффективный диаметр пор, нм
ПЭТФ ТМ	-	50-55	2759 ± 21
ПЭТФ ТМ-g-LA-SMA (50:50)	3,15	76 ± 2	2536 ± 24
ПЭТФ ТМ-g-LA-SMA (30:70)	2,43	78 ± 3	2166 ± 21
ПЭТФ ТМ-g-LA-SMA (10:90)	3,19	79 ± 2	1864 ± 37
ПЭТФ ТМ-g-LA-SMA (90:10)	1,58	63 ± 2	2668 ± 47
ПЭТФ ТМ-g-LA-SMA (5:95)	7,54	92 ± 2	2668 ± 34

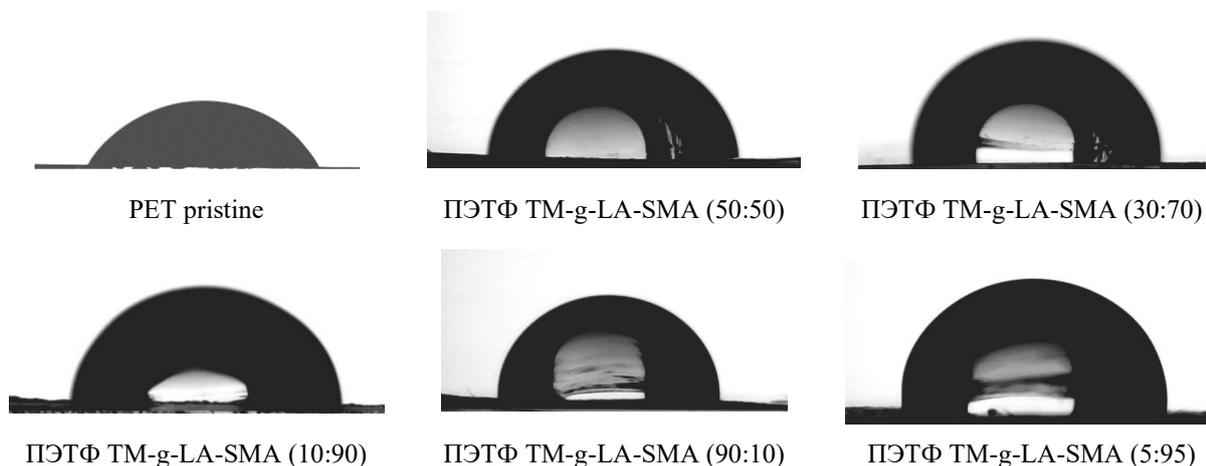


Рисунок 6 - Микрофотографии КУС исходных и модифицированных ПЭТФ ТМ

На рисунке 7 представлены ИК-спектры полученных образцов. ИК-спектры, представленные на изображении, демонстрируют изменения в структуре ПЭТФ ТМ после модификации путем прививки лаурилактилата (LA) и стеарилметакрилата (SMA) при различных соотношениях мономеров. Наблюдаются полосы поглощения, соответствующие валентным колебаниям C–H в алкильных группах. Их интенсивность возрастает после модификации, что указывает на прививку алифатических фрагментов, характерных для LA и SMA. Наибольшая интенсивность этих полос отмечается у образца ПЭТФ ТМ-g-LA-SMA (5:95), что связано с высоким содержанием гидрофобных алкильных цепей в стеарилметакрилате. В области 1720 см^{-1} наблюдается интенсивная полоса, соответствующая валентным колебаниям C=O в сложных эфирах, что подтверждает наличие привитых

мономеров. В диапазоне $1250\text{--}1100\text{ см}^{-1}$ регистрируются колебания C–O, характерные для полиэфирной структуры. После модификации изменяется интенсивность этих полос, что свидетельствует о частичной замене функциональных групп на новые привитые фрагменты.

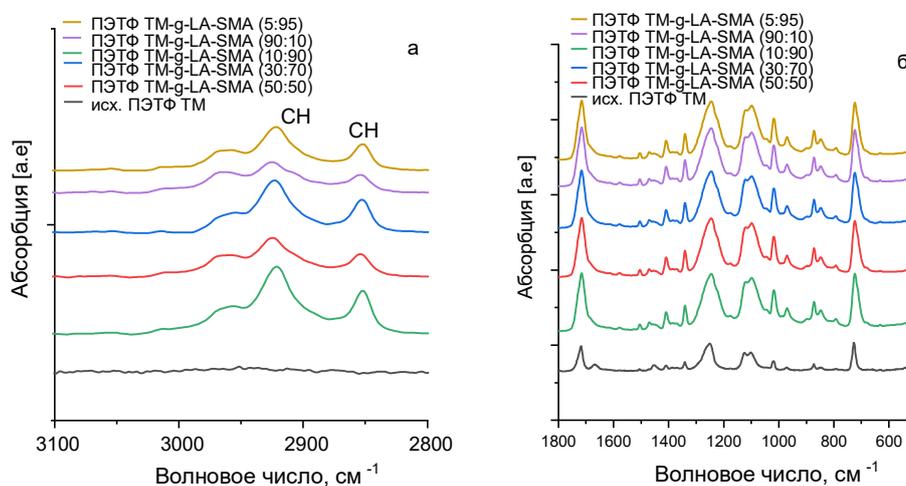


Рисунок 7 - ИК-спектры исходной, модифицированной ПЭТФ ТМ-g-LA-SMA в диапазонах $3100\text{--}2800\text{ см}^{-1}$ (а), $1800\text{--}500\text{ см}^{-1}$ (б)

В целом, спектры подтверждают успешную прививку мономеров LA и SMA к ПЭТФ ТМ, изменяя его химическую структуру и поверхность за счет появления дополнительных функциональных групп.

4 Заключение

В результате проведенных исследований были разработаны методы модификации трековых мембран из полиэтилентерефталата с использованием фотоиницированной прививочной полимеризации лаурилметакрилата и сополимеризации лаурилкакрилата со стеарилметакрилатом. Определены оптимальные условия для достижения максимальной степени прививки, включая концентрацию мономеров, время облучения и соотношение мономеров в реакционной смеси.

Полученные модифицированные мембраны продемонстрировали значительное улучшение гидрофобных характеристик, что подтверждается увеличением краевого угла смачивания и изменениями в химической структуре поверхности, зафиксированными с помощью ИК-спектроскопии. Также установлено, что степень прививки влияет на размер пор мембран, обеспечивая возможность регулирования их свойств в зависимости от требований к процессу мембранной дистилляции.

Благодарности. Работа выполнена в рамках программы BR23891691 финансируемой Министерством энергетики Республики Казахстан, а также в рамках проекта AP14869096, финансируемого Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан.

Список использованных источников

- 1 González D., Amigo J., Suárez F. Membrane distillation: Perspectives for sustainable and improved desalination // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2017. – Vol. 80. – P. 238–259.
- 2 Eykens L. et al. Coating techniques for membrane distillation: An experimental assessment // *Separation and Purification Technology*. – 2017. – Vol. 193. – P. 38–48.
- 3 Khayet M.S., Matsuura T. *Membrane distillation : principles and applications*. – Elsevier, 2011. 477 p.
- 4 Zhang J. et al. Identification of material and physical features of membrane distillation membranes for high performance desalination // *Journal of Membrane Science*. – 2010. – Vol. 349. - № 1–2. – P. 295–303.
- 5 Zuo J., Bonyadi S., Chung T.S. Exploring the potential of commercial polyethylene membranes for desalination by membrane distillation // *Journal of Membrane Science*. –2016. – Vol. 497. – P. 239–247.
- 6 McGaughey A.L., Gustafson R.D., Childress A.E. Effect of long-term operation on membrane surface characteristics and performance in membrane distillation // *Journal of Membrane Science*. – 2017. – Vol. 543. – P. 143–150.
- 7 Banat F.A., Simandl J. Desalination by Membrane Distillation: A Parametric Study // *Separation Science and Technology*. – 1998. – Vol. 33. - № 2. – P. 201–226.
- 8 Larbot A. et al. Water desalination using ceramic membrane distillation // *Desalination*. – 2004. – Vol. 168. – P. 367–372.
- 9 Alklaibi A.M., Lior N. Membrane-distillation desalination: Status and potential // *Desalination*. – 2005. – Vol. 171. - № 2. – P. 111–131.
- 10 Criscuoli A. et al. Treatment of dye solutions by vacuum membrane distillation // *Water Research*. – 2008. – Vol. 42. - № 20. – P. 5031–5037.
- 11 Jia F., Yin Y., Wang J. Removal of cobalt ions from simulated radioactive wastewater by vacuum membrane distillation // *Progress in Nuclear Energy*. – 2018. – Vol. 103. – P. 20–27.
- 12 Jia F. et al. Removal of strontium ions from simulated radioactive wastewater by vacuum membrane distillation // *Annals of Nuclear Energy*. – 2017. – Vol. 103. – P. 363–368.

13 Achmad Chafidz, Saeed Al-Zahrani, Mansour N.Al-Otaibi, Choo F.Hoong, Tan F.Lai M.P. Portable and integrated solar-driven desalination system using membrane distillation for arid remote areas in Saudi Arabia // *Desalination*. – 2014. – Vol. 345. – P. 36–49.

14 Ashoor B.B. et al. Principles and applications of direct contact membrane distillation (DCMD): A comprehensive review // *Desalination*. – 2016. – Vol. 398. – P. 222–246.

15 Wang P., Chung T.-S. Recent advances in membrane distillation processes: Membrane development, configuration design and application exploring // *Journal of Membrane Science*. – 2015. – Vol. 474. – P. 39–56.

16 Singh D., Sirkar K.K. Performance of PVDF Flat Membranes and Hollow Fibers in Desalination by Direct Contact Membrane Distillation at High Temperatures // *Separation and Purification Technology*. – 2017. – Vol. 187. – P. 264–273.

17 Zhao D. et al. Fluorographite modified PVDF membranes for seawater desalination via direct contact membrane distillation // *Desalination*. – 2017. – Vol. 413. – P. 119–126.

18 Zhang Y. et al. Enhancing wetting resistance of poly(vinylidene fluoride) membranes for vacuum membrane distillation // *Desalination*. – 2017. – Vol. 415. – P. 58–66.

19 Varij Panwar, Cheong Lee S.Y.K. Dynamic mechanical, electrical, and actuation properties of ionic polymer metal composites using PVDF/PVP/PSSA blend membranes // *Materials Chemistry and Physics*. – 2012. – Vol. 135. - № 2–3. – P. 928–937.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1 Есжанов Арман Бахытжанович, магистр химических наук. Младший научный сотрудник Астанинского филиала Института ядерной физики Республики Казахстан. e-mail: a.yezhanov@inp.kz. <https://orcid.org/0000-0002-1328-8678>.

2 Корольков Илья Владимирович, PhD, доцент. Старший научный сотрудник Астанинского филиала Института ядерной физики Республики Казахстан. e-mail: i.korolkov@inp.kz. <https://orcid.org/0000-0002-0766-2803>.

3 Здоровец Максим Владимирович, кандидат физико-математических наук, профессор. Директор Астанинского филиала Института ядерной физики Республики Казахстан. e-mail: mzdorovets@inp.kz. <https://orcid.org/0000-0003-2992-1375>.

Отправлено: 28.02.2025

Исправлено: 25.03.2025

Принято: 28.03.2025

**ЛАУРИЛМЕТАКРИЛАТТЫҢ ФОТОИНИЦИАЦИЯЛАНҒАН ҚОНДЫРМА
ПОЛИМЕРЛЕНУІ ЖӘНЕ ЛАУРИЛАКРИЛАТ ПЕН СТЕАРИЛМЕТАКРИЛАТТЫҢ
ҚОСПОЛИМЕРЛЕНУІН ПЭТФ ТРЕКТІК МЕМБРАНАЛАРҒА ҚОЛДАНУ**

А.Б. Есжанов, И.В. Корольков*, М.В. Здоровец

Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігі Ядролық физика институты, Алматы,
Қазақстан

**i.korolkov@inp.kz*

АҢДАТПА

Бұл мақалада полиэтилентерефталат (ПЭТФ) негізінде алынған трекалық мембраналарды (ТМ) гидрофобтық қасиеттерін арттыру және мембраналық дистилляция (МД) процестеріндегі тиімділігін жоғарылату мақсатында модификациялау әдістерінің нәтижелері ұсынылған. Негізгі назар лаурилметакрилаттың (LMA) фотоинициацияланған қондырмалы полимеризациясына, сондай-ақ лаурилакрилаттың (LA) стеарилметакрилатпен (SMA) сополимеризациясына аударылды. Зерттеу барысында мономер концентрациясы, сәулелендіру қарқындылығы және ультракүлгін әсер ету уақыты сияқты параметрлердің қондырма дәрежесіне және беткі қабаттың түзілуіне ықпалы жан-жақты талданды. Модификацияланған мембраналардың қасиеттерін бағалау үшін сулы ерітіндімен жанасу бұрышы, кеуектілік деңгейі және химиялық құрылымы спектроскопиялық және элементтік талдау әдістерімен зерттелді. Алынған нәтижелер таңдалған модификация тәсілдерінің тиімділігін дәлелдеп, мембраналардың гидрофобтылығын едәуір арттыру мүмкіндігін көрсетті. Мұндай жетілдірулер мембраналардың селективтілігі мен сулануға төзімділігін арттырып, МД жағдайындағы тұрақтылығын қамтамасыз етеді, нәтижесінде оларды тұщыландыру, ағынды суларды тазарту және таза ауыз су өндіру процестерінде қолдану мүмкіндігін кеңейтеді.

**ТРЕКТІК МЕМБРАНАЛАР, ЕГУ ПОЛИМЕРЛЕНУІ, МЕМБРАНЛЫҚ ДИСТИЛЛЯЦИЯСЫ,
СУ ТАЗАЛАУ, ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТ**

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР

1 Есжанов Арман Бахытжанович, химия ғылымдарының магистрі. Қазақстан Республикасы Ядролық физика институтының Астана филиалының кіші ғылыми қызметкері. e-mail: a.yezhanov@inp.kz. <https://orcid.org/0000-0002-1328-8678>.

2 Корольков Илья Владимирович, PhD, доцент. Қазақстан Республикасы Ядролық физика институтының Астана филиалының аға ғылыми қызметкері. e-mail: i.korolkov@inp.kz. <https://orcid.org/0000-0002-0766-2803>.

3 Здоровец Максим Владимирович, физика-математика ғылымдарының кандидаты, профессор. Қазақстан Республикасы Ядролық физика институтының Астана филиалының директоры. e-mail: mzdorovets@inp.kz. <https://orcid.org/0000-0003-2992-1375>.

**PHOTO-INITIATED GRAFT POLYMERIZATION OF LAURYL METHACRYLATE
AND COPOLYMERIZATION OF LAURYL ACRYLATE AND STEARYL
METHACRYLATE ON PET TRACK-ETCHED MEMBRANES**

A. Yeszhanov, I. Korolkov*, M. Zdorovetz

Institute of Nuclear Physics of the Ministry of Energy of the Republic of Kazakhstan, Almaty,
Kazakhstan

**i.korolkov@inp.kz*

ANNOTATION

This article presents the results of a study on the modification of track-etched membranes (TM) based on polyethylene terephthalate (PET) aimed at enhancing their hydrophobic properties and improving efficiency in membrane distillation (MD) processes. Particular attention was given to photo-initiated graft polymerization of lauryl methacrylate (LMA) as well as copolymerization of lauryl acrylate (LA) with stearyl methacrylate (SMA) on the surface of the membranes. The influence of key parameters, including monomer concentration, irradiation intensity, and ultraviolet exposure time, on the grafting degree and the formation of the modified surface layer was analyzed in detail. The modified membranes were characterized by measuring water contact angle, porosity, and chemical composition using spectroscopic and elemental analysis. The findings confirmed the effectiveness of the chosen modification methods and demonstrated the possibility of significantly improving membrane hydrophobicity. Such improvements enhance membrane selectivity, resistance to wetting, and operational stability under MD conditions, broadening prospects for practical application in desalination, wastewater treatment, and advanced water purification processes.

TRACK MEMBRANES, GRAFTING POLYMERIZATION, MEMBRANE DISTILLATION,
WATER PURIFICATION, POLYETHYLENE TEREPHTALATE

AUTHOR INFORMATION

1 Arman Yeszhanov, Master of Chemical Sciences. Astana Branch, Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan, Junior Researcher. e-mail: a.yeszhanov@inp.kz. <https://orcid.org/0000-0002-1328-8678>.

2 Ilya Korolkov, PhD, Associated Professor. Astana branch, Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan, Senior Researcher. e-mail: i.korolkov@inp.kz. <https://orcid.org/0000-0002-0766-2803>.

3 Maxim Zdorovets, Candidate of Physical and Mathematical Science, Professor. Astana Branch, Institute of Nuclear Physics of the Republic of Kazakhstan, Director. e-mail: mzdorovets@inp.kz. <https://orcid.org/0000-0003-2992-1375>.

DOI:

MPHTI: 31.25.15

СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТЕПЕНИ НАБУХАНИЯ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ АКРИЛАМИДА И АКРИЛАТА НАТРИЯ В РАСТВОРАХ СОЛЕЙ ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Г.Т. Елемесова^{1*}, А.Н. Кливенко¹, Л.К. Оразжанова¹, А.В. Шахворостов²

¹Университет имени Шакарима города Семей, Семей, Казахстан

²ЧУ «Институт полимерных материалов и технологии», Алматы, Казахстан

**kussainova_g91@mail.ru*

АННОТАЦИЯ

Гидрогели могут сильно набухать, увеличиваясь по массе до 100 раз. Это уникальное свойство гидрогелей делает их востребованными в ряде областей: сельском хозяйстве, медицине, промышленности, фармацевтике и т.д. Наиболее перспективным направлением в использовании гидрогелей является нефтяная промышленность. На сегодняшний день одной из актуальных задач при нефтедобыче является поиск закупоривающих агентов для уменьшения обводненности нефтяных каналов. В статье описано получение гидрогелей методом свободно-радикальной полимеризации из акриламида и акрилата натрия. Для увеличения механических свойств добавлен бентонит. Приведены результаты исследования степени набухания гидрогелей в зависимости от концентрации мономеров. Исследована степень набухания гидрогелей в растворах хлорида натрия. По результатам исследований установлено, что гидрогелевые частицы могут быть применены против обводненности нефтяных скважин.

ГИДРОГЕЛЬ, PPG, СТЕПЕНЬ НАБУХАНИЯ, БЕНТОНИТ, НЕФТЕДОБЫЧА

1 Введение

Значимой проблемой при нефтедобыче является обводненность скважин, за счет чего уменьшается количество добытой нефти. Полимерные материалы являются эффективными и экономически выгодными при использовании в качестве закупоривающих агентов [1]. При полимерном заводнении полимеры повышают эффективность очистки (доля объема пласта между нагнетательной и эксплуатационной скважинами, которая контактирует с закачиваемыми флюидами) и повышают нефтеотдачу за счет увеличения вязкости флюидов [2].

Однако, большинство гидрогелевых систем ограничены при применении в условиях высоких температур, кислотности и солености. [3]. Существуют многочисленные

исследования с различными наполнителями, среди которых чаще всего используются кремнезем, глина и угольная зола-унос [4].

В 1996 году компания PetroChina инициировала использование предварительно сформованных гелевых частиц (PPG) в качестве технологии при борьбе с обводненностью нефтяных скважин. PPG получают методом сополимеризации в растворе с последующим дроблением и просеиванием до желаемого размера частиц [5]. Акриламид и метиленбисакриламид используются в качестве мономеров. Полученные гелевые частицы контролируются по прочности и размеру, безвредны для окружающей среды и нечувствительны к минералам коллектора и солености пластовой воды [6].

Свойства гидрогелевых частиц меняются в зависимости от состава и концентрации мономеров [7-10]. Таким образом, можно подобрать гидрогель, отвечающий необходимым требованиям при эксплуатации. В этой работе мы представляем результаты синтеза и исследования гидрогелевых систем на основе полиакриламида и полиакрилата натрия, сшитых метиленбисакриламидом и наполненных бентонитом в качестве перспективных составов для создания PPG.

2 Материалы и методы исследования

2.1 Материалы

N,N'-метилен-бис-акриламид (МБАА), SigmaAldrich (USA), хч, использовали без дополнительной очистки.

Акриламид (ААМ), SigmaAldrich (USA), хч, использовали без дополнительной очистки

Акриловая кислота (СА), SigmaAldrich (USA), хч, очищали перегонкой, хранили в холодильнике при температуре ниже -12 °С.

Гидроксид натрия, хч, Реахим (Россия), использовали без дополнительной очистки.

Персульфат аммония (ПСА), хч, Реахим (Россия). Использовали 10% водный раствор, который готовили растворением 0,1 г реактива в 1 мл воды.

N,N,N,N-тетраметилэтилендиамин (ТМЭД) -«Sigma Aldrich Co.» (USA), использовали без дополнительной очистки

Бентонит производства компании ТОО «БЦК» (Казахстан), перед использованием просеивали через сито с размером ячеек 0,1 мм.

Аргон по ГОСТ 10157-79.

2.2 Методы

2.2.1 Получение гидрогелей

Синтез гидрогелей осуществляли методом свободно-радикальной полимеризации в водяной бане при температуре 70 °С [11]. Составы исходных мономерных смесей представлены в таблице 1.

Для получения гидрогеля состава №5 (Табл 1) в виалу объемом 15 мл вносили 0,5 г бентонита, добавляли 9 мл бидистиллированной воды и интенсивно перемешивали с использованием лабораторного встряхивателя в течение 2 часов. После чего добавляли 0,4442 г акриламида и 0,0107 г. метиленбисакриламида. Затем в смесь вносили 0,045 г акриловой кислоты и добавляли 0,025 г сухого гидроксила натрия. После чего интенсивно встряхивали в течение 1 часа на лабораторном встряхивателе. Смесь продували аргоном в течение 10 минут и разливали по реакционным сосудам по 10 мл. Затем, в каждый реакционный сосуд добавляли 0,15 мл 10% раствора ПСА и оставляли на водяной бане при температуре 70 °С на 1 час. После чего гидрогели извлекали, разрезали на пластинки толщиной около 5 мм и высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу, при температуре 105 °С. Остальные образцы получали аналогичным образом, изменяя массы реагентов используемых для синтеза согласно таблице 1.

Таблица 1. Масса мономеров для получения образцов гидрогелей

Концентрация мономеров, %	Масса, г				
	5	10	15	20	25
Бентонит	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Вода	9	8,5	8	7,5	7
N,N'–метилен-бис-акриламид	0,0107	0,0214	0,0321	0,0428	0,0535
Акриламид	0,4442	0,8885	1,3327	1,7770	2,2112
Акрилат натрия	0,0450	0,0901	0,1351	0,1802	0,2253

2.2.2 Исследование степени набухания в дистиллированной воде

Исследование степени набухания проводили гравиметрическим методом. Для чего взвешивали образец исследуемого гидрогеля на аналитических весах, затем помещали его в стакан с дистиллированной водой. Спустя 24 часа взвешивали образец, удалив лишнюю влагу. Степень набухания гидрогелей определяли по формуле 1:

$$SD = \frac{m_t - m_0}{m_0} * 100\% \quad (1)$$

где

SD – степень набухания

m_t – масса набухшего гидрогеля в момент времени t

m_0 – масса гидрогеля в сухом виде

2.2.3 Исследование степени набухания в растворах солей

Степень набухания гидрогелей определяли в растворах с разной концентрации хлорида натрия (1г/л, 10 г/л, 25г/л, 50г/л, 75г/л, 100г/л, 150 г/л). Эксперименты проводились аналогично исследованию степени набухания гидрогелей в дистиллированной воде.

3 Результаты и обсуждение

Увеличение концентрации мономеров в исходной смеси приводило к ухудшению качества получаемых гидрогелей. С увеличением концентрации мономеров увеличивалась упругость гелей, если 5 % исходные смеси давали вязкие и липкие гидрогели, то 25% гели являлись более упругими, но при этом достаточно хрупкими. Фотографии полученных образцов показаны на рисунке 1.



Рисунок 1 – Полученные образцы гидрогелей на основе ААm и SA

При погружении в дистиллированную воду образцы из более концентрированных исходных мономерных смесей разрушались. На рисунке 2 показаны гидрогели через сутки после погружения в воду.

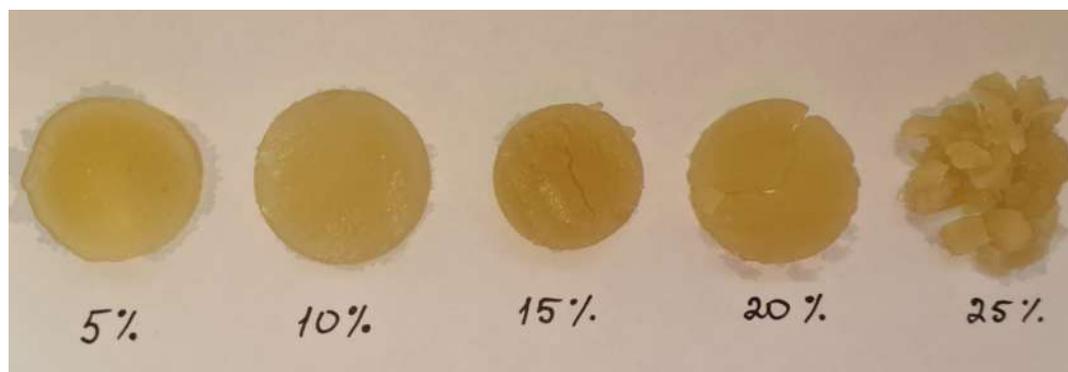


Рисунок 2 – Набухшие гидрогели (через сутки)

Разрушение гелей, по-видимому, связано с неравномерным вступлением в реакцию мономеров при увеличении их концентрации в геле.

На рисунке 3 показана зависимость степени набухания гидрогелей от концентрации мономеров.

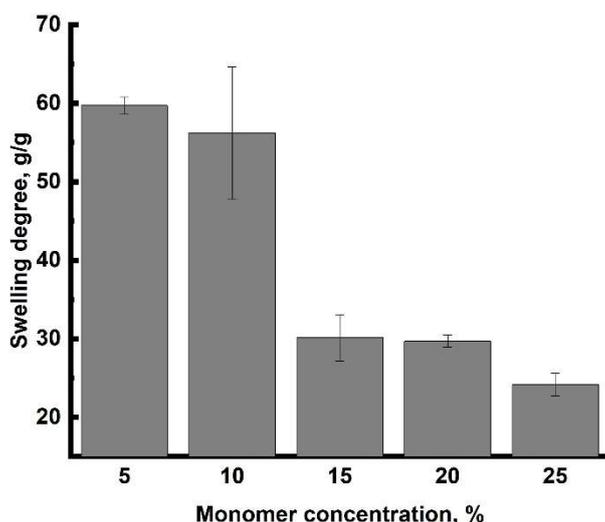


Рисунок 3 – Зависимость степени набухания гидрогелей от концентрации мономеров

Как показано на рисунке 3, с увеличением концентрации мономеров степень набухания уменьшается, что свидетельствует о пространственных затруднениях для прохождения воды при образовании 3D сетки геля [12].

На рисунке 4 изображен график зависимости степени набухания гидрогелей от концентрации соли в растворе.

Как видно из рисунка 4, степень набухания гидрогелей в соленой воде значительно уменьшается по сравнению с дистиллированной водой. При концентрации соли в растворе 1 г/л, степень набухания выше, чем при остальных концентрациях. Также можно заметить, что при концентрации солей в растворе от 10 до 150 г/л, степень набухания практически не изменена. Повышение ионной силы подавляет диссоциацию заряженных групп в гидрогеле [13,14]. Но все же гидрогели хоть и не значительно, но набухают в солях, что говорит о возможности их использования в пластовых соленых водах.

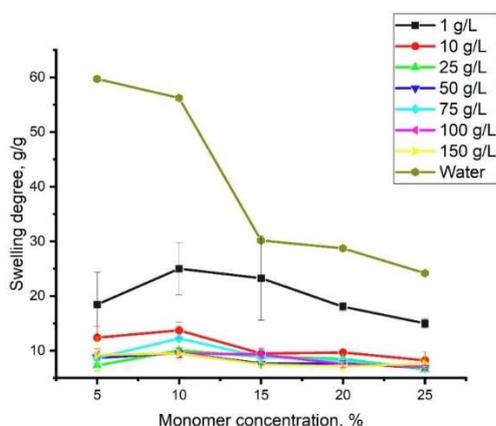


Рисунок 4 – Зависимость степени набухания гидрогелей от концентрации соли в растворе

Так как гидрогель с мольной концентрацией мономеров 5% показал лучшие результаты, проверили его набухающие способности в течении года (рисунок 5).

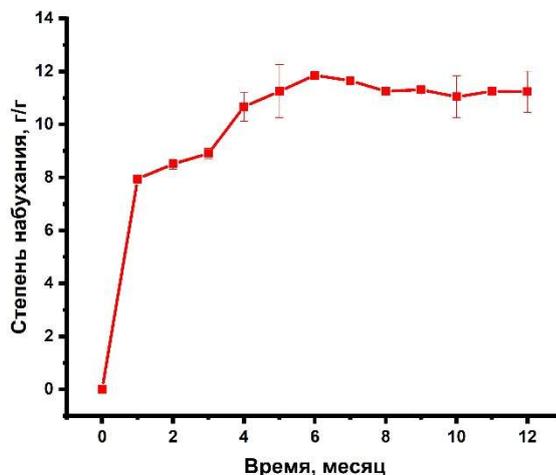


Рисунок 5 - Зависимость степени набухания гидрогелей в соленом растворе (150 г/л) от времени

Как видим из рисунка 5, степень набухания гидрогелей в растворе соли 150 г/л не меняется с временем и в течении 12 месяцев остается неизменной. Это свидетельствует о его стабильности в сильносоленном растворе на протяжении долгого времени.

4 Заключение

Методом свободно радикальной полимеризации получены гидрогели на основе акриламида и акрилата натрия. Исследована набухающая способность полученных гидрогелей в зависимости от молярной концентрации мономеров. По степени набухания и поведению в соленых растворах гели с молярной концентрацией мономеров 5% отвечают требованиям для использования в качестве PPG и могут успешно применяться для предотвращения высокой обводненности нефтяных скважин.

Благодарности. Работа выполнена в рамках проекта AP13068286 «Разработка предварительно сформированных гидрогелевых частиц (PPG) для увеличения добычи нефти.

Список использованных источников

1 Karsani K. S. M. E.; Al-Muntasheri G. A.; Sultan A. S.; Hussein I. A. Impact of salts on polyacrylamide hydrolysis and gelation: New insights // J. Appl. Polym. Sci.- 2014.- 131.- 205–212.

2 Xua L., Qiu Zh., Gong H., Zhu Ch., Sang Q., Li Ya., Dong M. Synergy of microbial polysaccharides and branched-preformed particle gel on thickening and enhanced oil recovery // Chemical Engineering Science.-2019.- 208.- 1-11.

3 Pereira Kaio, Pereira Kaique, Oliveira P.F., Mansur C.R.E, Behavior of partially hydrolyzed polyacrylamide/ polyethyleneimine reinforced with coal fly ash for preformed particle hydrogels // J Appl Polym Sci.- 2020. – 1-13.

4 Bai B., Zhou J., Yin M. A comprehensive review of polyacrylamide polymer gels for conformance control // PETROLEUM EXPLORATION AND DEVELOPMENT. –2015.- V.42 (4) – 525-5325

5 Yelemessova, G.; Gussenov, I.; Ayazbayeva, A.; Shakhvorostov, A.; Orazzhanova, L.; Klivenko, A.; Kudaibergenov, S. Preparation and Characterization of Preformed Polyelectrolyte and Polyampholyte Gel Particles for Plugging of High-Permeability Porous Media // Gels 2024, 10, 562. <https://doi.org/10.3390/gels10090562>

6 Bai B., Zhou J., Yin M. A comprehensive review of polyacrylamide polymer gels for conformance control // PETROLEUM EXPLORATION AND DEVELOPMENT 2015, 42(4): 525–532

7 Zhao Sh., Zhu D., Bai B. Experimental study of degradable preformed particle gel (DPPG) as temporary plugging agent for carbonate reservoir matrix acidizing to improve oil recovery // Journal of Petroleum Science and Engineering 2021, 108760. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.108760>

8 Kang W., Shao Sh., Yang H., Chen Ch. The effect of stepwise increasing of water injection rates on enhanced oil recovery after preformed particle gel treatment // Journal of Petroleum Science and Engineering 2019, 182(4):106239. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.106239>

9 Suleimanov B., Veliyev E., Naghiyeva N. Preformed particle gels for enhanced oil recovery // International Journal of Modern Physics B, 2020, 2050260. <https://doi.org/10.1142/S0217979220502604>

10 Sthéfany Zaida Amparo S., Cláudia K.B. de Vasconcelos, Aline I.A.R. Almeida, Laryssa E.B. Sena. Microwave-assisted synthesis of PAM preformed particle gels reinforced with carbon nanomaterials for conformance control in oil recovery // Fuel 2022, 330(5):125650. <https://doi.org/DOI:10.1016/j.fuel.2022.125650>

11 Yelemessova, G.T.; Orazzhanova, L.K.; Klivenko, A.N.; Nurgaliyev, N.N.; Ayazbayeva, A.Ye.; Shakhvorostov, A.V. Synthesis and Characterization of Preformed Particle Gels (PPG) to Increase Oil Recovery // News Natl. Acad. Sci. Rep. Kazakhstan Chem. Technol. Ser. 2023, 4, 79–91. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.194>.

12 Bai, B, Liu Y., Coste J., Li L. Preformed Particle Gel for Conformance Control: Transport Mechanism through Porous Media. In: Proceedings of the 2004 SPE/DOE Fourteenth Symposium on Improved Oil Recovery, Tulsa, Oklahoma, U.S.A. (SPE 89468), 17–21 April 2004

13 Liu Y., Wan-Fen P., Qin H., Zhou M., Zhao J. Synthesis and properties of P(AA-AM)/MMT water-swallowable polymer as water-plugging and profile-modification agent. // *DizhiKejiQingbao*, 2005, No. 24(2). 105–108. DOI 10.12358/j.issn.1001-5620.2021.06.008 (in Chinese)

14 Mehrabianfar P., Malmir P., Soulgani B., Hashemi A. Study on the optimization of the performance of preformed particle gel (PPG) on the isolation of high permeable zone // *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2020, No 195, 1-13. DOI 10.1016/j.petrol.2020.107530

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1 Гульнур Тайбековна Елемесова, PhD студент кафедры «Химии и экологии», Университет имени Шакарима города Семей, e-mail: kussainova_g91@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1074-7111>

2 Алексей Николаевич Кливенко, PhD, старший преподаватель кафедры «Химии и экологии», Университет имени Шакарима города Семей, e-mail: alexeyklivenko@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8971-686X>.

3 Лаззят Каметаевна Оразжанова, кхн, ассоциированный профессор кафедры «Химии и экологии», Университет имени Шакарима города Семей, e-mail: lyazzat.7070@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7881-0589>.

4 Алексей Валерьевич Шахворостов, PhD, ЧУ «Институт полимерных материалов и технологии», научный сотрудник, e-mail: alex.hv91@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8971-686X>.

Отправлено: 01.03.2025

Исправлено: 23.03.2025

Принято: 29.03.2025

МҰНАЙ КЕН ОРЫНДАРЫНДА ОДАН ӘРІ ПАЙДАЛАНУ ҮШІН ТҮЗ ЕРІТІНДІЛЕРІНДЕГІ АКРИЛАМИД ПЕН НАТРИЙ АКРИЛАТЫ НЕГІЗІНДЕГІ ГИДРОГЕЛЬДЕРДІҢ ІСІНУ ДӘРЕЖЕСІН СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Г.Т. Елемесова^{1*}, А.Н. Кливенко¹, Л.К. Оразжанова¹, А.В. Шахворостов²

¹ Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Семей, Қазақстан

² Полимерлер материалдар және технологиялар институты, Алматы, Қазақстан

*kussainova_g91@mail.ru

АНДАТПА

Гидрогельдер массасы 100 есеге дейін артып, айтарлықтай ісіне алады. Бұл бірегей қасиет гидрогельдерді ауыл шаруашылығы, медицина, өнеркәсіп, фармацевтика және басқа да салаларда кеңінен қолдануға мүмкіндік береді. Гидрогельдерді пайдаланудың ең перспективті

бағыттардың бірі – мұнай өнеркәсібі. Қазіргі уақытта мұнай өндіруде ең өзекті мәселелердің бірі – мұнай өндіру аймақтарына зақым келтірместен өткізгіштігі жоғары арналарда су ағынын азайту болып табылады. Бұл мақалада акриламид пен натрий акрилатынан бос радикалды полимерлеу әдісі арқылы гидрогельдердің синтезі сипатталған. Олардың механикалық қасиеттерін жақсарту мақсатында құрамына бентонит қосылды. Зерттеу барысында мономерлер концентрациясына байланысты гидрогельдердің ісіну дәрежесі анықталды, сондай-ақ натрий хлориді ерітінділерінде ісіну қабілеті зерттелді. Алынған нәтижелер гидрогель бөлшектерінің мұнай ұңғымаларындағы судың артық жиналуымен күресуге тиімді құрал бола алатынын көрсетті.

ГИДРОГЕЛЬ, PPG, ІСІНУ ДӘРЕЖЕСІ, БЕНТОНИТ, МҰНАЙ ӨНДІРІСІ

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР

1 Елемесова Гульнур Тайбековна, магистр. Шәкәрім Университеті, «Химия және экология» кафедрасының PhD студенті. e-mail: kussainova_g91@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-1074-7111>.

2 Кливенко Алексей Николаевич, PhD. Шәкәрім Университеті, «Химия және экология» кафедрасының аға оқытушысы. e-mail: alexeyklivenko@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-8971-686X>.

3 Оразжанова Лаззят Каметаевна, химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор. Шәкәрім Университеті, «Химия және экология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры. e-mail: lyazzat.7070@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-7881-0589>.

4 Шахворостов Алексей Валерьевич, PhD. «Полимерлік материалдар және технологиялар институты» жеке мекемесінің ғылыми қызметкері. e-mail: alex.hv91@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-8971-686X>.

SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF THE SWELLING DEGREE OF HYDROGELS BASED ON ACRYLAMIDE AND SODIUM ACRYLATE IN SALT SOLUTIONS FOR FURTHER APPLICATION IN OIL FIELDS

G. Yelemessova^{1*}, A. Klivenko, L. Orazzhanova, A. Shakhvorostov²

¹Shakarim university of Semey, Semey, Kazakhstan

² «Institute of polymer materials and technologies», Almaty, Kazakhstan

*kussainova_g91@mail.ru

ANNOTATION

Hydrogels have the ability to swell significantly, increasing their mass by up to 100 times. This exceptional property makes them valuable in various fields, including agriculture, medicine, industry, and pharmaceuticals. One of the most promising applications of hydrogels is in the oil industry, where a key challenge in oil extraction is finding effective blocking agents to reduce water inflow in oil channels. This study explores the synthesis of hydrogels via free-radical polymerization of acrylamide and sodium acrylate, with the addition of bentonite to enhance their mechanical properties. The research examines the swelling behavior of hydrogels in relation to monomer concentration, as well as their swelling capacity in sodium chloride solutions. The findings suggest that hydrogel particles can be effectively used to mitigate water production in oil wells.

HYDROGEL, PPG, SWELLING DEGREE, BENTONITE, OIL RECOVERY

AUTHOR INFORMATION

1 Gulnur Yelemessova – doctoral student of the department «Chemistry and ecology»; Shakarim University, Republic of Kazakhstan, e-mail: kussainova_g91@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1074-7111>.

2 Alexey Klivenko – PhD, senior teacher at the department «Chemistry and ecology»; Shakarim University, Republic of Kazakhstan, e-mail: alexeyklivenko@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8971-686X>.

3 Lazzyat Orazzhanova – candidate of chemical Sciences, associate professor at the department «Chemistry and ecology»; Shakarim University, Republic of Kazakhstan, e-mail: lyazzat.7070@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7881-0589>.

4 Alexey Shakhvorostov – PhD, Researcher of the the Institute of Polymer Materials and Technologies, Almaty, Republic of Kazakhstan, e-mail: alex.hv91@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3502-6123>.

DOI:

МРПТИ: 31.19.15, 31.19.29

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПРИРОДНОЙ ГРЯЗИ ОЗЕРА МАРАЛДЫ

Х.Г. Акимжанова^{1*}, А.Н. Сабитова¹, Б.Х. Мусабаева²

¹ Университет Шакарима г. Семей, Семей, Казахстан

²Международный университет Астана, Астана, Казахстан

**akimzhanova_kh@sm.nis.edu.kz*

АННОТАЦИЯ

В данной статье представлены результаты комплексного исследования природной сульфидной грязи, добытой из соленого озера Маралды, расположенного в Павлодарской области. Основной целью работы является изучение органической составляющей грязи, которая на данный момент изучена недостаточно глубоко. В ходе исследования были определены факторы, способствующие накоплению органического вещества в грязи. Кроме того, в статье представлены результаты интерпретации инфракрасных (ИК) спектров, полученных в ходе исследования. Полученные данные позволяют более полно понять органическую природу грязи и её уникальные качества, что делает её потенциальным объектом для дальнейшего изучения её органического происхождения и лечебных свойств.

СУЛЬФИДНАЯ ГРЯЗЬ, ИЛ, ИК-СПЕКТРОСКОПИЯ, ЭЛЕМЕНТНЫЙ АНАЛИЗ, МАРАЛДЫ

1 Введение

Природные грязи, представляющие собой сложные геохимические и биологические образования, формируются под воздействием множества факторов. Ключевую роль в их составе и генезисе играют солевой состав водоемов, почвы, а также органические вещества растительного и животного происхождения. Морфология водоемов, минерализация воды и геологическое строение берегов также оказывают значительное влияние на накопление ила.

Состав и свойства пелоидов варьируются в зависимости от географического положения и климатических условий, что подчеркивает их уникальность в каждом конкретном случае. Исследования природных грязей, их химического состава, физических свойств и лечебного эффекта проводятся во многих странах мира. Примеры комплексных физико-химических исследований включают работы в Румынии [1], в Черногории [2], в Турции [3,4], на Кубе [5], а также многолетние мониторинговые исследования в России [6], в Латвии [7], в Италии [8].

В Казахстане наиболее изучены физико-химические свойства пелоидов соленых озер Западного Казахстана [9], а также Коссорское месторождение, расположенное в трех километрах от южного побережья озера Алаколь [10], озера Жаланашколь [11] и озера Рей [12] в Южном Казахстане, озер Северо-Восточного региона [13, 14].

Соленые озера Павлодарской области содержат большие объемы самородных черных грязей. Объектами исследования были выбраны черная грязь озера Маралды. Озеро Маралды – одна из самых популярных зон отдыха в Казахстане, славящаяся целебными свойствами своей воды и грязей. Озеро расположено на Кулундинской равнине (52°16'01"N 77°44'58"E). Его площадь составляет 54,40 км², длина - 9,70 км, ширина - 7,98 км, а глубина достигает 5 м. Климат резко континентальный. Средняя температура составляет -18°C (январь) и +20°C

(июль). Количество осадков достигает 250-300 мм в год. В весенне-летний период наблюдается заметная кислотность воздуха. Климат резко континентальный, средняя температура составляет -18°C (январь) и $+20^{\circ}\text{C}$ (июль). Количество осадков достигает 250-300 мм в год. Несмотря на то, что население активно использует грязи в качестве лечебного сырья, в настоящее время имеется очень мало сведений о ее химическом составе, научно обосновывающих положительный лечебный эффект. В открытых источниках отсутствуют данные о систематических исследованиях ила этого озера за последние годы. Целью данного исследования является определение элементного состава, а также интерпретация органической фазы при помощи ИК-спектроскопии для выявления и расширения потенциально значимых областей применения, а также переработки, рационального использования данного сырья в промышленности, так как условия и время грязеобразования могут влиять на биохимический состав [15]. В данной статье представлены результаты исследования состава черной грязи озера Маралды, проведен их анализ, сделана попытка научно интерпретировать возможное применение этой натуральной грязи.

2 Материалы и методы исследования

2.1 Материалы

Для определения содержания общего органического углерода (ООУ), общего неорганического углерода (ОНУ), общего азота (ОА) и общей серы (ОС) был использован метод элементного анализа (ЕА) с применением анализатора CNS (VarioMax, Elementar, Германия). Для контроля качества анализа использовались сертифицированные стандартные образцы (CRMs) торфяной почвы, песчаной почвы и сульфадиазина. Для анализа химических связей в составе образца была применена инфракрасная спектроскопия с пониженным коэффициентом полного отражения с преобразованием Фурье (ATR-FTIR). Использовался спектрометр Bruker Alpha II (США) с приставкой ATR, оснащенной алмазным кристаллом. Каждый образец анализировался девять раз (три порции, каждая измеренная трижды), а полученные спектры усреднялись с помощью программного обеспечения OPUS (Bruker, США).

2.2 Методы

Перед проведением химического анализа образцы природной грязи были подвергнуты процессу сушки в печи при температуре 105°C . Для достижения однородности состава высушенные образцы были измельчены в агатовой мельнице (Pulverizette 2, Fritsch, Германия). Измерение содержания углерода в образцах проводилось в два этапа. На первом этапе определялось общее содержание углерода (ОУ) путем каталитического сжигания образцов при температуре 1140°C . При этом ОУ представляет собой сумму ООУ и ОНУ. На втором этапе образцы подвергались сжиганию при более низкой температуре (550°C) для

определения содержания ООУ. Содержание ОНУ рассчитывалось путем вычитания значения ООУ из значения ОУ. Каждый образец анализировался дважды, и результаты представлялись в виде среднего арифметического значения. Аналитическая точность метода, выраженная в процентах восстановления сертифицированных значений ОУ, ООУ, ОА и ОС, составила 104%, 105%, 106% и 110% соответственно. Для разделения общего содержания кремнезема (SiO_2 общ) в грязи на терригенный (SiO_2 тер) и биогенный (SiO_2 био) компоненты, порошкообразные образцы подвергались последовательной обработке. Первоначально, для удаления органических веществ, образцы прокаливали при температуре 550°C в течение 4 часов. Затем, с целью определения общего содержания кремнезема, остаток после прокаливания обрабатывали царской водкой при 100°C в течение 2 часов. Предполагалось, что полученный после кислотной обработки остаток соответствует общему количеству кремнезема. Для разделения биогенного кремнезема (SiO_2 био) применяли экстракцию 0,5 н. раствором гидроксида натрия (NaOH) на водяной бане при 100°C в течение 2 часов. Содержание терригенного кремнезема определяли как разницу между общим содержанием кремнезема и содержанием биогенного кремнезема. Все анализы проводились в двух повторностях для обеспечения надежности результатов.

ИК - спектры образцов были получены путем 24 сканирований с разрешением 4 см^{-1} в среднем инфракрасном диапазоне ($400\text{--}4000\text{ см}^{-1}$). После каждого измерения кристалл АТР очищался изопропанолом (Chempur, Польша), и регистрировался фоновый спектр воздуха. Спектры ИК-спектроскопии подвергались базовой коррекции и нормализации с использованием программного обеспечения. Полученные спектры сравнивались между собой и с литературными данными для идентификации наиболее интенсивных полос. Для однозначного различения органических и неорганических связей (C-O, C-N, C-S) был использован трехэтапный аналитический подход. Образцы анализировались в трех вариантах: необработанные, после обработки соляной кислотой и после прокаливания.

3 Результаты и обсуждение

Результаты элементного анализа представлены на рисунке 1. Согласно полученным результатам, исследуемый образец содержит до 4% органического углерода, что соответствует стандартам для грязи, используемым в грязелечении [16]. Это также означает большой вклад биологической продуктивности в маточном растворе, в котором она была сформирована. Содержание органического углерода в 2-3 раза больше, чем в илах озер Западного Казахстана [17], а также в целебных солевых грязях в таких странах, как например, в Румынии [1], Словении [18]. Образец озера Маралды может быть потенциально целебным источником с точки зрения наличия биологически активных веществ органической природы.

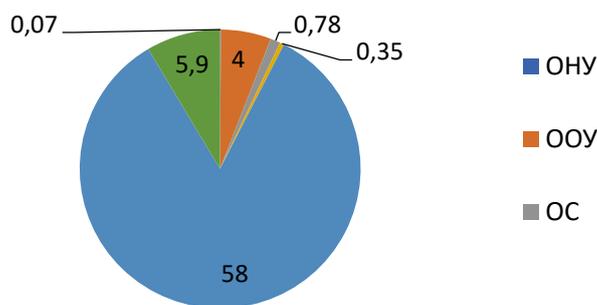


Рисунок 1 – Результаты элементного анализа образца грязи озера Маралды, масс. %

Образец имеет молярное соотношение значение TOC/N равное 13, что указывает на более высокий вклад озерных водорослей в образование органической фракции ила. Образцы также характеризуется высоким значением TOC/S равным 14, что может свидетельствовать о более выраженных процессах аэробного разложения и выделения серы [19].

Полученные спектры ИК анализа представлены на рисунке 2. Спектральные сигналы, зафиксированные в диапазоне $561\text{-}519\text{ см}^{-1}$, указывают на присутствие алюмосиликатных связей, в то время как сигналы в диапазоне $698\text{-}639\text{ см}^{-1}$ свидетельствуют о наличии оксидов железа, а сигналы в диапазоне $615\text{-}604\text{ см}^{-1}$ - о содержании сульфат-ионов. Отсутствие спектральных сигналов в диапазонах $895\text{-}872$, $727\text{-}713$, $1432\text{-}1421$, $1458\text{-}1442$, $2534\text{-}2516\text{ см}^{-1}$ в спектрах деминерализованного образца подтверждает карбонатную природу этих сигналов. Это указывает на присутствие в исследуемых образцах неглинистых минералов, таких как кальцит и доломит. Кроме того, исчезновение некоторых из этих сигналов в спектрах прокаленных образцов может свидетельствовать о наличии карбонатов металлов средней активности.

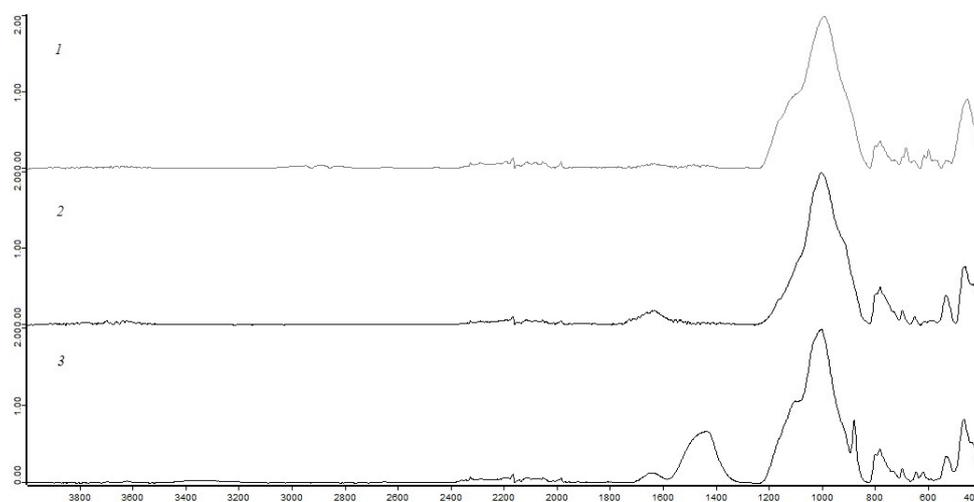


Рисунок 2 – Результаты ИК-анализа образца грязи озера Маралды: 1 – при прокаливании; 2 – при декарбонизации; 3 – без обработки

Во всех спектрах наблюдается незначительное содержание органических соединений в грязи, и сравнение спектров сухих и прокаленных образцов позволяет с уверенностью идентифицировать специфические органические химические связи. В образце присутствуют связи на 3623-3620, 2653-2646, 1801-1789, 1654-1630, 1162-1160, 875-856 см^{-1} , которые соответствуют алкенам, вторичным спиртам, простым эфирам, фенолам, карбоновым кислотам, сложным эфирам, амидам, галогенидам кислот, вторичным аминам, иминогруппам с открытой цепью или органическим нитратам, полисахаридам, пероксидам, серосодержащим группам органической природы, пятичленному кольцевому ангидриду, ароматическому 1,3-дизамещению (мета), арилкарбонату [20].

4 Заключение

Комплексный геохимический анализ природной грязи озера Маралды позволил установить, что исследуемый пелоид отличается высоким содержанием органического углерода, что делает его перспективным объектом для дальнейших исследований, направленных на изучение органической природы и целебных свойств.

Результаты анализа соотношения TOC/N указывают на то, что формирование органического вещества в грязи обусловлено активностью озерных водорослей. Высокое содержание биогенного кремнезема (SiO_2 биог) также подтверждает значительный вклад диатомовых водорослей в образование органической фракции в исследуемом образце.

ИК-спектроскопический анализ, проведенный с использованием трехэтапного метода интерпретации, позволил выявить наличие алюмосиликатного каркаса, оксидов/гидроксидов, карбонатов и сульфатов железа, магния и кальция, а также металлов средней активности в органо-минеральной матрице грязи.

Среди органических функциональных групп в образце идентифицированы алкены, вторичные спирты, простые эфиры, фенолы, карбоновые кислоты, сложные эфиры, амиды, галогениды кислот, вторичные амины, иминогруппы с открытой цепью или органические нитраты, полисахариды, пероксиды, серосодержащие группы органической природы, пятичленные кольцевые ангидриды, ароматические 1,3-дизамещенные (мета) соединения и арилкарбонаты.

Таким образом, комплексное исследование природной грязи озера Маралды позволило получить ценные данные о ее составе и свойствах, что открывает перспективы для дальнейшего изучения ее лечебного потенциала.

Благодарности. Авторами выражается признательность за помощь коллег в использовании оборудования и методологической поддержки профессору М. Woszczyk, Факультет географических и геологических наук; доктору J. Proch, Факультет химии, Университет имени Адама Мицкевича, Польша.

Список использованных источников

1 Baricz A., Levei E.A., Şenilâ M., Pînzaru S.C., Aluaş M., Vulpoi A. et al. Comprehensive mineralogical and physicochemical characterization of recent sapropels from Romanian saline lakes for potential use in pelotherapy // *Scientific Reports.*– 2021. – Vol. 11:18633. – DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97904-1>.

2 Potpara Z., Pantovic S., Duborija-Kovacevic N., Tadic V., Vojinovic T., Marstijepovic N. The Properties of the Ulcinj Peloid make it Unique Biochemical Laboratory Required for the Treatment of Problematic Skin and Health Care. // *Natural Product Communications.* – 2017. – Vol. 12. №. 6. – P. 911-914.

3 Odabasi E., Gul H., Macit E., Turan M., Yildiz O. Lipophilic Components of Different Therapeutic Mud Species // *The Journal of Alternative and Complementary Medicine.* – 2007. – Vol. 13. №. 10. – P. 1115-1118. – DOI: <http://doi.org/10.1089/acm.2007.0504>.

4 Karakaya C.M., Karakaya N. Chemical composition and suitability of some Turkish thermal muds as peloids // *Turkish Journal of Earth Sciences.* – 2018. – Vol. 27. – P. 191-204. – DOI: <https://doi.org/10.3906/yer-1712-8>.

5 Martínez-Villegas N., Suárez Muñoz M., González-Hernández P., Melián Rodríguez C., Barrios Cossio J., Hernández Díaz R. et al. Inorganic and organic characterization of Santa Lucía salt mine peloid for quality evaluations // *Environ Sci Pollut Res.* – 2020. – Vol. 27. – P. 15944–15958. – DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04790-2>.

6 Muradov S.V., Khomenko A. I. Rogatykh, S.V. Influence of the Paratunka geothermal deposit of thermomineral waters on the ecological characteristics of the formation and state of the therapeutic mud deposit // *2nd International Geothermal Conference IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.* – 2019. – Vol. 249:012039. – DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/249/1/012039>.

7 Pavlovska I., Klavina A., Auce A., Vanadzins I., Silova A., Komarovska L. et al. Assessment of sapropel use for pharmaceutical products according to legislation, pollution parameters, and concentration of biologically active substances // *Sci Rep.* – 2020. – Vol. 10:21527. – DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78498-6>.

8 Bergamaschi B., Marzola L., Radice M., Manfredini S., Baldini E., Vicentini C.B. et al. Comparative Study of SPA Mud from “Bacino Idrominerario Omogeneo dei Colli Euganei (B.I.O.C.E.)–Italy” and Industrially Optimized Mud for Skin Applications // *Life.* – 2020. – Vol. 10(6):78. – DOI: <https://doi.org/10.3390/life10060078>.

9 Akhmedenov K.M., Khalelova R.A. Salt lakes of the West Kazakhstan region as objects of medical tourism // *GeoJournal of Tourism and Geosites.* – 2021. – Vol. 36. №. 2. – P. 637–645. – DOI: <https://doi.org/10.30892/gtg.362spl11-693>.

10 Dzhetimov M.A., Mazbayev O.B., Asubayev B.K., Yesengabylova A., Tokpanov E.A. Physical and chemical microbiological analysis of the therapeutic mud of “Kossor” deposit of Alakol lake // *Life Sciences*. – 2014. – Vol. 11. №. 5. – P. 217–221.

11 Токпанов Е.А. Гидроминеральные рекреационные ресурсы озера Жаланашколь // *Вестник КазНУ. Серия географическая*. – 2016. – Vol. 2. № 43. – P. 305-309.

12 Tokpanov Y., Atasoy E., Mendybayev E., Abdimanapov B., Andasbayev Y., Mukhitdinova R. et al. Prospects for the development of health tourism on lake Ray in the Almaty region of the Republic of Kazakhstan // *Geo Journal of Tourism and Geosites*. – 2021. – Vol. 37. №3. – P. 888–893. – DOI: <https://doi.org/10.30892/gtg.37320-722>.

13 Sabitova A., Akimzhanova Kh., Mussabayeva B.K., Bayakhmetova B.B., Orazzhanova L., Klivenko A., Nurgaliyev N., Yermoldina E. Physico-chemical Characteristics of Natural Mud of Salt Lakes of North-East Kazakhstan // *Engineered Science*. – 2023. – Vol. 25:930. – DOI: 10.30919/es930.

14 Akimzhanova K.G., Sabitova A.N., Mussabayeva B.K., Bayakhmetova B.B. Inorganic composition and physico-chemical properties of the peloid of the Salt Lake Moiylidy (Kazakhstan) as a natural source of biologically active substances // *Chemical Engineering Transactions*. – 2023. – Vol. 103. – P. 433–438. – DOI: 10.3303/CET23103073.

15 Centini M., Tredici M.R., Biondi N., Buonocore A., Maffei Facino R., Anselmi C. Thermal mud maturation: organic matter and biological activity // *Int J Cosmet Sci*. – 2015. – Vol. 37. – No. 3. – P. 339–347. – DOI: <https://doi.org/10.1111/ics.12204>.

16 Адилов В.Б., Бережнов Е.С., Бобровницкий И.П., Гусаров И.И., Давыдова О.Б., Дубовской А.В., Зотова В.И., Львова Н.В., Новикова О.В., Петрова Н.Г., Разумов А.Н., Роговец А.И., Серегина И.Ф., Терешкова Л.П., Требухов Я.А., Требухова Т.М., Тупицина Ю.Ю. Классификация минеральных вод и лечебных грязей для целей их сертификации: Методические рекомендации. – Москва: Российский научный центр восстановительной медицины и курортологии, 2000.

17 Akimzhanova K., Sabitova A., Mussabayeva B., Kairbekov Zh., Bayakhmetova B., Proch J. Chemical composition and physicochemical properties of natural therapeutic mud of Kazakhstan salt lakes: a review. – *Environ Geochem Health*, 2024. – 46:43. – DOI:10.1007/s10653-023-01813-3.

18 Glavaš N., Lourdes Mourelle M., Gómez C. P., Legido J. L., Rogan Šmuc N., Dolenc M., Kovač N. The mineralogical, geochemical, and thermophysical characterization of healing saline mud for use in pelotherapy. – *Applied Clay Science*, 2016. – 135. – P.119-128. – DOI:10.1016/j.clay.2016.09.013

19 Kerr J.G., Eimers M.C., Creed I.F. Adams M.B., Beall F., Burns D.A., Campbell J.L. et al. The effect of seasonal drying on sulphate dynamics in streams across southeastern Canada and the northeastern USA. – Biogeochemistry, 2012. – 111. – P.393–409. – DOI:10.1007/s10533-011-9664-1

20 Xing Z., Tian K., Du Ch., Li Ch., Zhou J., Chen Zh. Agricultural soil characterization by FTIR spectroscopy at micrometer scales: Depth profiling by photoacoustic spectroscopy. – Geoderma, 2019. – 335. – P.94-103. – DOI:10.1016/j.geoderma.2018.08.003

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1 Хафиза Габдулмуликовна Акимжанова, магистр педагогических наук, Университет Шакарима г. Семей, PhD студент, e-mail: Akimzhanova_Kh@sm.nis.edu.kz. <https://orcid.org/0000-0002-8775-5873>.

2 Альфира Нуржановна Сабитова, PhD, доцент, Университет Шакарима г. Семей, заведующая кафедрой химии и экологии, e-mail: alfa-1983@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-3360-7998>.

3 Бинур Хабасовна Мусабаева, кандидат химических наук, профессор Педагогического института Международного университета Астана, e-mail: mussabayevabinur@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-2209-1209>.

Отправлено: 28.02.2025

Исправлено: 15.03.2025

Принято: 30.03.2025

МАРАЛДЫ КӨЛІНІҢ ТАБИҒИ БАЛШЫҒЫНЫҢ ЭЛЕМЕНТТІК ҚҰРАМЫ

Х.Г. Акимжанова^{1*}, А.Н. Сабитова¹, Б.Х. Мусабаева²

¹ Семей қ. Шәкәрім университеті, Семей, Қазақстан

² Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан

*akimzhanova_kh@sm.nis.edu.kz

Бұл мақалада Павлодар облысында орналасқан Маралды тұзды көлінен алынған табиғи сульфидті балшықты кешенді зерттеу нәтижелері келтірілген. Жұмыстың негізгі мақсаты- қазіргі уақытта жеткілікті терең зерттелмеген кірдің органикалық компонентін зерттеу. Зерттеу барысында кірде Органикалық заттардың жиналуына ықпал ететін факторлар анықталды. Сонымен қатар, мақалада зерттеу нәтижесінде алынған инфрақызыл (ИК)

спектрлерді интерпретациялау нәтижелері келтірілген. Нәтижелер кірдің органикалық табиғатын және оның бірегей қасиеттерін толық түсінуге мүмкіндік береді, бұл оның органикалық шығу тегі мен емдік қасиеттерін одан әрі зерттеуге мүмкіндік береді.

СУЛЬФИДТІ БАЛШЫҚ, ЛАЙ, ИҚ-СПЕКТРОСКОПИЯ, ЭЛЕМЕНТТІК АНАЛИЗИ, МАРАЛДЫ КӨЛІ

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР

1 Хафиза Габдулмуликовна Акимжанова, педагогика ғылымдарының магистрі. Семей қ. Шәкәрім университеті, PhD студент, e-mail: Akimzhanova_Kh@sm.nis.edu.kz. <https://orcid.org/0000-0002-8775-5873>.

2 Альфира Нұржанқызы Сабитова, PhD, доцент. Семей қ. Шәкәрім университеті, Химия және экология кафедрасының меңгерушісі, e-mail: alfa-1983@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-3360-7998>.

3 Бинур Хабасовна Мусабаяева, химия ғылымдарының кандидаты, профессор. Астана Халықаралық университетінің Педагогикалық институтының профессоры, e-mail: mussabayevabinur@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0003-2209-1209>.

THE ELEMENTAL COMPOSITION OF THE NATURAL MUD OF LAKE MARALDY

Kh. Akimzhanova^{1*}, A. Sabitova¹, B. Mussabayeva²

¹ Shakarim university of Semey, Semey, Kazakhstan

² Astana international university, Astana, Kazakhstan

*akimzhanova_kh@sm.nis.edu.kz

This article presents the results of a comprehensive study of natural sulfide mud extracted from the salt lake Maraldy, located in the Pavlodar region. The main purpose of the work is to study the organic component of mud, which has not been studied deeply enough at the moment. The study identified factors contributing to the accumulation of organic matter in the mud. In addition, the article presents the results of the interpretation of infrared (IR) spectra obtained during the study. The data obtained allow for a more complete understanding of the organic nature of mud and its unique qualities, which makes it a potential object for further study of its organic origin and medicinal properties.

SULFIDE MUD, SLUDGE, IR-SPECTROSCOPY, ELEMENTAL ANALYSIS, MARALDY LAKE

AUTHOR INFORMATION

1 Akimzhanova Hafiza Gabdulmulikovna, Master of Pedagogical Sciences. Shakarim University of Semey, PhD student, e-mail: Akimzhanova_Kh@sm.nis.edu.kz. <https://orcid.org/0000-0002-8775-5873>.

2 Alfira Nurzhanovna Sabitova, PhD, Associate Professor. Shakarim University of Semey, Head of the Department of Chemistry and Ecology, e-mail: alfa-1983@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-3360-7998>.

3 Binur Khabasovna Mussabayeva, Candidate of Chemical Sciences, Professor. Professor of the Pedagogical Institute of Astana International University, e-mail: mussabayevabinur@gmail.com . <https://orcid.org/0000-0003-2209-1209>.

DOI:

IRSTI: 31.25.15

**INCREASING THE EFFECTIVENESS OF POLYMERIC THICKENING ADDITIVES
FOR MOTOR OILS**

D.Karly^{1,2*}, G.Aitkaliyeva¹, N.Zhanturganov², Zh. Smailylova², M.Bitabarova²

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²LTL "LUKOIL Lubricants Central Asia", Almaty, Kazakhstan

*diana.karly@stud.satbayev.university

ANNOTATION

This article discusses innovative approaches to improving the efficiency and stability of polymeric thickeners used in modern motor oils. The main focus is on understanding the molecular interactions between thickeners and different base oil types, including mineral, semi-synthetic, and fully synthetic bases. The interactions with base components were analyzed using rheological and physicochemical methods, and strategies for optimizing their chemical structure and composition were proposed. The study's findings demonstrated that the correct selection of base oils and polymer architecture significantly increases the viscosity index, enhances thermal stability, reduces engine wear, and improves overall fuel and energy efficiency.

POLYMER THICKENERS, MOTOR OILS, VISCOSITY, BASE OILS, OIL FORMULATION

1 Introduction

In today's world, motor oil manufacturers continue to actively research and develop new additives that can maximize engine efficiency and provide protection while meeting strict quality standards. The evolution of motor oils is aimed at improving their performance characteristics, including reducing friction, reducing engine wear and increasing overall energy efficiency. In the context of global efforts to improve the environmental performance of vehicles, special attention is

paid to the creation of oils that help reduce carbon dioxide (CO₂) emissions and other harmful substances into the atmosphere, which is an integral part of the global strategy to combat climate change [3, 4]. Modern motor oils must ensure stable engine operation over a wide range of temperatures, guaranteeing reliable protection against wear and reducing the friction coefficient, which is critical for increasing engine life and performance [5,6]. The effectiveness of the oil under these conditions largely depends on the composition of its base oil and additives. One of the most important components of motor oils are polymer thickeners, which play a key role in maintaining the viscosity characteristics of the oil, which in turn helps improve lubricating properties, stabilise viscosity at different temperatures and protect against wear. However, the effectiveness of these thickeners can vary significantly depending on the type and composition of the base oil [7].

Given the current environmental agenda and the need to reduce carbon dioxide emissions, improving energy efficiency and reducing friction losses are becoming important issues for the automotive industry. The use of lubricants with improved characteristics, such as oils with a low friction coefficient and higher viscosity stability, is one of the most effective methods for achieving these goals. Research shows that friction-related energy losses account for up to 11.5% of fuel consumption in typical passenger car engines, making the issue of reducing friction important for improving overall fuel efficiency [8]. In the context of the need to comply with environmental standards and improve energy efficiency, various additives such as friction modifiers, anti-wear additives and polymer thickeners play a key role. These additives can significantly reduce friction between engine parts, which in turn reduces fuel consumption, improves environmental performance and increases the service life of the vehicle [9, 10]. In particular, the use of polymer thickeners, which are responsible for viscosity stability, can lead to significant improvements in the performance characteristics of oils, especially at high operating temperatures. Thus, this paper discusses methods for increasing the effectiveness of polymer thickeners, as well as their interaction with various base oils. The studies conducted are aimed at optimizing the composition of oils to achieve their improved characteristics, which contributes to both increasing energy efficiency and meeting modern environmental requirements.

2 Materials and research methods

All materials and methods of the study are described in detail. The description of materials and methods should ensure that the studies conducted can be repeated by readers.

2.1 Materials

In this study, a comprehensive methodology was used to analyze the effectiveness of polymer thickeners in motor oils, including several approaches to study the physicochemical properties of the oils and their interactions with base oils and additives. Two types of motor oils with different base oil and additive compositions were selected. The oils were prepared in the laboratory using different base

oils (Group I and Group II) and additives such as polymer thickeners, pour point depressants, antifoam additives, and multifunctional additive packages. All oils were prepared according to precisely defined recipes. The following recipes were used in the study:

Motor oil-1 SAE 10W-40, API CF-4/SG:

Base oils:

I. Base oil II – 46.015% (viscosity 4.74)

II. Base oil II – 20.00% (viscosity 6.26)

III. Base oil I – 25.00% (viscosity 5.35)

Additives:

I. Multifunctional package of additives – 7,

II. Thickener – 1.48%

III. Pour point depressant mixture – 0.3%

IV. Anti-foam additive – 0.005%

Motor oil-2 SAE 10W-40, API CF-4/SG:

Base oils:

I. Base oil I – 90.82% (viscosity 5.35)

Additives:

I. Multifunctional additive package – 7.2%

II. Thickener – 1.48%

III. Depressant mixture – 0.5%

IV. Anti-fouling additive – 0.005%

2.2 Methods

Viscosity at different temperatures, viscosity index, pour point, evaporation rate and other physicochemical properties were determined [11, 12]. To evaluate the viscosity characteristics of oils, methods corresponding to ASTM D445 and ASTM D5293 standards were used. Kinematic viscosity at 100°C and apparent viscosity at -25°C (CCS) were determined using viscometers, which allow evaluating the stability of oil viscosity at different temperatures and operating conditions. These parameters are unique for evaluating the ability of oil to reliably provide lubrication under high temperature conditions and when starting the engine at low temperatures.

Viscosity index (VI) was determined according to ASTM D2270. This indicator characterizes the ability of the oil to maintain a stable viscosity with temperature changes. Oil loss at high temperatures was determined using the Noack method, according to ASTM D5800. This method measures the percentage of oil evaporation at 250°C and helps evaluate its ability to maintain its

properties under prolonged high loads and temperatures. Minimizing oil loss is important for increasing oil and engine life.

To evaluate the low-temperature properties of oils, the pour point was measured according to the ASTM D97 standard. This is an important indicator that shows at what temperature the oil retains its flow properties and can be used in low-temperature conditions.

For a more in-depth analysis of the oil composition, the method of infrared spectroscopy with Fourier transformation (FTIR) was used on Spectrum Two equipment (Perkin Elmer). The spectra obtained for the oil samples allowed us to establish the presence of various functional additives, such as depressants, antifoam additives, detergents and antioxidant additives, as well as thickeners. The analysis of the IR spectra provided information on the structural features of polymer thickeners and their interaction with base oils.

3 Results and discussion

The experimental results confirmed that the efficiency of polymeric thickeners is influenced by the composition of the base oils [13].

3.1 Physicochemical characteristics of motor oils

Table 1 presents the main physicochemical parameters for two samples of motor oils containing different formulations of base oils and additives.

Table 1 – Physicochemical Characteristics of Motor Oils

Nº	Indicator	Sample 1 (Oil-1)	Sample 2 (Oil-2)
1	Kinematic Viscosity at 100°C (mm ² /s)	13,27	14,52
2	Apparent Viscosity (CCS) at -25°C (mPa·s)	4839	8903
3	Viscosity Index	158	148
4	Noack Volatility Loss (%)	8,9	9,7
5	Total Base Number (mg KOH/g)	9,4	8,8
6	Alkalinity (mg KOH/g)	9,9	9,5
7	Sulfated Ash Content (%)	1,37	1,41
8	Mass indices of mechanical additives, %	0.0031	0.0034
9	Mass index of water, %	traces	traces
10	Pour Point Temperature (°C)	-43	-41
11	Flash Point Temperature (°C)	231	248
12	Oil foaming stability, cm ³ 1. 24 °C	1. 0/0	1. 0/0

	2. 93 °C 3. From 93°C to 24 °C	2. 10/0 3. 0/0	2. 20/0 3. 0/0
13	Mass fraction of calcium, %	0,299	0,304
14	Mass fraction of zinc, %	0,113	0,123
15	Mass fraction of phosphorus, %	0,102	0,115
16	Density at 20 °C, kg/m ³	861,9	865,5
17	Density at 15 °C, kg/m ³	865,1	868,6
18	ASTM color scale	2,0	2,0

Experiments (Table 1) have shown that the effectiveness of polymeric thickeners depends on the composition of the base oils [13]. Analysis has shown that oils with a high synthetic content (especially Group II oils) have better viscosity stability, lower evaporation rates, and higher viscosity indices [14]. The use of depressant and multifunctional additives has helped to improve the low-temperature properties of oils.

The kinematic viscosity at 100°C meets the established standards, ensuring reliable lubrication of engine components under high-temperature conditions (Figure 1). According to SAE 10W-40 requirements, the apparent viscosity at -25°C (CCS) should not exceed 7000 mPa·s. For **Sample 1**, the apparent viscosity complies with the standard, while **Sample 2** exceeds the norm, indicating a defect in this sample.

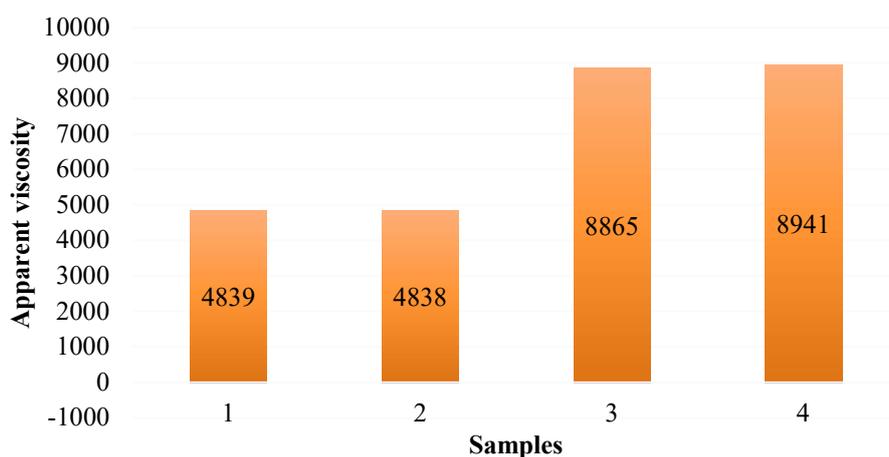


Figure 1 – Apparent viscosity of engine oil at temperature -25°C (CCS)

A higher viscosity index indicates better stability across various temperatures (Table 1). The Viscosity Index for Sample 1 is 158, which is above the normal level of 140 and indicates better performance in maintaining viscosity at different temperatures compared to Sample 2, which has an index of 148.

Low oil consumption at high temperatures according to Noak is in accordance with the standards (not more than 13%), which extends the service life of the oil. The alkaline number is an important indicator for neutralizing acidic products. It complies with the standards (not less than 8). The sulfated ash content is at a normal level (not more than 1.5%), which reduces the likelihood of deposits in the engine. The pour point ensures the stability of the oil at low temperatures. The normal level is below -35°C , the results comply with the standard. The flash point is important for assessing the thermal stability of the oil. The minimum norm is 220°C , the results comply with the requirements. The oil has good foaming resistance, which prevents the formation of air bubbles in the lubrication system. The elemental composition confirms the presence of detergent and anti-wear additives.

The study demonstrates that the use of modern polymer thickeners significantly improves the performance characteristics of motor oils. Both oil samples exhibited good stability in terms of viscosity, volatility, and resistance to foaming, ensuring reliable lubrication and protection of engine parts under various operating conditions.

3.2 FTIR Analysis of Motor Oil Samples

This section presents the infrared spectra of the motor oil samples studied in this research, with a focus on identifying characteristic absorption bands that correspond to various molecular components (Figure 2).

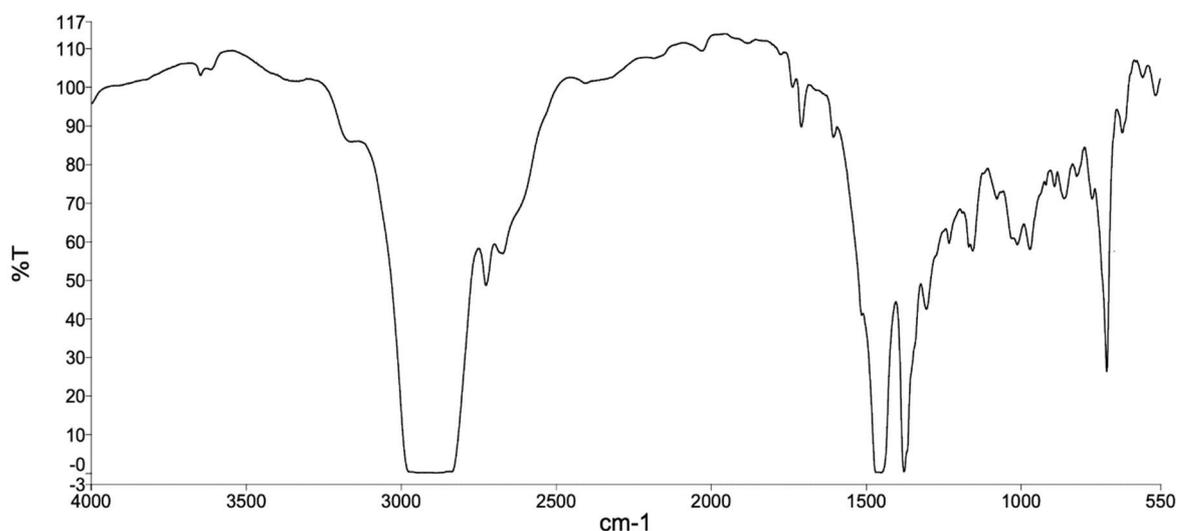


Figure 2 – FTIR spectrum of an oil sample

In the FTIR spectrum of motor oil with additives (Figure 2), characteristic absorption bands are observed, indicating the presence of both base oils and various functional additives included in the formulation. The main peaks in the region of $3000\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$ are associated with the stretching vibrations of the C-H bonds in the methyl (CH_3) and methylene (CH_2) groups characteristic of the hydrocarbon base of the base oil. The intensity of these bands depends on the presence of long-chain hydrocarbons present in the base oil and thickener additives.

The peaks at 1465 and 1375 cm^{-1} correspond to the C-H deformation vibrations characteristic of the hydrocarbon structure of the oil. The presence of an intense peak in the region of 1730-1710 cm^{-1} associated with carbonyl groups (C=O) due to the addition of depressant additives indicates the presence of esters used to improve the low-temperature properties of this oil.

The bands in the range of 1400-1300 cm^{-1} are characteristic of sulfonates included in the multifunctional additive packages. They confirm the presence of detergents that prevent the formation of deposits on engine surfaces. Peaks in the region of 1600-1500 cm^{-1} indicate the presence of aromatic compounds characteristic of antioxidants used to prevent oil oxidation (for example, aromatic amines or phenolic compounds).

In the range of 1250-1000 cm^{-1} , bands indicating the presence of boron compounds are observed. These compounds are responsible for anti-wear and antioxidant properties.

The presence of thickening additives is reflected in the increase in the intensity of the bands in the region of 3000-2800 cm^{-1} (C-H), as well as in the appearance of bands in the region of 800-700 cm^{-1} , which indicate the structural features of long-chain polymers such as polyisobutylenes.

Thus, differences in the IR spectra of motor oil samples with additives are due to variations in the additive formulations, including depressants, antifoam agents, detergents, antioxidants, and thickening components.

4 Conclusion

The use of advanced polymer thickeners has significantly improved the performance of motor oils. The modified oils maintain viscosity stability, reduce evaporation rates, and increase wear resistance [15]. It has been found that the effectiveness of oils can be improved by using different base oil formulations. Future studies will be aimed at investigating the compatibility of polymeric thickeners with various base oil.

List of references

- 1 Bartels T. Lubricants and Lubrication // Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. – 2005
- 2 Reynolds J. R. Handbook of Lubrication and Tribology. – CRC Press, 2013. – 1234 p.
- 3 Smigins R., Amatnieks K., Birkavs A., Górski K., Kryštofa S. Studies on Engine Oil Degradation Characteristics in a Field Test with Passenger Cars // Energies. – 2023. – Vol.16. – Article 7955. <https://doi.org/10.3390/en16247955>
- 4 Agocs A., Nagy A.L., Tabakov Z., Perger J., Rohde-Brandenburger J., Schandl M., Besser C., Dorr N. Comprehensive assessment of oil degradation patterns in petrol and diesel engines observed in a field test with passenger cars–Conventional oil analysis and fuel dilution // Tribology International. – 2021. – Vol.161. – Article 107079.
- 5 Cameron A. Handbook of Lubrication and Tribology // CRC Press, 2014. – 1245 p.

6 Gokhale A. Additives for Engine Oils // Wiley, 2010. – 456 p.

7 Totten G.E. Handbook of Lubrication and Tribology: Volume I // CRC Press, 2006. – 978 p.

8 Wasiak A., Orynych O., Tucki K., Świć A. Hydrogen enriched hydrocarbons as new energy resources—As studied by means of computer simulations // Advances in Science and Technology Research Journal. – 2022. – Vol.16. – P.78–85.

9 Knauder C., Allmaier H., Sander D.E., Sams T. Investigations of the friction losses of different engine concepts. Part 1: A combined approach for applying subassembly-resolved friction loss analysis on a modern passenger-car diesel engine // Lubricants. – 2019. – Vol.7. – Article 39.

10 Dubey M.K., Chaudhary R., Emmandi R., Seth S., Mahapatra R., Harinarain A.K., Ramakumar S.S.V. Tribological evaluation of passenger car engine oil: Effect of friction modifiers // Results in Engineering. – 2022. – Vol.16. – Article 100727.

11 Lansdown A.R. Lubrication and Lubricant Selection // ASME Press, 2004. – 432 p.

12 Mortier R.M., Fox M.F., Orszulik S.T. Chemistry and Technology of Lubricants // Springer, 2010. – 678 p.

13 Mang T., Dresel W. Lubricants and Lubrication // Wiley-VCH, 2007. – 1023 p.

14 Rudnick L.R. Lubricant Additives: Chemistry and Applications // CRC Press, 2003. – 876 p.

15 Spearot J.A. Lubricant Additives: Chemistry and Applications // CRC Press, 2018. – 987 p.

AUTHOR INFORMATION

1 Diana Karly, Master's student, laboratory assistant. Satbayev University, Almaty, Kazakhstan; LTL "LUKOIL Lubricants Central Asia", Almaty, Kazakhstan, e-mail: diana.karly@stud.satbayev.university. <https://orcid.org/0000-0003-3764-9666>.

2 Gulzat Aitkaliyeva, PhD. Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: g.aitkaliyeva@satbayev.university. <https://orcid.org/0000-0001-9872-6317>.

3 Nurzhan Zhanturganov, Chief Technologist. LTL "LUKOIL Lubricants Central Asia", Almaty, Kazakhstan, e-mail: Zhanturganov.Nurzhan@lukoil.com.kz. <https://orcid.org/0009-0004-0617-4703>.

4 Zhazira Smailylova, Process Engineer. LTL "LUKOIL Lubricants Central Asia", Almaty, Kazakhstan, e-mail: Smailylova.Zhazira@lukoil.com.kz. <https://orcid.org/0009-0006-5648-5862>.

5 Madina Bitabarova, Head of Quality and Product Line Development Department. LTL "LUKOIL Lubricants Central Asia", Almaty, Kazakhstan, e-mail: Bitabarova.Madina@lukoil.com.kz. <https://orcid.org/0009-0007-0016-1356>.

Submitted: 03.03.2025

Revised: 25.03.2025

Accepted: 30.03.2025

МОТОР МАЙЛАРЫНА АРНАЛҒАН ПОЛИМЕРЛІ ҚОЮЛАНДЫРҒЫШ ҚОСПАЛАРДЫҢ ӘСЕР ЕТУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Д.Карлы^{1,2*}, Г.Айтқалиева¹, Н.Жантұрғанов², Ж. Смаилова², М.Битабарова²

¹Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан

² LUKOIL Lubricants Central Asia, Алматы, Қазақстан

**diana.karly@stud.satbayev.university*

Бұл мақалада мотор майларында қолданылатын полимерлі қоюландырғыштардың тиімділігін арттыру жолдары қарастырылады. Негізгі назар қоюландырғыштардың әртүрлі базалық майлармен әрекеттесуіне бөлінеді. Қоюландырғыштардың базалық компоненттермен өзара әрекеттесуі талданып, олардың құрамын және құрылымын оңтайландыру әдістері зерттелді. Зерттеу нәтижелері базалық майлардың дұрыс таңдалуы тұтқырлық индексін арттыруға, қозғалтқыш бөлшектерінің тозуын төмендетуге және жалпы энергия тиімділігін жақсартуға мүмкіндік беретінін көрсетті.

ПОЛИМЕРЛІ ҚОЮЛАНДЫРҒЫШТАР, МОТОР МАЙЛАРЫ, ТҮТҚЫРЛЫҚ, БАЗАЛЫҚ МАЙЛАР, МАЙ ҚҰРАМЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР

1 Диана Комекбайқызы Карлы, магистрант, лаборант. Сәтбаев Университеті, Қазақстан, Алматы қ.; «ЛУКОЙЛ Лубрикантс Орталық Азия» ЖШС, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: diana.karly@stud.satbayev.university. <https://orcid.org/0000-0003-3764-9666>.

2 Гүлзат Сляшқызы Айтқалиева, PhD докторы. Сәтбаев Университеті, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: g.aitkaliyeva@satbayev.university. <https://orcid.org/0000-0001-9872-6317>.

3 Нұржан Жұмағалиұлы Жантұрғанов, бас технолог. «ЛУКОЙЛ Лубрикантс Орталық Азия» ЖШС, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: Zhanturganov.Nurzhan@lukoil.com.kz. <https://orcid.org/0009-0004-0617-4703>.

4 Жазира Смайылова, инженер-технолог. «ЛУКОЙЛ Лубрикантс Орталық Азия» ЖШС, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: Smaylova.Zhazira@lukoil.com.kz.

5 Мадина Васильевна Битабарова, сапа және өнім желісін дамыту бөлімінің бастығы. «ЛУКОЙЛ Лубрикантс Орталық Азия» ЖШС, Қазақстан, Алматы қ., e-mail: Bitabarova.Madina@lukoil.com.kz. <https://orcid.org/0009-0007-0016-1356>.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ ЗАГУЩАЮЩИХ ПРИСАДОК ДЛЯ МОТОРНЫХ МАСЕЛ

Д.Карлы^{1,2*}, Г.Айткалиева¹, Н.Жантурганов², Ж. Смаилова², М.Битабарова²

¹Сәтбаев университет, Алматы, Казахстан

²LUKOIL Lubricants Central Asia, Алматы, Казахстан

**diana.karly@stud.satbayev.university*

В статье рассматриваются способы повышения эффективности полимерных загущающих присадок, используемых в моторных маслах. Основное внимание уделено взаимодействию загустителей с различными базовыми маслами. Проанализировано взаимодействие загустителей с базовыми компонентами, а также изучены методы оптимизации их состава и структуры. Результаты исследования показали, что правильный подбор базовых масел позволяет повысить индекс вязкости, снизить износ деталей двигателя и улучшить общую энергетическую эффективность.

ПОЛИМЕРНЫЕ ЗАГУСТИТЕЛИ, МОТОРНЫЕ МАСЛА, ВЯЗКОСТЬ, БАЗОВЫЕ МАСЛА,
СОСТАВ МАСЕЛ

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1 Диана Комекбайқызы Карлы, магистрант, лаборант. Сатпаев Университет, Казахстан, г. Алматы; ТОО «ЛУКОЙЛ Лубрикантс Центральная Азия», Казахстан, г. Алматы, e-mail: diana.karly@stud.satbayev.university. <https://orcid.org/0000-0003-3764-9666>.

2 Гульзат Сляшевна Айткалиева, PhD доктор. Сатпаев Университет, Казахстан, г. Алматы, e-mail: g.aitkaliyeva@satbayev.university. <https://orcid.org/0000-0001-9872-6317>.

3 Нұржан Жұмағалиұлы Жантұрғанов, главный технолог. ТОО «ЛУКОЙЛ Лубрикантс Центральная Азия», Казахстан, г. Алматы, e-mail: Zhanturganov.Nurzhan@lukoil.com.kz. <https://orcid.org/0009-0004-0617-4703>.

4 Жазира Смаилова, инженер-технолог. ТОО «ЛУКОЙЛ Лубрикантс Центральная Азия», Казахстан, г. Алматы, e-mail: Smailylova.Zhazira@lukoil.com.kz.

5 Мадина Васильевна Битабарова, начальник отдела качества и развития продуктовой линейки. ТОО «ЛУКОЙЛ Лубрикантс Центральная Азия», Казахстан, г. Алматы, e-mail: Bitabarova.Madina@lucoil.com.kz. <https://orcid.org/0009-0007-0016-1356>.

DOI:

FTAXP: 31.27.21

CHLORELLA VULGARIS ӨСІРУ ЖАҒДАЙЛАРЫНЫҢ БИОМАССАҒА ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАР ҚҰРАМЫНА ӘСЕРІ

**Ж.Ж. Нуртазина^{1*}, Ж.С. Касымова¹, Л.К. Оразжанова¹, К.К. Кабдулкаримова¹,
Б. Леска²**

¹Шәкәрім Университеті, Семей, Қазақстан

²Adam Mickiewicz University in Poznań, Faculty of Chemistry, Poznań, Poland

*nurtazina830912@gmail.com

АҢДАТПА

Chlorella vulgaris құрамында ақуыздың, пигменттердің және басқа да биологиялық белсенді заттардың көп болуына байланысты химия мен экологияда кеңінен қолданылатын зерттеу нысаны болып табылады. Жасуша метаболизмін жақсартуға және өнімділікті арттыруға бағытталған қоректік орталардың химиялық модификациясы табысты өсірудің ең маңызды аспектісі болып табылады.

Зерттеудің мақсаты – *Chlorella vulgaris* өсуіне, биомассасына және химиялық құрамына Тамийя, Богданов және BG-11 қоректік орталарын химиялық модификациялаудың әсерін зерттеу, сонымен қатар несепнәр мен темір нанобөлшектерін қоректік ортаға қосудың биомасса және микробалдырлардың өсуін арттыру үшін тиімділігін бағалау.

Өсірудің физикалық көрсеткіштерін зерттеу кезінде микробалдырлардың ең жақсы өсуіне $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$ температурада, жарық фазасы 16 сағат және қараңғы кезеңде 8 сағат, ылғалдылық 29-31%, CO_2 концентрациясы 0,03% болғаны анықталды.

Әртүрлі қоректік орталардың химиялық құрамының әсерін зерттеу нәтижелері Богданов ортасы хлорелланың ең жоғары өсуі мен биомассасын алу үшін оңтайлы екендігін көрсетті. Қоректік ортаны модификациялау барысында ақуыздық биомассаны алу үшін несепнәрның оңтайлы мөлшері 5 г/л болды. Хлорелла биомассасын арттыруға арналған композициялардың оңтайлы концентрациялары мен арақатынасы $3,7 \times 10^{-3}$ М $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$: 0,15% хитозан болып табылды.

Хлорелланы өсіру жағдайын модификациялаудың оңтайлы физика-химиялық көрсеткіштерінің биологиялық белсенді заттардың құрамына оң әсері анықталды: шикі протеин – $43\pm 2\%$, хлорофилл *a* – $29,39\pm 0,33$ мг/г, хлорофилл *b* – $35,96\pm 0,15$ мг/г.

CHLORELLA VULGARIS, ҚОРЕКТІК ОРТА, ХЛОРОФИЛЛ

1 Кіріспе

Chlorella vulgaris микробалдырының ақуыздар, липидтер, көмірсуларға және басқа да биологиялық белсенді заттарға (ББЗ) бай биомасса өндіру алу қабілетіне байланысты оны өсіру әдістері көбірек назар аудартуда. Бұл хлорелланы ауыл шаруашылығы және тамақ өнеркәсібінде қолданыс аясын кеңейтуге жол ашады. Микробалдырлардың өсу тиімділігіне және ББЗ құрамына әсер ететін негізгі фактор – қоректік ортаның компоненттік құрамы мен олардың оңтайлы концентрациялары.

Мақсатына байланысты қоректік орталардың жіктелуі белгілі [1–5]. Қоректік ортаға несепнәр [6] мен темір нанобөлшектерін [7] қосу метаболизмдік процестерді белсендіру, сондай-ақ азот пен микроэлементтердің сіңірілуін жақсарту арқылы өсіру тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Осылайша, зерттеудің өзектілігі хлорелла өсіру шарттарын өзгерту арқылы биомасса мен құнды биологиялық белсенді заттардың өнімділігін арттыру мүмкіндігімен айқындалады. Зерттеудің мақсаты – Тамийя, Богданов және BG-11 қоректік орталарының химиялық модификациясының *Chlorella vulgaris* өсіміне, биомассасына және химиялық құрамына әсерін анықтау, сондай-ақ микробалдырлардың биомассасы мен өсуін арттыру үшін несепнәр мен темір нанобөлшектерін қосудың тиімділігін бағалау.

2 Зерттеу материалдары мен әдістері

2.1 Материалдар

Зерттеу объектісі Петропавл қаласындағы «Су ғылыми-технологиялық орталығы» ЖШС-нен алынған *Chlorella vulgaris* IFR C-111 біржасушалы жасыл микробалдырлардың коммерциялық планктондық штаммы болды. Өсіру үшін Богданов, Тамийя және BG-11 қоректік орталары пайдаланылды:

1) Тамийя қоректік ортасының химиялық құрамы:

макроэлементтер: KNO_3 5,0 г/л, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 2,5г/л, $\text{KH}_2\text{PO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ 1,25 г/л, Na_2EDTA 0,037 г/л, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,009 г/л.

микроэлементтер: H_3BO_3 2,86г/л, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 1,81г/л, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,22г/л, NH_4VO_3 0,023 г/л, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0,023 г/л.

2) Богданов қоректік ортасының химиялық құрамы:

макроэлементтер: KNO_3 0,1 г/л, KH_2PO_4 0,01 г/л, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,25 г/л, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 0,025 г/л, NaHCO_3 0,02 г/л, FeCl_3 0,005 г/л, Na_2EDTA 0,005 г/л

3) BG-11 коректік ортасының химиялық құрамы:

макроэлементтер: NaNO_3 1,5 г/л, KH_2PO_4 0,04 г/л, $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ 0,075 г/л, $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$ 0,05 г/л, Na_2CO_3 0,02 г/л, лимон қышқылы 0,006 г/л, Na_2EDTA 0,001 г/л, $\text{FeC}_6\text{H}_5\text{O}_7$ 0,006 г/л.

микроэлементтер: H_3BO_3 2,86 г/л, $\text{MnCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$ 1,81 г/л, $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ 0,22 г/л, $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ 0,4 г/л, $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ 0,08 г/л, $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \times 7\text{H}_2\text{O}$ 0,05 г/л.

Модификация үшін қоректік ортаға келесі заттар қосылды:

- азот көзі ретінде 5 г/л $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$,
- фотосинтез стимуляторы ретінде 0,1% $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ матрицасынан NaBH_4 көмегімен тотықсыздандыру арқылы синтезделген және биополимер хитозанымен тұрақтандырылған FeNPs темір нанобөлшектері ($3,7 \times 10^{-3}\text{M}$).

2.2 Әдістер

Chlorella vulgaris зертханалық жағдайда арнайы жабдықталған өсіретін жәшікке орналастырылған шыны ыдыстарда өсірілді. Өсіру температурасы $28 \pm 2^{\circ}\text{C}$, ал рН көрсеткіші 7-9 аралығында болды. Жарық режимі табиғи жарық жағдайларын имитациялау арқылы қамтамасыз етіліп, фотопериод 16 сағат жарық және 8 сағат қараңғы кезеңнен тұрды. Жарық көзі ретінде қуаты 250 Вт жоғары қысымды натрий шамы (OSRAM DNaT) пайдаланылды, ол 10 м^2 ауданға шамамен 3000 люкс жарық қарқындылығы берілді. Мұндай жарықтандыру деңгейі фотосинтетикалық процестердің тиімді жүруіне қолайлы жағдай жасады.

Аэрация 3 л/мин жылдамдықпен берілетін ауамен 24 сағат бойы үздіксіз жүргізілді. Ауаның үздіксіз көпіршіктенуі ортаның тұнбаға түсуін алдын алуды және өсірілген суспензиядағы қоректік заттардың біркелкі таралуын қамтамасыз етті.

Микробалдырлардың өсуі ГОСТ Р 54496-2011 [8] талаптарына сәйкес жарық микроскопының көмегімен Горяев камерасындағы жасушаларды күн сайын санау арқылы бағаланды. Нәтижелердің сенімділігін қамтамасыз ету үшін жасушаларды санау үш қайталымда жүргізілді.

Зерттелетін 1 мл суспензиядағы микробалдыр жасушаларының саны формула 1 бойынша анықталды:

$$X = m \cdot 10^4 \quad (1)$$

мұндағы, m - ірі тор шаршылардағы балдыр жасушаларының жалпы саны есептеледі;

10^4 - текше миллиметрді текше сантиметрге ауыстыру коэффициенті.

Жасушаларды санаумен қатар бір мезгілде 685 нм толқын ұзындығында Specord 210 плюс УК спектрофотометрінің көмегімен хлорелла суспензиясының оптикалық тығыздығының спектрофотометриялық зерттеуі жүргізілді [9].

Chlorella vulgaris құрамындағы хлорофилды спектрофотометриялық талдау үшін биомассадан әр өңдеуге шамамен ± 1 г үлгі алынды. Үлгілер ацетон еріткішінде ұнтақталып,

10 мл ацетон қосу арқылы экстракция жүргізілді. Содан кейін олар бөлме температурасында 12 сағат бойы инкубацияланып, үстіңгі фаза 3000 айн/мин жылдамдықта 10 минут бойы центрифугаланды. Супернатант 663 нм және 645 нм толқын ұзындықтарында спектрофотометриялық әдіспен талданды [10]. Хлорофилл *a* және хлорофилл *b* мөлшері сәйкесінше 2 және 3 формулалар бойынша есептеледі [11]:

$$\text{Chlorophyll } a = (12.7 \times OD \ 663) - (2.69 \times OD \ 645) \quad (2)$$

$$\text{Chlorophyll } b = (22.9 \times OD \ 645) - (4.68 \times OD \ 663) \quad (3)$$

мұндағы, *OD*663 и *OD*645 хлорофилл *a* және хлорофилл *b* жұтылу спектрлеріне сәйкес келеді.

Кьельдаль әдісі бойынша шикі протеиннің химиялық талдауы келесі үш кезенді қамтиды:

1) Минералдандыру: 0,001 г дәлдікпен өлшенген 0,7 г құрғақ *Chlorella vulgaris* биомассасына 15 г K_2SO_4 және 1,2 г $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ қоспасы қосылып, фарфор келіде ұнтақталды. Алынған қоспа Кьельдаль құтысына ауыстырылып, үстіне 25 мл концентрлі күкірт қышқылы құйылды. Құты қыздырғыш мантияға орналастырылып, бу ұсталуы үшін мойнына шыны құйғы орналастырылды. Қоспа біртіндеп 400–450⁰С дейін қыздырылып, біркелкі қайнағанша ұсталды. Ерітінді түссізденуі және аздаған тұнбаның пайда болуы байқалғанша дейін 30-60 минут қайнатылды. Одан кейін құты бөлме температурасына дейін салқындатылды.

2) Дистилдеу. Салқындатылған Кьельдаль құтысына 200–250 мл дистилденген су құйылып, құтыға бөлгіш құйғы мен конденсатор герметикалық түрде қосылды. Конденсатордың екінші ұшы қабылдаушы стақандағы ерітіндіге шамамен 1 см тереңдікке батырылды. Қабылдаушы стақанға алдын ала 25 мл 0,05 М күкірт қышқылы, 100 мл тазартылған су және бірнеше тамшы аралас индикатор (0,2 г метилқызыл және 0,1 г метилкөк 100 мл 96% этанолда) құйылды. Бұл кезде ерітіндінің түсі ашық күлгін болды.

Бөлгіш құйғы арқылы 100 мл 40% натрий гидроксидін тамшылатып қосып, Кьельдаль құтысындағы қоспаны қайнағанға дейін қыздырды. Ректификация үрдісі ерітінді көлемі бастапқының үштен бір бөлігіне дейін азайғанша жалғастырылды. Аммиактың толық айдалуы тоңазытқыш саңылауына әкелінген ылғалды әмбебап индикатор қағазының рН көрсеткіші арқылы бақыланды; нәтижесінде рН қышқыл ортада болуы тиіс. Ерітіндінің түсі өзгерген жағдайда қабылдағыш стақанға 20 мл 0,05 М күкірт қышқылы енгізілді.

3) Титрлеу: Қабылдаушы стақандағы ерітінді 0,1 н натрий гидроксиді ерітіндісімен ерітінді түссіз болғанша титрленді.

Биомассадағы жалпы азоттың массалық үлесі (W_N , %) және шикі ақуыздың (W_{pr} , %) мөлшерін Кьельдаль [12] анықтады және 4, 5 формулалар бойынша есептеулер жүргізілді:

$$W_N = \frac{(V_1 \cdot C_{N1} - V_2 \cdot C_{N2}) \cdot 14 \cdot 100}{m \cdot 1000} \quad (4)$$

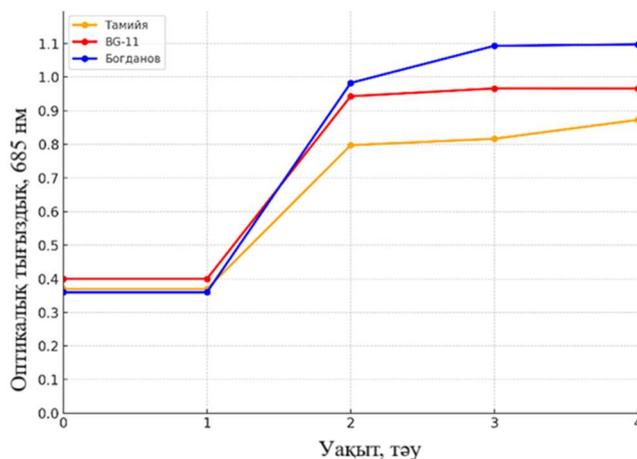
мұндағы, V_1 – қабылдауыштағы H_2SO_4 көлемі, мл; C_{N1} – H_2SO_4 нормальді концентрациясы, ммоль/мл; V_2 – NaOH титрлеуге жұмсалған, мл; C_{N2} – NaOH нормальді концентрациясы, ммоль/мл; 14 – азоттың атомдық массасы, m – сынаманың массасы, г; 1000- азоттың мг атомдық массасын грамға айналдыру коэффициенті.

$$W_{pr} = 6,25 \cdot N \cdot 0,1 \quad (5)$$

мұндағы, 6,25 - азоттың массалық үлесін шикі протеиннің массалық үлесіне аудару коэффициенті, N - зерттелетін үлгідегі азот массасы (г/кг), W_N (%) мәнінен қайта есептелген; 0,1 - массалық үлес бірліктерін (г/кг) пайызға айналдыратын коэффициент.

3 Зерттеу нәтижелері мен талқылау

Үш қоректік ортадағы микробалдырлардың өсуін бағалау үшін бүкіл өсіру циклі бойына жасушалар санының өзгеру динамикасына және *Chlorella vulgaris* суспензиясының оптикалық тығыздығына талдау жүргізілді. 1 және 2-суреттерде үш бақылау қоректік ортасы: Тамийя, BG-11 және Богданов үшін уақытқа (тәулігіне) байланысты хлорелла суспензиясының жасушалар санының және оптикалық тығыздығының (685 нм) өзгеру динамикасы көрсетілген. Толық өсіру циклі 4 күнге созылды.



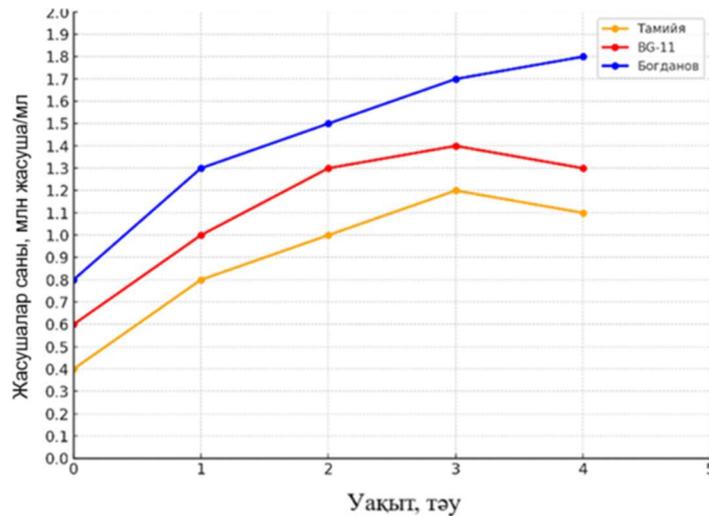
Сурет 1. Оптикалық тығыздығы бойынша бақылау қоректік орталардағы *Chlorella vulgaris* өсу динамикасы

Богдановтың ортасы бүкіл өсіру кезеңінде оптикалық тығыздықтың ең жоғары мәндерін көрсетеді. 4-ші тәулікте тығыздық 1,0974-ке жетеді, бұл осы ортадағы биомассаның ең қарқынды өсуін көрсетеді. Жасушалардың ең көп саны да байқалады – 4-ші күні шамамен 1,8 млн жасуша/мл.

BG-11 ортасы оптикалық тығыздықтың тұрақты өсуін қамтамасыз етеді, 4-ші күні 0,9662 жетеді. Бұл оның хлорелла өсіруге арналған әмбебаптығын растайды. 4-ші күні

жасушалар саны 1,3 миллион жасуша/мл құрайды, бұл оның тиімділігін растайды, бірақ Богданов ортасымен салыстырғанда өнімділігі төмен.

Тамийя ортасы оптикалық тығыздықтың ең төменгі мәндерін көрсетеді, 1-ші күні 0,7789-дан 4-ші күні 0,8731-ге дейін артады. Бұл орта басқа екеуімен салыстырғанда хлорелла өсімі үшін тиімді емес. 4-ші күні жасушалар саны 1,1 миллион жасуша/мл құрайды, бұл басқа орталарға қарағанда айтарлықтай төмен.



Сурет 2. Жасушалар саны бойынша бақылау қоректік орталардағы *Chlorella vulgaris* өсу динамикасы

Богдановтың қоректік ортасы екі параметр бойынша да (оптикалық тығыздық пен жасуша саны) ең жақсы көрсеткіштерді көрсетеді. Бұл макро- және микроэлементтердің ең аз мөлшеріне қарамастан, оның *Chlorella vulgaris* өсуі үшін оңтайлы құрамымен түсіндіріледі. Богданов ортасындағы жоғары көрсеткіштер оны зертханалық жағдайларда микробалдырларды өсіру үшін үнемді және тиімді етеді.

BG-11 дақылдың тұрақты өсуін қамтамасыз ететін әмбебап қоректік орта ретінде пайдаланылуы мүмкін. Дегенмен, оптикалық тығыздық пен жасушалар санының нәтижелері Богданов ортасынан төмен.

Ең төменгі өсу қарқыны Тамийя ортасында байқалады. Бұл хлорелланың белсенді өсуі мен метаболизміне қажетті макроэлементтер мен стимуляторлардың жеткіліксіз концентрациясына байланысты болуы мүмкін. Осыған қарамастан, Тамийя қоректік ортасын қосымша компоненттердің минималды әсері қажет болатын тәжірибелерде қолдануға болады.

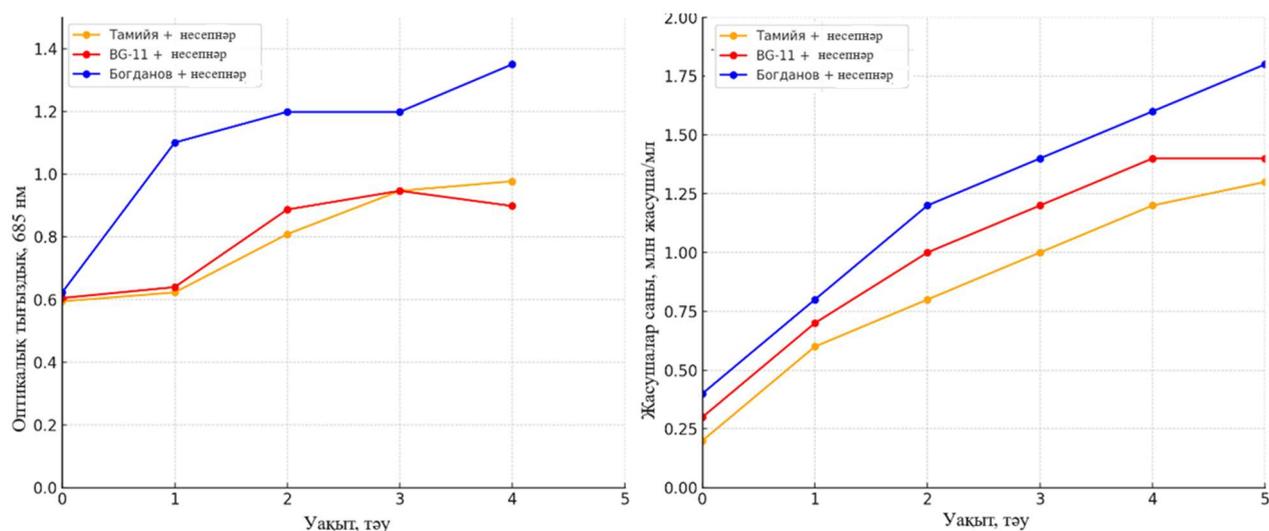
Алынған мәліметтер дақылдың жоғары өнімділігіне қол жеткізу үшін қолайлы қоректік ортаны таңдаудың маңыздылығын растайды. Зертханалық жағдайда одан әрі тәжірибелер жүргізу үшін Богдановтың ортасы жоғары өнімділікті қамтамасыз ету үшін жоғары потенциалды ескере отырып таңдалды.

Несепнәр қосылған Богданов ортасында ең жоғары оптикалық тығыздық байқалады. 4-ші күні ол 1,3501 мәніне жетеді, бұл максималды фотосинтетикалық белсенділікті және *Chlorella vulgaris* биомассасының өсуін көрсетеді. 4-ші тәулікте жасушалар санының артуы 1,8 миллион жасуша/мл жетеді, бұл биомассаның максималды деңгейіне сәйкес келеді.

Несепнәр бар BG-11 ортасы орташа нәтиже көрсетті, 4-ші күні оптикалық тығыздық 0,90. 4-ші тәулікте жасушалар саны 1,4 млн жасуша/мл құрайды, бұл Богданов ортасынан аз, бірақ Тамийя ортасынан айтарлықтай көп.

Несепнәрмен модификацияланған Тамийя ортасы оптикалық тығыздықтың ең аз өсуін көрсетеді, 4-ші күні 0,98 мәніне жетеді. Жасушаның өсуі 4-ші күні 1,3 миллион жасуша/мл дейін жетеді, бұл оны үш зерттелген ортаның ең аз өнімділігі екенін көрсетеді.

Алынған нәтижелер қоректік ортаға несепнәр қосудың *Chlorella vulgaris* өсуіне оң әсер ететінін көрсетеді (Сурет 3). Үш қоректік ортадағы өсу динамикасының талдауы несепнәр микробалдырлардың өсуін күшейтетін тиімді екенін растайды. Бұл оның азотпен қамтамасыз ету ғана емес, сонымен қатар фотосинтетикалық белсенділікті жақсартатын хлорофилл сияқты пигменттердің синтезін ынталандыру қабілетіне байланысты. Әсіресе несепнәр жасуша массасының максималды өсуіне мүмкіндік беретін Богданов ортасында байқалады.

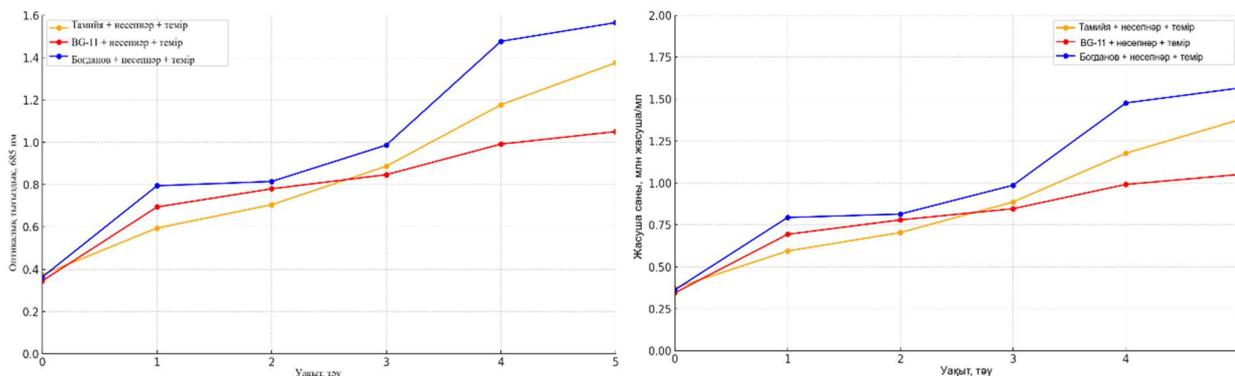


Сурет 3. Несепнәрмен модификацияланған қоректік орталардағы *Chlorella vulgaris* өсу динамикасы

Несепнәр және темір нанобөлшектері бар қоректік орталарда хлорелла өсу динамикасы 4-суретте көрсетілген. Оптикалық тығыздықтың да, жасушалар санының да ең үлкен өсуі Богданов ортасында байқалады. Бұл Богдановтың қоректік ортасындағы темірдің жоғары тұрақтылығы мен қолжетімділігіне байланысты болуы мүмкін. Несепнәр азот көзі бола отырып, фотосинтетикалық белсенділікті қосымша ынталандырады.

BG-11 ортасы жасушалардың өсуін 3 күнге дейін көрсетеді. Тамийя ортасы жасуша массасының ең аз өсуін көрсетті. BG-11 және Тамийя ортасындағы темір нанобөлшектері

ортаның басқа компоненттерімен ішінара байланысуы мүмкін, бұл оның биожегімділігін төмендетеді және жасушалардың өсуін шектейді.



Сурет 4. Несепнәр және темір нанобөлшектерімен модификацияланған қоректік орталардағы *Chlorella vulgaris* өсу динамикасы

Тәжірибе барысында әртүрлі хлорелла өсіретін орталардағы хлорофиллдердің *a*, *b* құрамын салыстыру жүргізілді. Үш нұсқасы зерттелді: несепнәр қосылған Тамийя ортасы, темір NP және несепнәр қосылған модификацияланған Богданов ортасы және бақылау Богданов ортасы. Хлорофилл *a*-ң ең жоғары концентрациясы (31,1733 мг/л) несепнәр және темір нанобөлшектерін Богданов ортасына қосқанда байқалды. Бұл бақылау нұсқасының (Богданов қоректік ортасы) нәтижелерінен жоғары (29,3868 мг/л). Тамийяның несепнәрі бар ортасы аралық нәтиже көрсетті (30,1960 мг/л).

Хлорофилл *b* мөлшері айтарлықтай ауытқуларды көрсетті: ең жоғары концентрациясы несепнәрі бар Тамийя ортасында (49,9285 мг/л), ал ең азы темір және несепнәр нанобөлшектері қосылған Богданов ортасында (25,6565 мг/л) анықталды. Богданов бақылау ортасында 35,9630 мг/л көрсетті.

Несепнәр мен темір нанобөлшектерін енгізу хлорофилл *a* концентрациясының айтарлықтай артуына алып келді, бұл фотосинтетикалық белсенділіктің жоғарылауымен түсіндіріледі. Алайда модификацияланған ортада хлорофилл *b* мөлшері төмендегені байқалды. Бұл құбылыс фотосинтез үшін анағұрлым маңызды хлорофилл *a* синтезіне ресурстардың қайта бөлінуімен байланысты болуы мүмкін.

Ең жоғары жалпы хлорофилл мөлшері несепнәр қосылған Тамийя ортасында тіркелді (80,12 мг/л). Ал модификацияланған Богданов ортасы (56,82 мг/л) және бақылау нұсқасы (65,28 мг/л) төменгі көрсеткіштер берді. Темір нанобөлшектері мен несепнәрдің қосылуы хлорофилл *a* мөлшерін арттырғанымен, жалпы пигмент құрамының төмендеуіне алып келді. Бұл құбылыс метаболикалық белсенділіктің қайта бөлінуімен байланысты болуы мүмкін.

Шикі протеин мен азот құрамын зерттеу 1-кестеде берілген.

1-кесте. Өртүрлі қоректік орталарда өсірілген құрғақ хлорелла биомассасындағы шикі ақуыз және азот мөлшері.

BG-11		Богданов		Тамийя	
Бақылау					
ақуыз, %	жалпы азот, %	ақуыз, %	жалпы азот, %	ақуыз, %	жалпы азот, %
22	3	24	4	23	3,2
Несепнәр қосылған модификацияланған қоректік орталар					
16	2,2	47	7	17	2,7
Несепнәр және темір нанобөлшектері қосылған модификацияланған қоректік орталар					
24	3,2	42	6	27	4

Бақылау ортасы BG-11 ең төменгі ақуыз (22%) және азот (3%) мөлшерін көрсетті, мұны қосымша азот көздерінің және өсу стимуляторларының болмауымен түсіндіріледі. Богданов ортасы салыстырмалы түрде жоғары көрсеткіштерге ие болды (24% ақуыз және 4% азот), бұл жасушалық метаболизмді қолдайтын макро- және микроэлементтердің оңтайлы қатынасына байланысты болуы ықтимал. Богданов ортасына несепнәр енгізу нәтижесінде ақуыз (47%) және азот (%) мөлшерінің айтарлықтай артуы байқалды, бұл азоттың қолжетімділігінің жоғарылауымен және оның жасушалар тарапынан тиімді ассимиляциясымен түсіндіріледі. Ал Тамийя ортасына несепнәр қосу, керісінше, өсу деңгейінің төмендеуіне алып келді (ақуыз 17%, азот 2,7%). Мұндай құбылыс азот алмасуындағы шектеулермен немесе ортаның басқа компоненттерінің жеткіліксіз қолдауымен байланысты болуы мүмкін.

Құрамында несепнәрі бар орталарға темір нанобөлшектерін енгізу ақуыз бен азоттың құрамына оң ықпал етті. Несепнәр және темір нанобөлшектерімен модификацияланған Тамийя ортасында бақылау нұсқасымен салыстырғанда айтарлықтай жақсару байқалды: ақуыз мөлшері 17%-дан 27%-ға, ал азот мөлшері 2,7%-дан 4%-ға дейін артты. Бұл метаболикалық процестерді ынталандырудағы темір нанобөлшектерінің маңызды рөлін айғақтайды. Богданов ортасында темір нанобөлшектерін енгізу нәтижесінде ақуыз бен азот мөлшерінің өсуі де тіркелді, алайда ол нанобөлшектер қосылмаған нұсқамен салыстырғанда айтарлықтай аз болды (ақуыз 42%, азот 6%). Мұндай айырмашылық несепнәрмен модификацияланған ортаның азотты ассимиляциялауға бастапқыда жеткілікті дәрежеде оңтайландырылғандығымен түсіндіріледі, сондықтан темір нанобөлшектерінің қосымша әсері айқын байқалмады.

4 Қорытынды

Қоректік ортаның химиялық құрамын өзгерту *Chlorella vulgaris* өнімділігін арттырудың негізгі факторы болып табылады. Несепнәр мен темір нанобөлшектерін қосу

акуыз бен хлорофилдердің құрамын айтарлықтай арттырады. Бұл әдісті биотехнологиялық және агроөнеркәсіптік мақсатта микробалдырларды кең көлемде өсіруге ұсынуға болады.

Қаржыландыру: Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетінің қаржылық қолдауымен, АР23488216 «Биологиялық белсенді заттарды жасау үшін биополимерлер мен нанобөлшектерді пайдалана отырып хлорелла өсіруді химиялық модификациялау технологиясын әзірлеу» грантымен жүзеге асырылды.

Әдебиеттер тізімі

1 Ильючик И.А., Никандров В.Н. Методические рекомендации по изучению биохимических свойств одноклеточных зеленых водорослей (на примере *Chlorella vulgaris*) / Министерство образования Республики Беларусь, УО "Полесский государственный университет". – Пинск: ПолесГУ, 2020. – 29 с.

2 Dragone G. Challenges and opportunities to increase economic feasibility and sustainability of mixotrophic cultivation of green microalgae of the genus *Chlorella* // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2022. – Т. 160. – № 112284. – DOI: 10.1016/j.rser.2022.112284.

3 Maltsev Y., Maltseva K., Kulikovskiy M., Maltseva S. Influence of Light Conditions on Microalgae Growth and Content of Lipids, Carotenoids, and Fatty Acid Composition // Biology (Basel). – 2021. – Т. 10, № 10. – С. 61–70. – DOI: 10.3390/biology10101060.

4 Богданова А., Флерова Е., Паюта А. Влияние условий культивирования на качественные и количественные показатели *Chlorella vulgaris* // *Chemistry of Plant Raw Material*. – 2019. – С. 293–304. – DOI:10.14258/jcprm.2019045130.

5 Дмитриевич Н.П. Спектрофотометрический контроль численности клеток водоросли *Chlorella vulgaris* (Beijerinck) // Современные задачи и перспективные направления инновационного развития науки: сборник статей Международной научно-практической конференции «Современные задачи и перспективные направления инновационного развития науки», состоявшейся 02 ноября 2022 г. в г. Волгоград. – Волгоград: Издательство [OMEGA SCIENCE], 2022. – 19 с.

6 Junhui Chen, Xiaoli Jiang, Dong Wei. Effects of urea on cell growth and physiological response in pigment biosynthesis in mixotrophic *Chromochloris zofingiensis* // *Journal of Applied Phycology*. – 2020. - Volume 32. - Number 3. - Page 1607.

7 Плутахин Г.А., Мачнева Н.Л, Трохимчук Н.Н. Интенсификация культивирования хлореллы с использованием наночастиц железа // Научный журнал КубГАУ. – 2017. - № 126(02). DOI: 10.21515/1990-4665-126-054.

8 ГОСТ Р 54496-2011. Вода. Определение токсичности с использованием зеленых пресноводных одноклеточных водорослей. – М.: Стандартинформ, 2012. – 20 с.

9 Ильющик И. А., Никандров, В. Н. Динамика фотосинтетических пигментов в культуре водоросли *Chlorella vulgaris* штамма С 111 IBCE С-19 при росте на питательной среде с добавлением хлорида марганца // *Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. біял. навук.* – 2020. – Т. 65, № 3. – С. 299–309. – DOI: <https://doi.org/10.29235/1029-8940-2020-65-3-299-309>.

10 Ильющик И.А., Никандров В.Н. Методические рекомендации по изучению биохимических свойств одноклеточных зеленых водорослей (на примере *Chlorella vulgaris*). – Пинск: ПолесГУ, 2020. – 29 с.

11 Khairunnisa K., Khairunnisa K., Hartati R., Widowati I. Chlorophyll Content of *Chlorella vulgaris* (Beijerinck, 1890) on Different Light Intensity // *Buletin Oseanografi Marina.* – 2024. – Vol. 13. – No. 1. – P. 107–112. – DOI: 10.14710/buloma.v13i1.59218.

12 ГОСТ 13496.4-93 Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина. – М.: Стандартиформ, 2011. – 15 с.

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТ

1 Жанар Журсиновна Нуртазина – 3 курс докторанты, Семей қаласының Шәкәрім Университеті, 071412, Семей, Қазақстан, e-mail: nurtazina830912@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4315-3731.

2 Жанар Сайлаубековна Касымова – биология ғылымдарының кандидаты, доцент, Семей қаласының Шәкәрім Университеті, 071412, Семей, Қазақстан, e-mail: kasymovaz@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4971-6638.

3 Лазыят Каметаевна Оразжанова – химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Семей қаласының Шәкәрім Университеті, 071412, Семей, Қазақстан, e-mail: lazzyat.orazghanova.70@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7881-0589.

4 Кульбану Кабдулкаримовна Кабдулкаримова – химия ғылымдарының кандидаты, доцент, 071412, Астана, Қазақстан, e-mail: gk2107@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0475-9906 .

4 Богуслава Леска – химия кафедрасының профессоры, А. Мицкевич атындағы Познань мемлекеттік университеті, Познань, Польша, e-mail: bogunial@amu.edu.pl, ORCID: 0000-0002-9504-5265

Жиберілді: 28.02.2025

Өзгертілді: 13.03.2025

Қабылданды: 28.03.2025

INFLUENCE OF CULTIVATION CONDITIONS OF *CHLORELLA VULGARIS* ON BIOMASS AND BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS CONTENT

Zh. Nurtazina^{1*}, Zh. Kassymova¹, L. Orazzhanova¹, K. Kabdulkarimova¹, B.Leska²

¹Shakarim University of Semey, Semey, Kazakhstan

²Adam Mickiewicz University in Poznań, Faculty of Chemistry, Poznań, Poland

*nurtazina830912@gmail.com

ANNOTATION

Chlorella vulgaris is a widely used object of research in chemistry and ecology due to its high content of protein, pigments and other biologically active substances. A crucial aspect of successful cultivation is the chemical modification of nutrient media aimed at improving cell metabolism and increasing productivity. The aim of this study is to investigate the impact of chemical modification of Tamiya, Bogdanov, and BG-11 nutrient media on the growth, biomass, and chemical composition of *Chlorella vulgaris*, as well as to evaluate the effectiveness of urea and iron nanoparticles in enhancing biomass and microalgae growth. During the study of the physical parameters of cultivation, it was determined that the optimal growth of microalgae occurred at a temperature of $28\pm 2^\circ\text{C}$, a light phase of 16 hours followed by an 8-hour dark period, humidity of 29–31%, and a CO₂ concentration supply of 0.03%. The influence of the chemical composition of different nutrient media showed that the Bogdanov medium was optimal for achieving maximum growth and biomass of *Chlorella*. When modifying the nutrient medium, the optimal urea dosage was found to be 5 g/L for obtaining protein biomass. The optimal concentrations and ratios of components for increasing *Chlorella* biomass were determined to be $33,7\times 10^{-3}$ M FeCl₃×6H₂O:0,15% chitosan.

CHLORELLA VULGARIS, NUTRIENT MEDIUM, CHLOROPHYLL

AUTHOR INFORMATION

1 Zhanar Zhursinovna Nurtazina – PhD student at Shakarim University of Semey, 071412, Semey, Kazakhstan, e-mail: nurtazina830912@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4315-3731.

2 Zhanar Saylaubekovna Kassymova – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor at Shakarim University of Semey, 071412, Semey, Kazakhstan, e-mail: kassymova-z@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4971-6638.

3 Lazzyat Kametaevna Orazzhanova – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor at Shakarim University of Semey, 071412, Semey, Kazakhstan, e-mail: lazzyat.orazzhanova.70@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7881-0589.

4 Kabdulkarimova Kulbanu Kabdulkarimovna - Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, e-mail: gk2107@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0475-9906.

5 Bogusława Łęska – Adam Mickiewicz University in Poznań, Faculty of Chemistry, Umultowska 89b, 61-614 Poznań, Poland, email: boguslawa.leska@amu.edu.pl, ORCID: 0000-0002-9504-5265.

ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ *CHLORELLA VULGARIS* НА БИОМАССУ И СОДЕРЖАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Ж.Ж. Нуртазина^{1*}, Ж.С. Касымова¹, Л.К. Оразжанова¹, К.К. Кабдулкаримова¹,
Б. Леска²

¹Университет имени Шакарима г. Семей, Семей, Казахстан

²Adam Mickiewicz University in Poznań, Faculty of Chemistry, Poznań, Poland

*nurtazina830912@gmail.com

АННОТАЦИЯ

Chlorella vulgaris благодаря высокому содержанию белка, пигментов и других биологически активных веществ является широко применяемым объектом исследования в химии и экологии. Важнейшим аспектом успешного культивирования является химическая модификация питательных сред, направленная на улучшение метаболизма клеток и повышение продуктивности. Целью исследования является изучение влияния химической модификации питательных сред Тамийя, Богданова и BG-11 на рост, биомассу и химический состав *Chlorella vulgaris*, а также оценка эффективности добавления мочевины и наночастиц железа для увеличения биомассы и роста микроводоросли. При исследовании физических параметров культивирования было определено, что наилучший рост микроводоросли осуществлялся при температуре $28 \pm 2^\circ\text{C}$, световой фазе 16 часов и в темный период 8 часов, влажности 29-31%, подача концентрации CO_2 0,03%. Влияние химического состава различных питательных сред показал, что среда Богданова является оптимальной для получения максимального роста и биомассы хлореллы. При модифицировании питательной среды оптимальная доза мочевины составила 5/л для получения белковой биомассы. Оптимальные концентрации и соотношения композиций для повышения биомассы хлореллы составили $3,7 \times 10^{-3}$ М $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$:0,15% хитозан. Установлено положительное влияние оптимальных физико-химических параметров модификации культивирования хлореллы на состав биологически активных веществ: сырой протеин $43 \pm 2\%$, хлорофилл *a* $29,39 \pm 0,33$ мг/г, хлорофилл *b* $35,96 \pm 0,15$ мг/г.

CHLORELLA VULGARIS, ПИТАТЕЛЬНАЯ СРЕДА, ХЛОРОФИЛЛ.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1 Жанар Журсиновна Нуртазина – докторант 3 курса, Университет Шакарима города Семей, 071412, Семей, Казахстан, e-mail: nurtazina830912@gmail.com, ORCID: 0000-0002-4315-3731.

2 Жанар Сайлаубековна Касымова – кандидат биологических наук, доцент, Университет Шакарима города Семей, 071412, Семей, Казахстан, e-mail: kasymova-z@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4971-6638.

3 Лаззят Каметаевна Оразжанова – кандидат химических наук, ассоциированный профессор Университет Шакарима города Семей, 071412, Семей, Казахстан, e-mail: lazzyat.ozazzhanova.70@mail.ru, ORCID: 0000-0001-7881-0589.

4 Кульбану Кабдулкаримовна Кабдулкаримова – кандидат химических наук, доцент, 071412, Астана, Казахстан, e-mail: gk2107@mail.ru, ORCID: 0000-0003-0475-9906.

5 Богуслава Леска – профессор кафедры химии, Познаньский государственный университет им. А. Мицкевича, Познань, Польша, e-mail: bogunial@amu.edu.pl, ORCID: 0000-0002-9504-5265.

DOI:

IRSTI: 87.21.15

**ENVIRONMENTAL AND GEOCHEMICAL ASSESSMENT OF TECHNOGENIC
LANDSCAPES IN THE AREA OF LLP PRODUCTION COMPANY «SEMEY CEMENT
PLANT»**

L.V. Skripnikova^{1*}, A.K. Murzalimova¹, T.B. Kurakov², Zh.K. Kabysheva¹

¹NPJSC «Shakarim University», Semey, Kazakhstan

²LLP «Korkem Telecom», Astana, Kazakhstan

**slv.semey@mail.ru*

ANNOTATION

The article presents the results of a comprehensive study of a long-term local geochemical anomaly identified in the influence zone of Site No. 1 “Cement Production” of the enterprise LLP “Production Company Cement Plant Semey.” The research was conducted to assess the degree of pollution in the upper soil horizon by chemical elements, particularly heavy metals, which may accumulate in the soil and pose a potential environmental threat. Modern high-precision methods of mass spectrometry and atomic emission spectrometry were applied to analyze the concentrations and spatial distribution of the elements. The obtained data were compared with published sources and previous studies, which confirmed the existence of a stable anomaly and made it possible to evaluate the possible causes of its formation.

DUST, ENVIRONMENT, SOIL, SPECTROMETRY, CHEMICAL ELEMENTS

1 Introduction

Modern industrial production exerts a global impact on the environment. Pollution from industrial emissions negatively affects both public health and the state of ecosystems. Cement manufacturing enterprises, in particular, are characterized by substantial emissions containing both solid and gaseous pollutants. These facilities are significant sources of cement dust, which influences all components of the environment, including the atmosphere, lithosphere, hydrosphere, and biota.

The global significance of the cement industry is determined by Portland cement, as it comprises the major elements of the Earth’s lithosphere—O, Si, Al, Fe, and Ca—which together account for 92.6% of its mass [1].

Portland cement consists of ground clinker, gypsum, and, when required, mineral additives, which ensure its rapid setting both in water and in air. Clinker is produced in specialized kilns, where all components undergo processes of calcination and fusion [2].

The volumes of pollutants containing heavy metals (V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi, and others) are increasing annually, causing damage to the environment and disrupting the established ecological balance [3].

During fuel combustion, its components are released into the air with the flue gases. A portion of the suspended and volatilized metals, in the form of fine particles and vapor, is carried away by heated air streams through chimneys, subsequently depositing onto soils at varying distances from the emission source, depending on particle size. In addition, under the influence of cement dust, a technogenic surface layer enriched with heavy metals forms in the emission zone of the cement plant. More than 95% of heavy metals enter the soil in the form of anthropogenic dust. Among the harmful substances released into the atmosphere from industrial emissions, heavy metals are particularly hazardous to living organisms due to their high toxicity, mobility, and bioaccumulative properties. Analysis of cement plant dust has revealed elevated concentrations of lead (1800 mg/kg), zinc (410 mg/kg), cadmium (93 mg/kg), and copper (62 mg/kg) [4].

The results of studies on the dispersed composition of dust generated during the production of Portland cement clinker demonstrate that the dust released into the atmosphere after gas cleaning contains higher concentrations of Cd, Pb, and Zn compared to the dust present in the gas stream prior to cleaning. The high concentration of dust in emissions causes significant damage to the environment [5].

At present, monitoring of land conditions in areas exposed to industrial impacts is scarcely conducted, which underscores the relevance of research aimed at assessing soil contamination levels.

The operating cement plants in Kazakhstan include AlaCem, CaspiyCement, Bukhtarma Cement Company, ShymkentCement, KazakhCement, among others. The total cement production capacity within the republic exceeds 15 million tons per year [6].

At the same time, the largest enterprise in the industry remains the Semey Cement Plant, located in the Abai Region. Built in 1958, it operates four rotary kilns for clinker firing using the wet process, with a production capacity of 1.15 million tons per year. The Semey Cement Plant manufactures various types of Portland cement, including general-purpose cement (PC 400-D20) and high-grade cements (PC 400-D0, PC 500-D0, PC ACI 400), which are widely used in engineering and construction works.

Research Objective: to investigate the content of chemical elements in the upper soil horizon as an indicator of technogenic impact in the vicinity of LLP Production Company Semey Cement Plant.

Research Tasks:

1. To review available data on the composition of emissions from the industrial facility;
2. To collect soil samples and develop a sampling map of the study area;

To analyze the samples using mass spectrometry and atomic emission spectrometry, followed by comparison with available literature data.

2 Materials and Methods of the Study

The study was conducted at the Institute of Radiation Safety and Ecology of the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan (Kurchatov, Kazakhstan). Analytical investigations were carried out in the certified and accredited laboratory of Environmental Sample Elemental Analysis, employing standard reference materials for comparison.

2.1 Materials

In accordance with the aims and objectives of the study, the research objects were soil samples collected under favorable weather conditions.

Soil sampling was conducted in compliance with GOST 17.4.3.01-2017 «Environmental Protection. Soils. General Requirements for Sampling» [7, 8].

Based on the «Wind rose» (Figure 1), eight soil samples were collected as follows:

- Four samples along the cardinal directions at a distance of 1000 m from the emission source;
- Two samples at distances of 1500 m and 1950 m from the emission source along the predominant wind direction toward the west;
- One sample from the residential area «Cement Settlement» located 1990 m from the emission source;
- One background sample from the «Kontrolny Settlement» located 6700 m from the emission source.

Sampling maps were generated using Yandex Maps [9].

Point samples were obtained using the “envelope” method from a depth of 0–5 cm by averaging material from five individual subsamples.

Subsequently, the soil samples were air-dried in accordance with GOST 5180-2015 «Soils. Laboratory Methods for Determining Physical Characteristics» and subjected to chemical analysis [10].

As a background site, territories with an identical soil-forming genesis located in the opposite direction from the predominant wind directions indicated by the «Wind rose» were used (Fig. 1).

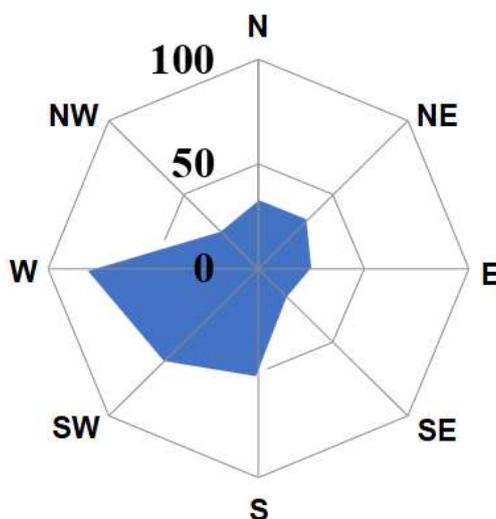


Figure 1 – Wind Rose

2.2 Methods

At present, modern methods for multielement analysis of environmental samples include inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) and inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES), which make it possible to determine a wide range of elements within a single sample in one analysis.

The combined application of ICP-MS and ICP-AES is particularly effective: ICP-MS is highly sensitive to trace and ultra-trace elements, while ICP-AES is better suited for elements present at higher concentrations, such as major components (Mg, Ca, Fe, and others). Therefore, the use of these two complementary methods provides the most promising results for studying the chemical composition of environmental samples.

Accordingly, the concentrations of chemical elements in the soil samples were determined using ICP-MS and ICP-AES.

The elemental analysis of soil samples included the following stages:

- Preparation of laboratory glassware;
- Preparation of auxiliary calibration solutions;
- Acid digestion of samples using an autoclave decomposition method;
- Preparation of the Agilent 7700x mass spectrometer and the iCap 63 Duo atomic emission spectrometer for operation;
- Adjustment of main systems and setting of instrumental parameters for the Agilent 7700x mass spectrometer and the iCap 63 Duo atomic emission spectrometer;
- Development of the analytical program and configuration of instrumental parameters for both spectrometers;
- Data analysis and real-time quality control;

- Generation of the measurement protocol.

Soil sample preparation was carried out by autoclave digestion to determine the total content of chemical elements:

- a weighed portion of the air-dried soil sample (0.2000 ± 0.0001 g) was placed into a reaction vessel (insert). To prevent excessive foaming, 5 cm³ of 7 M nitric acid was added in small portions. After gas evolution ceased, an additional 5 cm³ of 7 M nitric acid was added, bringing the total volume to 10 cm³.

- the reaction vessel was sealed with a lid, inserted into the outer autoclave body, and placed in a steel clamping device. The lid of the outer body was secured with a screw to ensure tight sealing.

- the autoclaves were then placed in a drying oven preheated to 160 ± 5 °C and maintained for 2.5 hours from the moment the target temperature was reached. After completion of digestion, the autoclaves were cooled to room temperature.

- subsequently, the autoclaves were depressurized, the reaction vessels were removed, their outer surfaces wiped with water-moistened cotton followed by ethanol, and the lids were opened. The solutions were quantitatively transferred into centrifuge tubes and centrifuged for 10 minutes at a rotation speed of 4000–6000 rpm.

- the supernatant was transferred into a volumetric tube. The residue was treated with 4–5 cm³ of 7 M nitric acid, mixed with a Teflon rod, and centrifuged again.

- the supernatant and wash solution were combined, and the volume was adjusted to 15 cm³ with 7 M nitric acid, mixed thoroughly, and transferred into tubes.

- immediately before analysis, all solutions obtained after autoclave digestion were diluted 100-fold with deionized water. Dilution was performed using a dispenser with disposable tips or by means of volumetric pipettes and a burette.

3 Results and Discussion

Soil samples were analyzed for a wide range of chemical elements, from which the priority pollutants characteristic of typical cement plants were identified, and the mean concentrations of the chemical elements were determined (Table 1). Based on the mean concentrations across all studied sampling sites, the elements in soil are arranged in the following descending order (mg/kg):

Ca ($50,000 \pm 10,000$) > Fe ($22,000 \pm 4,400$) > Al ($11,000 \pm 2,200$) > Mg ($2,900 \pm 600$) > Mn (420 ± 84) > Ba (280 ± 57) > Zn (84 ± 17) > Cu (23 ± 4.7) > Pb (17 ± 3.5) > Ni (11 ± 2.3) > As (8.5 ± 1.7) > Co (5 ± 1) > Cd (0.4 ± 0.6).

The assessment of the ecological–geochemical specialization of the study area [11] was carried out by calculating the concentration factor (Clarke ratio), that is, by determining the ratio of

the content of a chemical element in the soil to its Clarke value in the upper continental crust (Table 2), according to the following formula:

$$K_c = C/K$$

where K_c is the Clarke concentration factor of the element,

C is the content of the chemical element in a given type of rock (mg/kg).

Based on the calculated Clarke concentration factors, the chemical elements are arranged in the following descending order:

$K_c(\text{As}) = 1.518 > K_c(\text{Ca}) = 1.285 > K_c(\text{Zn}) = 1.12 > K_c(\text{Pb}) = 1.00 > K_c(\text{Cd}) = 0.625 > K_c(\text{Cu}) = 0.59 > K_c(\text{Ba}) = 0.549 > K_c(\text{Mn}) = 0.545 > K_c(\text{Fe}) = 0.542 > K_c(\text{Co}) = 0.294 > K_c(\text{Ni}) = 0.22 > K_c(\text{Mg}) = 0.164 > K_c(\text{Al}) = 0.145$.

Table 1 – Total Concentrations of Chemical Elements in the Collected Soil Samples, mg/kg

Sampling Point	Elements												
	Cd	Co	As	Ni	Pb	Cu	Zn	Ba	Mn	Mg	Al	Fe	Ca
North – 1000 m	1,2±0,2	8,8±1,8	24,0±4,8	18,0±3,6	57,0±11,0	68,0±14,0	270,0±53,0	470,0±94,0	440,0±87,0	4500,0±900,0	16000,0±3200,0	27000,0±5400,0	100000,0±20000,0
West – 1000 m	0,4±0,1	4,3±0,9	11,0±2,2	8,8±1,8	29,0±5,9	29,0±5,9	100,0±20,0	740,0±150,0	720,0±150,0	2000,0±390,0	7200,0±1400,0	41000,0±8300,0	100000,0±21000,0
West – 1500 m	0,10±0,02	3,7±0,7	3,3±0,7	11,0±2,1	4,8,0±1,0	6,9±1,4	22,0±4,4	91,0±18,0	310,0±61,0	3000,0±600,0	10000,0±2100,0	16000,0±3200,0	9600,0±1900,0
West – 1950 m	0,10±0,01	2,6±0,5	2,5±0,5	8,0±1,6	3,5±0,7	5,2±1,0	17,0±3,5	64,0±13,0	220,0±44,0	2100,0±420,0	6900,0±1400,0	13000,0±2700,0	8100,0±1600,0
East – 960 m	0,20±0,04	6,1±1,2	7,2±1,4	12,0±2,4	12,0±2,5	19,0±3,9	78,0±16,0	250,0±50,0	620,0±120,0	3100,0±620,0	11000,0±2200,0	26000,0±5100,0	75000,0±15000,0
South – 1000 m	0,4±0,1	6,3±1,3	11,0±2,1	14,0±2,8	20,0±4,1	39,0±7,8	110,0±21,0	350,0±71,0	280,0±56,0	2500,0±500,0	12000,0±2400,0	17000,0±3400,0	64000,0±13000,0
Cement Settlement – 2000 m	0,20±0,04	4,4±0,9	6,2±1,3	12,0±2,4	9,3±1,9	13,0±2,6	49,0±9,8	210,0±41,0	440,0±87,0	3700,0±740,0	12000,0±2500,0	21000,0±4200,0	34000,0±6800,0
Background Site (Mirmy Settlement) – 6700 m	0,2±0,1	3,6±0,7	2,7±0,6	10,0±2,0	3,2±0,6	6,5±1,3	23,0±4,7	75,0±15,0	310,0±63,0	2900,0±590,0	10000,0±2100,0	13000,0±2500,0	6200,0±1200,0
Average Concentrations	0,4±0,6	5,0±1,0	8,5±1,7	11,0±2,3	17,0±3,5	23,0±4,7	84,0±17,0	280,0±57,0	420,0±84,0	2900,0±600,0	11000,0±2200,0	22000,0±4400,0	50000,0±10000,0

The average contents of elements such as As, Ca, Zn, and Pb exceed the Clarke values for soils worldwide, which may indicate that the rocks composing the area near the plant are enriched in these chemical elements. The results of the study suggest that the geochemical specialization in the vicinity of the plant is primarily associated with arsenic.

To assess the sanitary and hygienic condition of the soil cover in the study area, the total pollution index (**Zc**) was applied. This index represents the sum of the concentration coefficients (**Kc**) of toxicants (pollutants) belonging to hazard classes I, II, and III, calculated relative to their background values.

The total pollution index (**Zc**) was calculated according to the following formula:

$$Z_c = \left(\sum_{i=1}^n K_c \right) - (n - 1)$$

where **Kc** is the concentration coefficient of the *i*-th chemical element, and **n** is the number of elements included in the geochemical association.

The concentration coefficient (**Kc**) was calculated using the formula:

$$K_c = C_i / C_{\text{background}}$$

where C_i is the actual content of the element (mg/kg), and $C_{\text{background}}$ is the geochemical background value (Table 2), mg/kg.

By conducting a comparative analysis of the average concentrations of chemical elements in soils at the sampling sites (Table 1) with the geochemical background concentrations for the soils of Semey (Table 2), the concentration coefficients for a number of chemical elements were calculated (Table 2).

Based on the calculated concentration coefficients, the total pollution index (**Zc**) was determined relative to the geochemical background:

$Z_c = (1,026 + 0.641 + 0,863 + 1,090 + 1,870 + 0,543) - (6 - 1) = 5,392 - 5 = 0,392$, which makes it possible to conclude that the level of contamination falls within the permissible range [12, 13].

However, the average concentrations of certain chemical elements exceed their geochemical background levels (Cd by a factor of 1.02, Cu by a factor of 1.09, and Zn by a factor of 1.87), which confirms soil contamination in the study area by these elements.

A comparative analysis was carried out between the average concentrations of chemical elements in soils at the sampling sites and the maximum permissible concentrations (MPC) of chemical substances in soils [14]. The analysis (Table 2) clearly shows that the average concentrations of the studied chemical elements are below the MPC values, with the exception of arsenic, which exceeds the permissible level by a factor of 4.25.

Table 2 – Summary of Data

Elements	Clarke Values of the Upper Continental Crust, mg/kg	Geochemical Background of Semey Soils, mg/kg [15]	Concentration Coefficient (Kc)	MPC in Soils, mg/kg [14]
Cd	0,64	0,39	1,026	3
Co	17,0	7,8	0,641	100
As	5,6	-		2
Ni	50,0	-		100
Pb	17,0	19,7	0,863	32
Cu	39,0	21,1	1,090	100
Zn	75,0	44,9	1,870	300
Ba	510,0	-		-
Mn	770,0	773,0	0,543	1500
Mg	17700,0	-		-
Al	76100,0	-		-
Fe	40600,0	-		-
Ca	38900,0	-		-

Note: «-» indicates absence of literature data.

4 Conclusion

The analysis of the results of soil sample studies in the vicinity of Site No. 1 “Cement Production” of LLP *Production Company Semey Cement Plant* has shown the following:

1 The chemical elements in the soil across all studied sampling sites, based on their average concentrations, are arranged in the following descending order (mg/kg):

Ca(50000±10000)>Fe(22000±4400)>Al(11000±2200)>Mg(2900±600)>Mn(420±84)>Ba(280±57)>Zn(84±17)>Cu(23±4,7)>Pb(17±3,5)>Ni(11±2,3)>As(8,5±1,7)>Co(5±1)>Cd(0,4±0,6).

2 The high accumulation of Ca in the soils of the studied areas is a result of CaO emissions from the cement plant.

3 The average contents of elements such as As, Ca, Zn, and Pb are several times higher than their Clarke values in global soils, which may indicate that the parent rocks composing the study area are naturally enriched with these chemical elements.

4 The geochemical specialization in the vicinity of the plant is primarily associated with arsenic, which belongs to the group of refractory, non-volatile metals. During clinker firing, these metals are almost entirely absorbed into the clinker and removed from the kiln along with it. In flue gases, they may be present only in the form of dust, and their emissions into the atmosphere depend exclusively on the efficiency of dust-collecting devices.

5 The average concentrations of chemical elements are several times lower than the maximum permissible concentrations (MPC), with the exception of arsenic, which exceeds the MPC by a factor of 4.25.

6 The lead concentration at a distance of 1000 m was found to be 1.78 times higher than the MPC in the northern direction, while in the western direction it was close to the MPC threshold.

7 Out of the eight sampling sites, the most contaminated was the soil sampling point located 1000 m north of the emission source, where elevated concentrations of Cd, Co, As, Ni, Pb, Cu, Zn, Mg, and Al were detected. This sampling point is not prioritized according to the wind rose; however, its proximity to a heavily trafficked highway may have influenced the results, given that the soil was sampled at a depth of up to 5 cm.

8 The sampling point located 1000 m west of the emission source was found to be most contaminated with Ba, Mn, and Fe, while the Ca content was at the same level as that observed at the sampling point 1000 m north of the emission source.

9 The concentrations of chemical elements decreased significantly along the predominant western direction of the wind rose at distances of 1500 m and 1950 m. The presence of a Class I sanitary protection zone (1000 m) is therefore considered optimal for this enterprise.

10 The level of soil contamination, as indicated by the total pollution index, falls within the permissible range. The impact level on the residential area "Cement Settlement," located 2000 m from the emission source, is satisfactory for all studied chemical elements, with the exception of arsenic, which exceeds the MPC by a factor of 3.1.

Thus, the study of the chemical composition of soils in the vicinity of Industrial Site No. 1 of Semey Cement Plant Production Company revealed elevated concentrations of several chemical elements (As, Zn, Pb, Ca, Cu, Cd). This is attributable not only to the production technology but also to the geochemical background of natural origin. These findings highlight the necessity for continuous ecological and geochemical monitoring of the input and distribution of chemical elements within the study area.

References

1 Korobova O.S., Tkacheva A.S. Ecological aspects of cement production [Electron. resource]. - 2016. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskie-aspekty-tsementnogo-proizvodstva> (date of request 03.02.2025).

2 Durdykhanov G.G., Allyev M.Kh., Saparov B.B. Basic properties and features of Portland cement production [Electron. resource]. - 2024. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-svoys-tva-i-osobennosti-proizvodstva-portlandtsementa> (date of request 03.02.2025).

3 Vodyanitsky Yu.N., Ladonin D.V., Savichev A.T. Soil pollution by heavy metals.- M., 2012.- 304 p.

4 Chomaeva M.N. Chemical pollution of the environment as a consequence of anthropogenic activity on the example of cement production [Electron. resource]. - 2022. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/himicheskoe-zagryaznenie-okruzhayuschey-sredy-kak-posledstvie-tehnogennoy-deyatelnosti-na-primere-proizvodstva-tsementa> (date of request 03.02.2025).

5 Chomaeva M.N. Ecology of cement production [Electron. resource]. - 2019. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologiya-proizvodstva-tsementa> (date of request 03.02.2025)

6 Analysis of the cement market in Kazakhstan in 2019-2023 [Electron. resource]. - URL: https://businessstat.ru/images/demo/cement_kazakhstan_demo_businessstat.pdf (date of request 01.10.2024).

7 STST 17.4.3.01-2017. Nature Protection (SSOP). Soils. General sampling requirements. [Electron. resource]. - URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=39962274&pos=4;-118#pos=4;-118 (date of request 01.10.2024).

8 STST 17.4.1.02-83. Nature conservation. Soils. Classification of chemicals for pollution control. [Electron. resource]. - URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=39753261 (date of request 01.10.2024).

9 Yandex maps [Electron. resource]. - URL: <https://yandex.kz/maps/> (date of request 01.10.2024).

10 STST 5180-2015. Soils. Methods of laboratory determination of physical characteristics. [Electron. resource]. - URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=39219775 (date of request 01.10.2024).

11 Sereda L.O. Ecological and geochemical assessment of anthropogenic pollution of the soil cover of industrial cities (monograph). Voronezh: "Nauch.kniga" Publishing House, 2018. - 196 p.

12 SanRaR 42-128-4433-87. Sanitary standards of permissible concentrations (MPC) of chemicals in the soil. [Electron. resource]. - URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=39682342&pos=2;-104#pos=2;-104 (date of request 03.03.2025).

13 MG 2.1.7.730-99. Soil, cleaning of populated areas, household and industrial waste, sanitary protection of the soil. Hygienic assessment of soil quality in populated areas. [Electron. resource]. - URL: https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30115551&pos=4;-70#pos=4;-70 (date of request 03.03.2025).

14 On the approval of Hygienic standards for the safety of the environment. Order of the Minister of Health of the Republic of Kazakhstan dated April 21, 2021 No. KR DSM -32. Registered with the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan on April 22, 2021 No. 22595 [Electron. resource]. - URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2100022595> (date of request 03.03.2025).

15 Panin M.S. Ecological and biogeochemical assessment of technogenic landscapes of Eastern Kazakhstan. - Almaty: Publishing house "Evero". - 2000. – 338 p.

AUTHOR INFORMATION

1 Lyubov Skripnikova, candidate of technical sciences, associate professor. Shakarim University, Associate Professor of the Department of Chemistry and Ecology. e-mail: slv.semey@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-7207-8067>.

2 Assel Murzalimova, PhD. Shakarim University, Associate Professor of the Department of Chemistry and Ecology. e-mail: murzalimova78@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-8341-8989>.

3 Timur Kurakov. LLP «Korkem Telecom», head of the occupational health and safety service. e-mail: tima19951103@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0004-0939-4808>.

4 Zhanar Kabysheva, candidate of veterinary sciences. Shakarim University, Associate Professor of the Department of Chemistry and Ecology. e-mail: k_ghan_k78@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9999-816X>.

Submitted: 02.03.2025

Revised: 24.03.2025

Accepted: 29.03.2025

"СЕМЕЙ ЦЕМЕНТ ЗАУЫТЫ ӨНДІРІСТІК КОМПАНИЯСЫ" ЖШС АУДАНЫНДАҒЫ ТЕХНОГЕНДІК ЛАНДШАФТТАРДЫ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ- ГЕОХИМИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ

Л.В. Скрипникова^{1*}, А.К. Мурзалимова¹, Т.Б. Құрақов², Ж.К. Кабышева¹

¹ Шәкәрім университеті, Семей, Қазақстан

² Көркем Телеком ЖШС, Астана, Қазақстан

*slv.semey@mail.ru

АНДАТПА

Мақалада «Семей цемент зауыты» ӨК ЖШС-ның №1 «Цемент өндіру» алаңының ықпал ету аймағында анықталған ұзақ мерзімді жергілікті геохимиялық аномалияны кешенді зерттеудің нәтижелері ұсынылған. Зерттеу жоғарғы топырақ горизонтының химиялық элементтермен, әсіресе топырақта жиналып, экологиялық қауіп төндіруі мүмкін ауыр металдармен ластану деңгейін бағалау мақсатында жүргізілді. Элементтердің концентрациясын және олардың кеңістіктік таралуын анықтау үшін масс-спектрометрия мен атом-эмиссиялық спектрометрияның заманауи жоғары дәлдікті әдістері қолданылды. Алынған деректер ғылыми әдебиеттердегі мәліметтермен және бұрын жүргізілген зерттеулермен салыстырылып,

тұрақты аномалияның бар екенін растауға және оның пайда болу себептерін бағалауға мүмкіндік берді.

**ШАҢ, ҚОРШАҒАН ОРТА, ТОПЫРАҚ, СПЕКТРОМЕТРИЯ, ХИМИЯЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕР
АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР**

1 Скрипникова Любовь Викторовна, техника ғылымдарының кандидаты, доцент. Шәкәрім университеті, химия және экология кафедрасының доценті. e-mail: slv.semey@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-7207-8067>.

2 Мурзалимова Асель Кабдығалиевна, PhD. Шәкәрім университеті, химия және экология кафедрасының қауыдастырылған профессор м.а. e-mail: murzalimova78@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-8341-8989>.

3 Құрақов Тимур Болатұлы. «Көркем Телеком» ЖШС, , қауіпсіздік және еңбекті қорғау қызметінің жетекшісі. e-mail: tima19951103@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0004-0939-4808>.

4 Кабышева Жанар Кобегеновна, ветеринария ғылымдарының кандидаты. Шәкәрім университеті, химия және экология кафедрасының қауыдастырылған профессор м.а. e-mail: k_ghan_k78@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9999-816X>.

**ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ
В РАЙОНЕ ТОО «ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ
ЦЕМЕНТНЫЙ ЗАВОД СЕМЕЙ»**

Л.В. Скрипникова^{1*}, А.К. Мурзалимова¹, Т.Б. Құрақов², Ж.К. Кабышева¹

¹НАО «Шәкәрім университет», г. Семей, Казахстан

²ТОО «Көркем Телеком», г. Астана, Казахстан

**slv.semey@mail.ru*

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты комплексного исследования долговременной локальной геохимической аномалии, выявленной в зоне влияния площадки №1 «Цементное производство» предприятия ТОО «Производственная компания Цементный завод Семей». Исследования проводились с целью оценки степени загрязнения верхнего почвенного горизонта химическими элементами, в особенности тяжелыми металлами, которые могут накапливаться в почве и представлять потенциальную экологическую угрозу. Для анализа применены современные высокоточные методы масс-спектрометрии и атомно-эмиссионной спектрометрии, позволившие определить концентрации элементов и выявить их пространственное распределение. Полученные данные сопоставлены с литературными источниками и ранее проведёнными исследованиями, что позволило подтвердить существование стабильной аномалии и оценить возможные причины ее формирования.

ПЫЛЬ, ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА, ПОЧВА, СПЕКТРОМЕТРИЯ, ХИМИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1 Скрипникова Любовь Викторовна, кандидат технических наук, доцент. Шәкәрім университет, доцент кафедры химии и экологии, e-mail: slv.semey@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-7207-8067>.

2 Мурзалимова Асель Кабдыгалиевна, PhD. Шәкәрім университет, и.о.ассоциированного профессора кафедры химии и экологии, e-mail: murzalimova78@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-8341-8989>.

3 Құрақов Тимур Болатұлы, руководитель Службы безопасности и охраны труда ТОО «Көркем Телеком», e-mail: tima19951103@gmail.com. <https://orcid.org/0009-0004-0939-4808>.

4 Кабышева Жанар Кобегеновна, кандидат ветеринарных наук. Шәкәрім университет, и.о.ассоциированного профессора кафедры химии и экологии, e-mail: k_ghan_k78@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9999-816X>.

DOI:

MPHTI: 87.31.91

**КОНЦЕНТРАЦИЯ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ
РЫБЫ, ОБИТАЮЩЕЙ В ОЗЕРЕ ТУРГОЯК**

А.Р. Сибиркина*, С.Ф. Лихачев, О.Н. Мулюкова, А.В. Савченков

Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск,
Россия

*sibirkina_alfira@mail.ru

АННОТАЦИЯ

Дана оценка качества рыбы, обитающей в озере Тургояк на содержание ионов соединений тяжелых металлов – кадмия, свинца, мышьяка и ртути. Показана ценность и качество рыбы как продукта питания, значение для здоровья человека. Представлена характеристика токсических свойств соединений тяжелых металлов. Описаны биологические свойства соединений тяжелых металлов, их физиологическое значение. Представлены результаты анализа содержания соединений тяжелых металлов в рыбе, обитающей в озере Тургояк – щука обыкновенная (*Esox lucius* L.), окунь обыкновенный (*Perca fluviatilis* L.), плотва сибирская (*Rutilus rutilus* L.), выявлено определенное сходство в распределении соединений

тяжелых металлов по органам и тканям всех трёх видов рыб, показано, что самые высокие концентрации соединений тяжелых металлов характерны для осевого скелета, но в пределах допустимых значений. Учитывая, что в пищу употребляется в основном мышцы рыб, можно отметить, что по уровню содержания соединений тяжелых металлов в мышцах все виды рыб, являются безопасными для употребления.

СОЕДИНЕНИЯ КАДМИЯ, СОЕДИНЕНИЯ СВИНЦА, СОЕДИНЕНИЯ МЫШЬЯКА, СОЕДИНЕНИЯ РТУТИ, ОЗЕРО ТУРГОЯК, ЩУКА ОБЫКНОВЕННАЯ (*Esox lucius* L.), ОКУНЬ ОБЫКНОВЕННЫЙ (*Perca fluviatilis* L.), ПЛОТВА СИБИРСКАЯ (*Rutilus rutilus* L.).

1 Введение

Озеро Тургояк – особо охраняемая природная территория Челябинской области – гидрологический памятник природы (с 21.01.1969 г.), активно используется для рыбалки. В озере Тургояк обитают карповые, сиговые, лососевые и хищные виды рыб, употребляемые в пищу местным населением. Рыба отличается сбалансированным химическим составом и является ценным источником витаминов, макро- и микроэлементов. Она богата йодом, марганцем, железом, цинком, селеном, калием, кальцием, фосфором, фтором, витаминами А, В и Д. Регулярное употребление рыбы улучшает работу сердца и нервной системы, укрепляет опорно-двигательный аппарат, благотворно влияет на кожу и слизистые оболочки, предупреждает развитие атеросклероза, уменьшает риск развития злокачественных опухолей [1]. Врачи-диетологи неизменно акцентируют внимание на необходимости включения в меню рыбопродуктов [1], следовательно, необходимо иметь достоверную информацию о качестве рыбы, которую мы употребляем в пищу. Количество полезных веществ в рыбе зависит от вида и места обитания, некоторые виды рыб могут быть опасны за счет содержания в них ртути и других вредных веществ [2]. В работе приведены результаты исследования содержания соединений кадмия, свинца, мышьяка и ртути в коже, костях, чешуе и мышцах рыбы для трёх видов рыбы – щука обыкновенная (*Esox lucius* L.), окунь обыкновенный (*Perca fluviatilis* L.), плотва сибирская (*Rutilus rutilus* L.), обитающих в озере Тургояк. Выбор соединений кадмия, свинца мышьяка и ртути в качестве предмета исследования определяется их сильно выраженными токсикологическими свойствами при самых низких концентрациях и отсутствием какой-либо полезной функции [3,4]. На концентрацию ионов металлов в рыбе существенное влияние оказывает их концентрации в воде. Как показали исследования в сентябре 2024 года были зафиксированы повышенные содержания ионов свинца в воде озера Тургояк – от 1,1 до 2,1 ПДК, что может быть связано с резким поднятием уровня воды из-за продолжительных ливней, произошёл смыв с прилегающих территорий водосборной площади. В октябре ни в одной пробе превышений ПДК по свинцу не зафиксировано, резкое снижение содержания соединений свинца в воде может быть связано с тем, что поступившие

в воду ионы образуют комплексные соединения с большинством серо-, фосфор-, кислород- и азотсодержащими соединениями, гуминовыми и фульвокислотами, что в конечном итоге приводит к их аккумуляции как в живых организмах, так и в донных отложениях. Определение ионов кадмия, мышьяка и ртути в воде не проводилось.

2 Материалы и методы исследования

Определение экотоксикологических показателей для хищных видов рыб (окунь, щука) и не хищных видов рыб (плотва) проводили в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Челябинской области» (аттестат аккредитации № RA.RU.710037 выдан 03 июня 2015 г.).

Для определения соединений кадмия, свинца, ртути и мышьяка использовали спектрометр атомно-абсорбционный «Квант-2АТ», спектрометр атомно-абсорбционный АА-7000, анализатор ртути «РА-915 М», анализатор вольтамперометрический ГА-Lab.

Определение содержания соединений свинца и кадмия проводили методами согласно ГОСТ 30178-96, настоящий стандарт распространяется на пищевое сырьё и продукты и устанавливает метод определения свинца и кадмия. Метод основан на минерализации продукта способом сухого или мокрого озоления и определении концентрации элемента в растворе минерализата методом пламенной атомной абсорбции [5].

Определение содержания соединений ртути проводили по ГОСТ 26927-86 п.п. 1,3, настоящий стандарт распространяется на пищевое сырьё и продукты и устанавливает колориметрический и атомно-абсорбционный методы определения ртути. Метод основан на деструкции анализируемой пробы смесью азотной и серной кислот, осаждением ртути йодидом меди и последующим колориметрическим определением в виде тетраидомеркурата меди – путём сравнения со стандартной шкалой [6].

Определение содержания соединений мышьяка проводили по ГОСТ 31628-2012, настоящий стандарт распространяется на пищевое сырьё и продукты, включая продукты детского питания, за исключением алкогольных напитков и биологически активных добавок к пище, и устанавливает инверсионно-вольтамперометрический (ИВ) метод определения в них массовой концентрации мышьяка. Количественный химический анализ проб на содержание мышьяка основан на ИВ методе определения массовой концентрации элемента в растворе подготовленной пробы. Подготовку пробы проводят с целью устранения мешающих влияний органических веществ и перевода всех химических форм мышьяка в форму As^{3+} для измерения его аналитического сигнала методом ИВ. Регистрируемый на вольтамперограмме аналитический сигнал элемента пропорционален его концентрации [7].

Содержание соединений кадмия, свинца, мышьяка и ртути сравнивали с ПДК для категории пищевые продукты «Рыба свежая охлажденная и мороженая пресноводная (хищная, не хищная)» [8].

3 Результаты и обсуждение

Соединения тяжелых металлов при избыточном попадании в объекты окружающей среды ведут себя как токсиканты и экотоксиканты [9]. Однажды попав в биогеохимический цикл, они крайне редко и медленно покидают его [10, 11].

Результаты исследования содержаний ионов тяжелых металлов в органах и тканях трёх видов рыбы – щука обыкновенная (*Esox lucius* L.), окунь обыкновенный (*Perca fluviatilis* L.), плотва сибирская (*Rutilus rutilus* L.) представлены в таблице 1. Распределение ионов металлов по органам и тканям представителей ихтиофауны озера Тургояк иллюстрирует рисунок 1.

Соединения кадмия, мышьяка, ртути и свинца могут оказывать токсическое действие на живые организмы. Их токсичность обусловлена связыванием с функциональными группами белковых и других жизненно важных соединений в человеческом организме. Последствием этого является отравление, то есть нарушение нормального функционирования клеток и тканей [12].

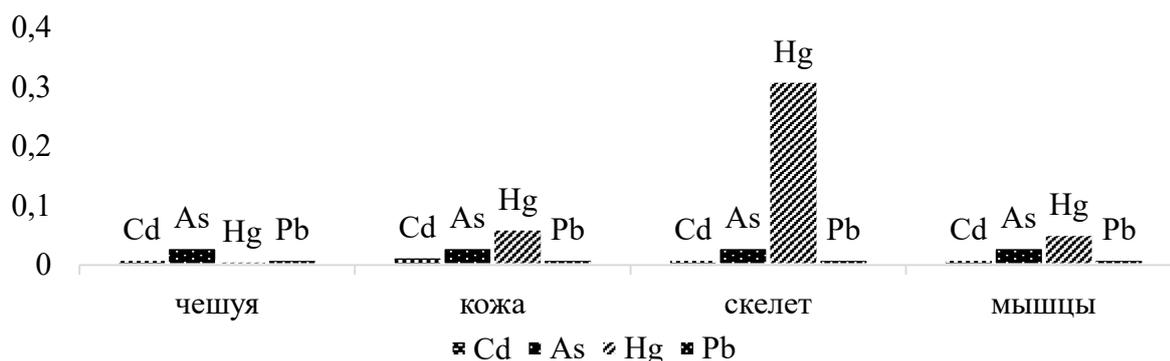


Рисунок 1 – Концентрация ионов тяжелых металлов в органах и тканях щуки обыкновенной (*Esox lucius* L.), обитающей в озере Тургояк, мг/кг

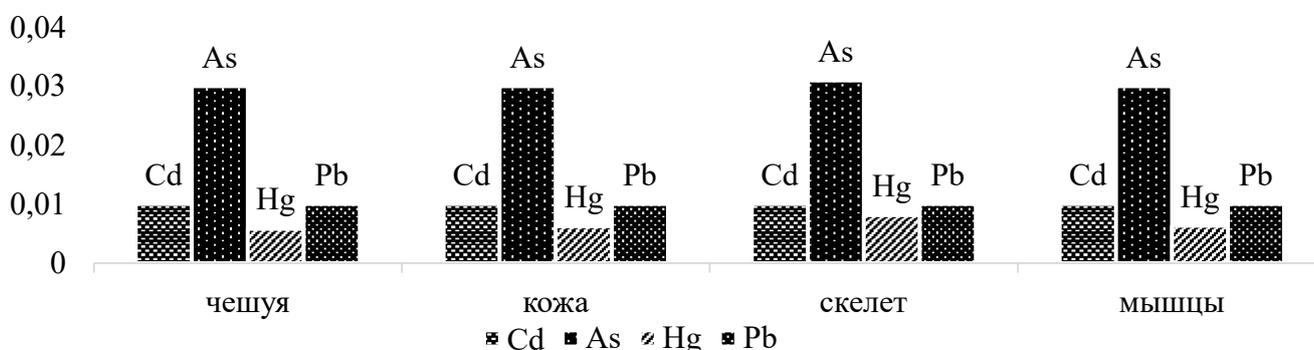


Рисунок 2 – Концентрация ионов тяжелых металлов в органах и тканях окуня обыкновенного (*Perca fluviatilis* L.), обитающей в озере Тургояк, мг/кг

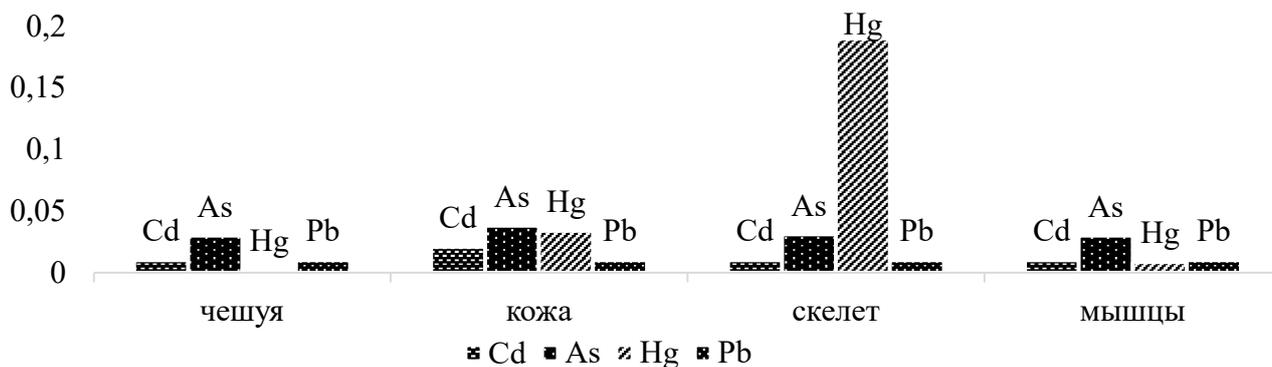


Рисунок 3 – Концентрация ионов тяжелых металлов в органах и тканях плотвы сибирской (*Rutilus rutilus* L.), обитающей в озере Тургояк, мг/кг

Анализ содержания соединений данных тяжелых металлов в рыбе, обитающей в озере Тургояк, показал, что распределение по тканям и органам можно представить в виде следующих рядов, в мг/кг:

Щука обыкновенная (*Esox lucius* L.):

соединения кадмия: чешуя = мышцы = скелет ($< 0,0100$) $<$ кожа (0,0140);

соединения свинца: чешуя = кожа = мышцы = скелет ($< 0,0100$);

соединения мышьяка: чешуя = мышцы = кожа ($< 0,0300$) \leq скелет (0,0300);

соединения ртути: чешуя (0,0074) $<$ мышцы (0,0520) $<$ кожа (0,0610) $<$ скелет (0,3100).

Окунь обыкновенный (*Perca fluviatilis* L.):

соединения кадмия: чешуя = кожа = мышцы = скелет (0,0100);

соединения свинца: чешуя = кожа = мышцы = скелет ($< 0,0100$);

соединения мышьяка: чешуя = мышцы = кожа ($< 0,0300$) \leq скелет (0,0300);

соединения ртути: чешуя (0,0058) $<$ мышцы (0,0062) $<$ кожа (0,0063) $<$ скелет (0,0081).

Плотва сибирская (*Rutilus rutilus* L.):

соединения кадмия: чешуя = кожа = мышцы = скелет (0,0100);

соединения свинца: чешуя = кожа = мышцы = скелет ($< 0,0100$);

соединения мышьяка: чешуя = кожа = мышцы ($< 0,0300$) \leq скелет (0,0300);

соединения ртути: чешуя (0,0025) $<$ кожа (0,0040) $<$ мышцы (0,0086) $<$ скелет (0,1900).

Уровень накопления соединений тяжёлых металлов в тканях и органах рыб зависит от гидрохимических показателей воды. Токсичность и биодоступность тяжелых металлов для водных организмов обусловлены не только их абсолютным содержанием, но и формой, в

которой они присутствуют в воде [13]. Как показали исследования для соединений кадмия, свинца, мышьяка и ртути концентраций, превышающих ПДК не обнаружено.

Анализ содержания соединений (Таблица 1) кадмия, свинца, мышьяка и ртути выявил определённое сходство в их распределении по органам и тканям всех трёх видов рыб (щука обыкновенная (*Esox lucius* L.), окунь обыкновенный (*Perca fluviatilis* L.), плотва сибирская (*Rutilus rutilus* L.)), самые высокие концентрации соединений тяжелых металлов характерны для осевого скелета, но в пределах допустимых значений.

Таблица 1 – Концентрация ионов тяжелых металлов в органах и тканях рыбы, обитающей в озере Тургояк, мг/кг, сентябрь 2024 г.

Параметр	Кадмий, мг/кг	Мышьяк, мг/кг	Ртуть мг/кг	Свинец мг/кг
ПДУ	0,2000	1,0000	0,6000	1,0000
Щука обыкновенная				
Чешуя	< 0,0100	< 0,0300	0,0074 ± 0,0015	< 0,01
Кожа	0,0140 ± 0,0090	< 0,0300	0,0610 ± 0,0120	< 0,01
Скелет	< 0,0100	0,0300 ± 0,0120	0,3100 ± 0,0600	< 0,01
Мышцы	< 0,0100	< 0,0300	0,0520 ± 0,0100	< 0,01
Окунь обыкновенный				
Чешуя	< 0,0100	< 0,0300	0,0058 ± 0,0012	< 0,01
Кожа	< 0,0100	< 0,0300	0,0062 ± 0,0012	< 0,01
Скелет	< 0,0100	0,0310 ± 0,0120	0,0081 ± 0,0016	< 0,01
Мышцы	< 0,0100	< 0,0300	0,0063 ± 0,0013	< 0,01
Плотва сибирская				
Чешуя	< 0,0100	< 0,0300	< 0,0025	< 0,01
Кожа	0,0210 ± 0,0120	0,0380 ± 0,0150	0,0340 ± 0,0007	< 0,01
Скелет	< 0,0100	0,2000 ± 0,0800	0,1900 ± 0,1400	< 0,01
Мышцы	< 0,0100	0,0320 ± 0,0130	0,0086 ± 0,0017	< 0,01

Выявленный сложный характер распределения соединений тяжелых металлов по органам и тканям рыб, объясняется тем, что свободные незакомплексованные ионы металлов в большинстве случаев более токсичны для гидробионтов, в то время как ионы, связанные в комплексные соединения с органическими веществами естественного происхождения, даже

при высоких концентрациях не обладают токсичными свойствами за исключением соединений ртути и некоторых других металлов [14].

4 Заключение

Учитывая, тот факт, что во всех исследуемых видах рыб, обитаемых в озере Тургояк, не обнаружено соединений кадмия, свинца, мышьяка и ртути в концентрациях, превышающих ПДК, а сама рыба не потеряла своей жизнеспособности при имеющихся в воде концентрациях этих соединений, данные концентрации в воде не являются летальными для рыбы. Кроме того, в пищу употребляется в основном мышца рыб, в целом можно отметить, что по уровню содержания соединений тяжелых металлов в мышцах все виды рыб, являются безопасными для употребления.

Список использованных источников

1. Минакова Н. Рыба для здоровья. // Наука и инновации. – 2020. – №3 (205). [Электронный ресурс] – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ryba-dlya-zdorovya> (дата обращения: 24.12.2024).
2. Ценность рыбы в питании человека. [Электронный ресурс] – URL: <https://ria.ru/20210406/ryba-1604434532.html> (дата обращения: 24.12.2024).
3. Токсические механизмы пяти тяжелых металлов: ртути, свинца, хрома, кадмия и мышьяка [Электронный ресурс] – URL: https://translated.turbopages.org/proxy_u/en-ru.ru.9ea55ccb-676af05c-253a4732-74722d776562/https/www.frontiersin.org/journal_s/pharmacology/articles/10.3389/fphar.2021.643972/full (дата обращения: 24.12.2024).
4. Группа веществ, изолируемых минерализацией. Токсикологическая химия (Медицина) [Электронный ресурс] – URL: <https://studizba.com/lectures/medicina/toksikologicheskaaya-himiya/22186-gruppa-veschestv-izoliruemyh-mineralizaciy.html> (дата обращения: 24.12.2024).
5. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. [Электронный ресурс] – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/9123>
6. ГОСТ 26927-86. Сырье и продукты пищевые. Методы определения ртути. [Электронный ресурс] – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/29102/>
7. ГОСТ 31628-2012. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрический метод определения массовой концентрации мышьяка. [Электронный ресурс] – URL: <https://internet-law.ru/gosts/gost/52594/>
8. Норматив: Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов и мышьяка в продовольственном сырье и пищевых продуктах – Редакция от 31.03.1986.

9. Теплая Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) // Астраханский вестник экологического образования. – № 1 (23). – 2013. – с. 182-192.
10. Никаноров А.М., Жулидов А. В. Биомониторинг металлов в пресноводных экосистемах. –СПб.: Гидрометеоздат. – 1991. – 312 с.
11. Шилов В. В., Полозова Е. В., Богачева А. С., Фролова Н. М. Токсикология свинца // Пособие для врачей. – СПб: Издательство Политехнического университета. – 2010. – С. 4-5.
12. Тяжелые металлы и их влияние на организм человека // [Электронный ресурс] – URL: <https://12sanepid.ru/press/publications/5438.html> (дата обращения: 21.12.2024).
13. Ваганов А. С. Накопление тяжелых металлов тканями и органами промысловых видов рыб различных экологических групп Куйбышевского водохранилища [Электронный ресурс] – URL: <https://www.dissercat.com/content/nakoplenie-tyazhelykh-metallov-tkanyami-i-organami-promyslovykh-vidov-ryb-razlichnykh-ekolog> (дата обращения: 21.12.2024).
14. Давыдова О. А., Климов Е. С., Ваганова Е. С., Ваганов А. С. Влияние физико-химических факторов на содержание тяжелых металлов в водных экосистемах / под науч. ред. Е. С. Климова. – Ульяновск: УлГТУ, 2014. – 167 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1 Альфира Равильевна Сибиркина – доктор биологических наук, доцент Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия, e-mail: sibirkina_alfira@mail.ru ORCID: 0000-0002-2722-9417.

2 Сергей Федорович Лихачев– доктор биологических наук, профессор, проректор по науке Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия, e-mail: likhashev@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3715-5965.

3 Оксана Николаевна Мулюкова – Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия, e-mail: oksanalisenok@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1429-6290.

4 Алексей Викторович Савченков – доктор педагогических наук, профессор, Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет, Челябинск, Россия, e-mail: alex2107@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7268-1533.

Отправлено: 28.02.2025

Исправлено: 25.03.2025

Принято: 28.03.2025

**ТУРГОЯК КӨЛІНДЕ ТҰРАТЫН БАЛЫҚТАРДЫҢ МҮШЕЛЕРІ МЕН
ҰЛПАЛАРЫНДА АУЫР МЕТАЛЛ ИОНДАРЫНЫҢ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫ**

А.Р. Сибиркина*, С.Ф. Лихачев, О.Н. Мулюкова, А.В. Савченков

Оңтүстік Орал мемлекеттік гуманитарлық-педагогикалық университеті, Челябинск, Ресей

*sibirkina_alfira@mail.ru

АҢДАТПА

Тургояк көлінде тұратын балықтың сапасына ауыр металдар-кадмий, қорғасын, мышьяк және сынап қосылыстарының иондарының құрамына баға берілді. Балықтың азық-түлік өнімі ретіндегі құндылығы мен сапасы, адам денсаулығы үшін маңызы көрсетілген. Ауыр металл қосылыстарының уытты қасиеттерінің сипаттамасы келтірілген. Ауыр металдар қосылыстарының биологиялық қасиеттері, олардың физиологиялық маңызы сипатталған. Нәтижелері ұсынылған Тургояк көлінде тұратын балықтардағы ауыр металл қосылыстарының құрамын талдау – кәдімгі шортан (*Esox lucius L.*), қарапайым басс (*Perca fluviatilis L.*), Сібір Роуч (*Rutilus Rutilus L.*), ауыр металл қосылыстарының барлық үш балық түрінің мүшелері мен тіндеріне таралуында белгілі бір ұқсастықтар анықталды, ең көп кездесетіні көрсетілген. ауыр металл қосылыстарының жоғары концентрациясы осы тік қаңқаға тән, бірақ рұқсат етілген мәндер шегінде. Негізінен балықтың бұлшық еттері жейтінін ескере отырып, ауыр металдардың қосылыстарының деңгейі бойынша атап өтуге болады

**КАДМИЙ ҚОСЫЛАСТАРЫ, ҚОРҒАСЫН ҚОСЫЛАСТАРЫ, МЫШЬЯК ҚОСЫЛЫСТАРЫ,
СЫНАП ҚОСЫЛЫСТАРЫ, ТҰРГОЯК КӨЛІ, ШОРТАН (*Esox lucius L.*), АЛАБҰҒА (*Perca
fluviatilis L.*), СІБІР ТОРТА БАЛЫҒЫ (*Rutilus.rutilus*)**

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР

1 Альфира Равильевна Сибиркина – биология ғылымдарының докторы, доцент. Оңтүстік Орал мемлекеттік гуманитарлық-педагогикалық университетінің Кәсіби педагогикалық институтының директоры, Челябинск, Ресей, e-mail: sibirkina_alfira@mail.ru ORCID: 0000-0002-2722-9417.

2 Сергей Федорович Лихачев– Биология ғылымдарының докторы, профессор, ғылым жөніндегі проректор, Оңтүстік Орал мемлекеттік гуманитарлық-педагогикалық университеті, Челябинск, Ресей, e-mail: likhashev@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3715-5965.

3 Оксана Николаевна Мулюкова – Оңтүстік Орал мемлекеттік гуманитарлық-педагогикалық университетінің Кәсіби педагогикалық институты директорының орынбасары, Челябинск, Ресей, e-mail: oksanalisenok@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1429-6290.

4 Алексей Викторович Савченков – Педагогика ғылымдарының докторы, профессор, Оңтүстік Орал мемлекеттік гуманитарлық-педагогикалық университетінің Кәсіби педагогикалық институты Кәсіби білім берудің мұғалімдерді даярлау және пән әдістемесі кафедрасының профессоры, Челябинск, Ресей, e-mail: alex2107@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7268-1533.

CONCENTRATION OF HEAVY METAL IONS IN ORGANS AND TISSUES OF FISH LIVING IN LAKE TURGOYAK

A. Sibirkina*, S. Likhachev, O. Mulyukova, A. Savchenkov

South Ural State Humanitarian and Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia

**sibirkina_alfira@mail.ru*

ANNOTATION

The quality of fish living in Lake Turgoyak is assessed for the content of ions of heavy metal compounds - cadmium, lead, arsenic and mercury. The value and quality of fish as a food product and its importance for human health are shown. The characteristic of toxic properties of heavy metal compounds is presented. The biological properties of heavy metal compounds and their physiological significance are described. The results of analyses of the content of heavy metal compounds in fish living in Lake Turgoyak – common pike (*Esox lucius* L.), common perch (*Perca fluviatilis* L.), Siberian roach (RutThe quality of fish living in Lake Turgoyak is assessed for the content of ions of heavy metal compounds - cadmium, lead, arsenic and mercury. The value and quality of fish as a food product and its importance for human health are shown. The characteristic of toxic properties of heavy metal compounds is presented. The biological properties of heavy metal compounds and their physiological significance are described. The results of analyses of the content of heavy metal compounds in fish living in Lake Turgoyak – common pike (*Esox lucius* L.), common perch (*Perca fluviatilis* L.), Siberian roach (*Rutilus rutilus* L.), revealed a certain similarity in the distribution of heavy metal compounds in organs and tissues of all three fish species, it is shown that the most high concentrations of heavy metal compounds are characteristic of the axial skeleton, but within acceptable values. Considering that fish muscles are mainly consumed in food, it can be noted that in terms of the content of heavy metal compounds

CADMIUM COMPOUNDS, LEAD COMPOUNDS, ARSENIC COMPOUNDS, MERCURY COMPOUNDS, TURGOYAK LAKE, NORTHERN PIKE (*ESOX LUCIUS* L.), EUROPEAN PERCH (*PERCA FLUVIATILIS* L.), SIBERIAN ROACH (*RUTILUS RUTILUS* L.).

AUTHOR INFORMATION

1 Alfira Sibirkina – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor. Director of the Professional Pedagogical Institute of the South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia. Phone: +79507461307 e-mail: sibirkina_alfira@mail.ru ORCID: 0000-0002-2722-9417.

2 Sergey Likhachev – Doctor of Biological Sciences, Professor. Vice-Rector for Science, South Ural State Humanitarian and Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia. Phone: +79090693807 e-mail: likhashev@mail.ru, ORCID: 0000-0003-3715-5965.

3 Oksana Mulyukova – Deputy Director of the Vocational Pedagogical Institute of the South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia. Phone: +79090693807 e-mail: oksanalisenok@mail.ru, ORCID: 0000-0002-1429-6290.

4 Alexey Savchenkov – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department of Teacher Training of Vocational Education and Subject Methods of the Professional Pedagogical Institute of the South Ural State Humanitarian Pedagogical University, Chelyabinsk, Russia. Phone: +79090693807 e-mail: alex2107@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7268-1533.

DOI:

MPHTI: 87.19.37

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ИОННОГО СОСТАВА РЕКИ ЕСИЛЬ И ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ

А.С. Ерсин^{1*}, А.О. Алибекова¹, А.Б. Карабалаева¹

¹Международный университет Астана, Астана, Казахстан

**auger.ersin@gmail.com*

АННОТАЦИЯ

Вода играет ключевую роль в обеспечении жизнедеятельности человека, используется как для Вода является незаменимым природным ресурсом, обеспечивающим жизнедеятельность человека и используемым для питьевых, хозяйственно-бытовых и санитарных целей. В связи с этим санитарные нормы и правила устанавливают допустимые показатели ее химического состава и контролируют их соблюдение. В данной работе выполнен сравнительный анализ ионного состава воды из реки Есиль и водопроводной воды с применением капиллярного анализатора «Капель 105М» №3037. Определены концентрации основных катионов и анионов, выявлены отклонения от нормативов и дана оценка соответствия качества исследованных проб установленным санитарным требованиям.

ВОДА, ИОННЫЙ СОСТАВ, РЕКА ЕСИЛЬ, ВОДОПРОВОДНАЯ ВОДА, ИОНЫ МЕТАЛЛОВ

1 Введение

Вода является важным источником жизненно необходимых минеральных компонентов, которые определяют физиологическое состояние человека и обеспечивают функционирование ключевых систем организма [1-2]. Формирование ионного состава воды определяется природными факторами, такими как горные породы, почва, климат и гидрологический режим, а также антропогенными воздействиями, связанными с деятельностью человека (промышленное загрязнение, сельскохозяйственная деятельность) [3].

Трансграничная река Есиль – левый и самый протяженный приток Ертыса (2450 км), начинающийся в горах Нияз в Карагандинской области. Она проходит через территорию Казахстана, пересекает Тюменскую и Омскую области России и впадает в Ертыс у села Усть-Ишим [4]. Река, являясь крупнейшим водным объектом в Астане, используется для питьевого и производственного водоснабжения, а также для нужд коммунального хозяйства, поэтому находится под воздействием как природных, так и техногенных факторов. Антропогенное воздействие, включая забор воды, сброс промышленных и коммунально-бытовых сточных вод, оказывает значительное влияние на реку Есиль. Эти факторы приводят к изменениям в миграции ионов, их концентрации и распределении в водной среде, что в целом отражается на геохимических условиях региона. Ионный состав воды является важным показателем качества как природных, так и питьевых вод. Макро- и микроэлементы, содержащиеся в речной и водопроводной воде, поступают в организм человека, влияя на минеральный баланс и физиологические процессы [5]. Водопроводная вода, предназначенная для потребления, проходит процесс очистки и фильтрации, однако ее химический состав может варьироваться в зависимости от источника водозабора и технологии водоподготовки. Содержание ионов в воде может оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на организм человека: одни элементы (например, кальций и магний) необходимы для нормального функционирования организма, тогда как избыток других (например, натрия, хлоридов или сульфатов) может представлять потенциальную угрозу для здоровья [6].

Настоящее исследование направлено на сравнительный анализ ионного состава воды реки Есиль и водопроводной воды г. Астаны.

2 Материалы и методы исследования

Отбор, хранение и транспортировка проб воды осуществлялись в соответствии с требованиями межгосударственного стандарта ГОСТ 31867-2012 [7], ГОСТ 31869-2012 [8].

Пробы отбирались в двух точках: в реке Есиль под мостом парка «Жеруыйк» и из системы водоснабжения (Астана Су Арнасы). Для отбора использовались полимерные емкости, объем каждой пробы составлял 0,2 л. Все пробы воды были использованы незамедлительно после отбора.

Определение концентраций ионов проводилось методом капиллярного электрофореза с применением прибора Капель 105М № 3037. В ходе анализа были идентифицированы основные анионы и катионы, содержащиеся в пробах. Для оценки безопасности исследованных проб использованы предельно допустимые концентрации (ПДК), установленные Приказом Министра здравоохранения Республики Казахстан от 24 ноября 2022 года № ҚР ДСМ-138 «Об утверждении Гигиенических нормативов показателей безопасности хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» [9].

3 Результаты и обсуждение

Сведения о предельно допустимых концентрациях приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Предельно-допустимые концентрации вредных химических веществ в воде Реки Есиль [9, 10, 11]

Наименование	Река Есиль	
	РК мг/л	ВОЗ мг/л
хлорид	350	250
сульфат	500	400
нитрат	45	50
фторид	1,5	1,5
фосфат	0,2	0.05

Таблица 2 – Предельно-допустимые концентрации вредных химических веществ в водопроводной воде [9, 10, 11]

Наименование	Водопроводная вода	
	РК мг/л	ВОЗ мг/л
калий	27/12	не измерялись
натрий	200	200
литий	0.07	не измерялись

магний	50	60–120
кальций	3,5	60–120

На основании проведенного анализа ионного состава воды реки Есиль и водопроводной воды в г. Астана проведено сравнение полученных значений с установленными предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) вредных химических веществ, регламентирующими нормативами Республики Казахстан (РК) и Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ).

3.1 Сравнительная оценка качества воды реки Есиль

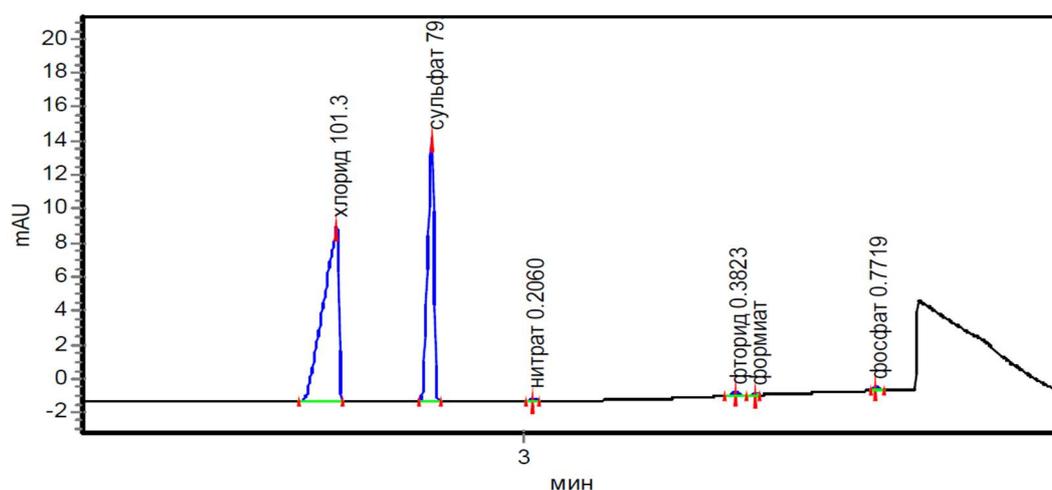


Рисунок 1 – Графика состава/концентрации ионов реки Есиль

Таблица 3 – Результаты проб ионов реки Есиль

№	Компонент	Конц., мг/л
1	Хлорид	101.3
2	Сульфат	79.27
3	Нитрат	0.2060
4	Фторид	0.3823
6	Фосфат	0.7719

Согласно данным Таблицы 1, установленные ПДК для хлоридов, сульфатов, нитратов, фторидов и фосфатов в воде реки Есиль варьируются в зависимости от нормативных документов РК и ВОЗ. Результаты химического анализа проб воды из реки (Таблица 3) свидетельствуют о следующем:

Хлориды: зарегистрированная концентрация (101,3 мг/л) существенно ниже нормативных значений ПДК (350 мг/л по РК и 250 мг/л по ВОЗ).

Сульфаты: содержание в воде реки составляет 79,27 мг/л, что значительно ниже установленных пределов (500 мг/л по РК и 400 мг/л по ВОЗ).

Нитраты: зафиксированное значение (0,206 мг/л) не превышает допустимые нормы (45 мг/л по РК и 50 мг/л по ВОЗ).

Фториды: содержание (0,3823 мг/л) находится в пределах ПДК (1,5 мг/л).

Фосфаты: концентрация (0,7719 мг/л) превышает предельно-допустимые показатели (0,2 мг/л по РК и 0,05 мг/л по ВОЗ), что может свидетельствовать о влиянии антропогенных факторов, включая сброс сточных вод и сельскохозяйственное загрязнение.

Таким образом, несмотря на соответствие большинства показателей нормативным требованиям, превышение концентрации фосфатов требует дальнейшего исследования с целью выявления источников загрязнения и разработки мер по снижению уровня данного соединения в водоеме.

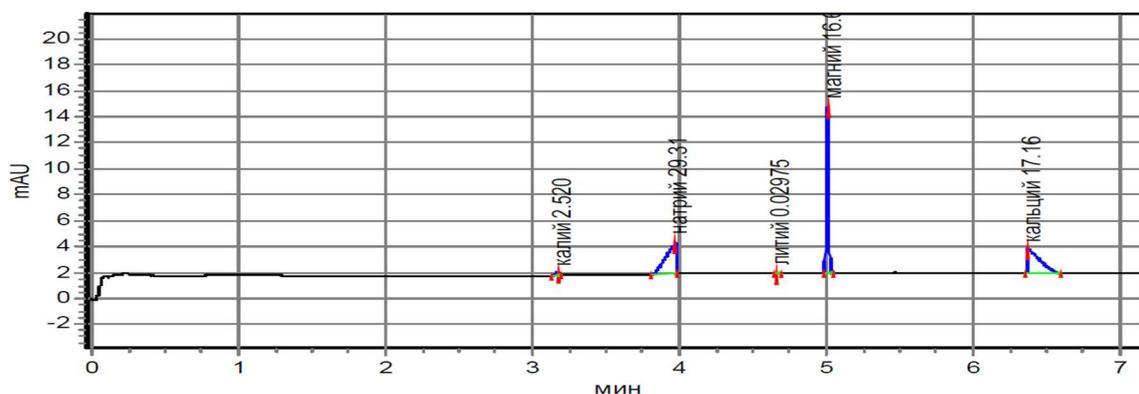


Рисунок 2 – Графика состава/концентрации ионов водопроводной воды

Таблица 4 – Результаты проб ионов водопроводной воды

№	Компонент	Конц., мг/л
1	Калий	2.520
2	Натрий	29.31
3	Литий	0.02975
4	Магний	16.63
5	Кальций	17.16

3.2 Оценка соответствия водопроводной воды нормативам

Согласно Таблице 2, в водопроводной воде регламентируются концентрации таких элементов, как калий, натрий, литий, магний и кальций. Анализ проб воды (Таблица 4) показал следующее:

Калий: концентрация (2,520 мг/л) значительно ниже предельно-допустимого уровня (27/12 мг/л по РК).

Натрий: содержание (29,31 мг/л) не превышает установленный норматив (200 мг/л по РК и ВОЗ).

Литий: зарегистрированное значение (0,02975 мг/л) находится в пределах нормы ($\leq 0,07$ мг/л по РК).

Магний: концентрация (16,63 мг/л) соответствует нормативам РК (≤ 50 мг/л), но ниже диапазона, рекомендованного ВОЗ (60–120 мг/л).

Кальций: зафиксированное содержание (17,16 мг/л) превышает норматив РК (3,5 мг/л), но не достигает минимального значения ВОЗ (60 мг/л).

Водопроводная вода соответствует санитарно-гигиеническим требованиям, однако недостаточное содержание магния и кальция может оказывать влияние на физиологические процессы в организме человека, в частности на состояние костной и сердечно-сосудистой системы. Данный аспект подчеркивает актуальность дальнейших исследований, направленных на оценку влияния низкого содержания указанных элементов на качество питьевой воды и здоровье населения.

4 Заключение

Проведенное исследование показало, что вода реки Есиль в целом соответствует установленным нормативам, за исключением превышения концентрации фосфатов, что требует дальнейшего мониторинга и выявления возможных источников загрязнения. Водопроводная вода соответствует санитарно-гигиеническим требованиям Республики Казахстан и ВОЗ, однако содержание магния и кальция ниже рекомендуемых пределов ВОЗ, что может оказывать влияние на физиологические процессы в организме человека. Данный факт свидетельствует о необходимости дополнительного исследования влияния низкого содержания данных элементов на качество питьевой воды и здоровье населения.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что вода реки Есиль в целом отвечает нормативным требованиям, за исключением превышения концентрации фосфатов. Это указывает на необходимость постоянного мониторинга качества воды и разработки эффективных мер по снижению загрязнения, особенно в контексте сельскохозяйственного и бытового влияния.

Водопроводная вода соответствует санитарным нормам, однако её минеральный состав не полностью соответствует рекомендациям ВОЗ. Дефицит магния и кальция может повлиять на здоровье населения, что требует дополнительных исследований и, возможно, мер по минерализации воды.

Список использованных источников

- 1 Департамент экологии Мангистауской области. Качество питьевой воды [Электронный ресурс] // Официальный сайт государственных органов Республики Казахстан. – 31 мая 2023. – URL: <https://www.gov.kz/memleket/entities/departament-kkbtu-mangistau/press/article/details/125907?lang=ru>
- 2 Иркутский государственный медицинский университет. Вода как фактор здоровья населения [Электронный ресурс]. – URL: <https://gog.su/6hHb>
- 3 Орлова Т.Н., Базлов Д.А., Орлов В.Ю. Химия природных и промышленных вод: учеб. пособие. – Ярославль: ЯрГУ, 2013. – 120 с. – ISBN 978-5-8397-0974-4.
- 4 Калмашова А.Н., Мустафаев Ж.С., Козыкеева А.Т. Формирование и функционирование бассейна реки Есиль // Исследования, результаты. – 2017. – № 4(76). – С. 330-339.
- 5 Джаналеева Г., Жангужин А., Мажитова Г., Берденов Ж., Казангапова Н. Особенности геохимических условий геосистем бассейна реки Есиль [Электронный ресурс] // Гидрометеорология и экология. – 2023. – № 3. – С. 170–181. – URL: <https://journal.kazhydromet.kz/index.php/kazgidro/article/view/1124>
- 6 Бублик Е.С., Ткаченко А.В., Калинина В.А. Элементы здоровья – кальций и магний [Электронный ресурс] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 11 (часть 4). – С. 641-642. – URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=10611>
- 7 ГОСТ 31867–2012. Вода питьевая. Определение содержания анионов методом хроматографии и капиллярного электрофореза. – М.: Стандартинформ, 2014. – 11 с.
- 8 ГОСТ 31869–2012. Вода. Методы определения содержания катионов (аммония, бария, калия, кальция, лития, магния, натрия, стронция) с использованием капиллярного электрофореза. – М.: Стандартинформ, 2013. – 17 с.
- 9 Об утверждении Гигиенических нормативов показателей безопасности хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 24 ноября 2022 года № ҚР ДСМ-138. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 25 ноября 2022 года № 30713 [Электронный ресурс]. – 2022. – URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200030713#z21>
- 10 Сатаева А., Камал А., Керим Т., Исаев Ж., Тауанов Ж., Ким Д., Инглезакис В., Архангельски Е. Мониторинг экологического состояния поверхностных вод города Нур-Султан (Республика Казахстан) на примере реки Есиль // Вестник НЯЦ РК. – 2022. – № 3. – С. 64-68. – DOI: <https://doi.org/10.52676/1729-7885-2022-3-64-68>.
- 11 Задагали А.М., Жамангара А.К., Самарханов Т.Н., Адамжанова Ж.А. Гидрохимический режим некоторых озер Кокшетауской возвышенности // Вестник

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1 Айгерим Саянқызы Ерсин, Международного университета Астана, магистрантка 1-го курса по направлению «Экология и природопользование», e-mail: auger.ersin@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-3347-4968> .

2 Аружан Оралбековна Алибекова, Международного университета Астана, магистрантка 1-го курса по направлению «Экология и природопользование», e-mail: alibekova.aruzhan2711@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-3724-5159> .

3 Айман Бейсембаевна Карабалаева, Международного университета Астана, PhD, старший преподаватель высшей школы естественных наук, e-mail: Aiman_jan@mail.ru.

Отправлено: 28.02.2025

Исправлено: 25.03.2025

Принято: 28.03.2025

ЕСІЛ ӨЗЕНІ МЕН ҚҰБЫР СУЫНЫҢ ИОНДЫҚ ҚҰРАМЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУЫ

А.С. Ерсин*, А.О. Алибекова, А.Б. Карабалаева

Астана халықаралық университеті , Астана, Қазақстан

**auger.ersin@gmail.com*

АНДАТПА

Су – тіршіліктің негізгі көзі және табиғаттағы ең маңызды ресурстардың бірі. Ол адамның ауызсуға деген қажеттілігін қанағаттандырумен қатар, ауыл шаруашылығы, өнеркәсіп және тұрмыстық салаларда кеңінен қолданылады. Осыған байланысты мемлекеттік санитарлық ережелер мен нормалар судың химиялық құрамындағы элементтердің рұқсат етілген шектерін анықтап, олардың сақталуын жүйелі түрде қадағалайды. Бұл зерттеу жұмысы Есіл өзенінен және орталық су құбырынан алынған су үлгілерінің иондық құрамын «Капель 105М» №3037 құрылғысының көмегімен салыстырмалы түрде талдауға арналған. Алынған нәтижелер судың сапасын бағалап, оны санитарлық талаптармен салыстыруға мүмкіндік берді.

СУ, ИОНДЫҚ ҚҰРАМ, ЕСІЛ ӨЗЕНІ, ҚҰБЫР СУЫ, МЕТАЛЛ ИОНДАРЫ

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР

1 Айгерим Саянқызы Ерсин, Астана Халықаралық университетінің «Экология және табиғатты пайдалану» бағыты бойынша 1-курс магистранты, e-mail: auger.ersin@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-3347-4968> .

2 Аружан Оралбековна Алибекова, Астана Халықаралық университетінің «Экология және табиғатты пайдалану» бағыты бойынша 1-курс магистранты, e-mail: alibekova.aruzhan2711@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-3724-5159> .

3 Айман Бейсембаевна Карабалаева, Астана Халықаралық университетінің Жаратылыстану жоғары мектебінің аға оқытушысы, PhD, e-mail: Aiman_jan@mail.ru.

**COMPARATIVE ANALYSIS OF THE IONIC COMPOSITION OF THE ESIL RIVER
AND TAP WATER**

A. Yersin *, A. Alibekova, A. Karabalayeva

Astana international university, Astana, Kazakhstan

*auger.ersin@gmail.com

ANNOTATION

Water is the fundamental source of life, essential for sustaining human health and daily activities. It is widely used not only for drinking purposes but also in household, agricultural, and industrial needs. Therefore, state sanitary standards strictly regulate the permissible limits of its chemical composition and ensure compliance through regular monitoring. This study presents a comparative analysis of the ionic composition of water samples collected from the Esil River and the municipal water supply using the Kapel 105M No. 3037 analyzer. The obtained results help assess water quality and conformity with sanitary requirements.

WATER, IONIC COMPOSITION, YESSIL RIVER, TAP WATER, METAL IONS

AUTHOR INFORMATION

1 Aigerim Yersin, International University of Astana, 1st-year Master's student in «Ecology and Environmental Management», e-mail: auger.ersin@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0006-3347-4968> .

2 Aruzhan Alibekova, International University of Astana, 1st-year Master's student in «Ecology and Environmental Management», e-mail: alibekova.aruzhan2711@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0003-3724-5159> .

3 Aiman Karabalaeva, International University of Astana, PhD, Senior Lecturer at the Higher School of Natural Sciences, e-mail: Aiman_jan@mail.ru.

DOI:

MPHTI 87.53.24

**БЫЛҒАРЫ ӨНЕРКӘСІБІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН АРТТЫРУ:
ҚАЙТА ӨНДЕУ ЖӘНЕ ҚАЛДЫҚТАРДЫ БАСҚАРУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ**

Әліпқали А.А.*, Шамшеденова С.С.

Халел Досмұхамедов атындағы Атырау университеті, Атырау, Қазақстан

*aalipkali@mail.ru

АНДАТПА

Бұл мақалада былғары бұйымдарын қайта өңдеу және қайта пайдалану арқылы былғары өнеркәсібінің қоршаған ортаға теріс әсерін азайту мақсатында экологиялық аспектілер қарастырылады. Ресурстарды тұтыну, ағынды сулардың ластануы, сондай-ақ былғары бұйымдарын өндіру және жою кезінде денсаулыққа және экожүйелерге әсері талданған. Әсіресе қазіргі заманғы рециклинг әдістеріне және тұрақты технологиялық шешімдерге, оның ішінде биодублеу, тұйықталған су пайдалану жүйелері және табиғи былғарыға биоальтернативаларға ерекше назар аударылған. Қазақстан мысалында қалдықтарды қайта өңдеу саласындағы қазіргі жағдай талданып, саланың экологиялық тиімділігін арттыру бойынша ұсыныстар берілген. Жұмыс заманауи статистикалық деректер мен халықаралық тәжірибелерге негізделген, бұл циркулярлық экономикаға және былғары қалдықтарын тұрақты басқаруға көшу қажеттілігі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

БЫЛҒАРЫ ӨНЕРКӘСІБІ, ҚАЙТА ӨНДЕУ, ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТИІМДІЛІК, ТҰРАҚТЫ ДАМУ, ҚАЛДЫҚТАР

1 Кіріспе

Былғары өнеркәсібі – ресурсты көп қажет ететін және қоршаған ортаға айтарлықтай әсер ететін сала. Өндіріс процесінде су мен энергияның көп мөлшері жұмсалып, химиялық реагенттер (хром, сульфидтер, бояғыштар) кеңінен қолданылады. Нәтижесінде судың, топырақтың және атмосфералық ауаның ластануы орын алады. Зерттеу өзектілігі былғары өндірісінің экологиялық жүктемесін азайту және қалдықтарды қайта өңдеу арқылы саланың тұрақты дамуына қол жеткізу қажеттілігімен анықталады. Осы зерттеу жұмысының ғылыми

жаңалығы – былғары өнеркәсібінің экологиялық тұрақтылығын арттыру жолдарын кешенді түрде бағалау және қалдықтарды қайта өңдеу мен ресурстарды үнемдеу технологияларын біріктіріп талдауында. Бұған дейінгі зерттеулер көбіне өндірістік немесе химиялық аспектілерге бағытталған болса, бұл жұмыста экологиялық, экономикалық және әлеуметтік факторлар жүйелі түрде қарастырылған. Практикалық маңыздылығы – алынған нәтижелер Қазақстандағы былғары өнеркәсібінің экологиялық тиімділігін арттыру, қайта өңдеу инфрақұрылымын дамыту және тұрақты өндіріс технологияларын енгізу бойынша нақты ұсыныстар жасауға мүмкіндік береді. Бұл ұсыныстарды экологиялық саясат пен кәсіпорын деңгейінде қолдануға болады. Былғары өнеркәсібі дәстүрлі түрде халықты аяқ киім, киім, жиһаз, құрғақ тауарлар және басқа да салаларда қолданылатын былғары және одан жасалған бұйымдармен қамтамасыз ете отырып, әлемдік экономика жүйесінде маңызды орын алады. Әлеуметтік-экономикалық дамуға қосқан елеулі үлесіне қарамастан, бұл сектор экологиялық жағынан қолайсыз салалардың қатарына жатады. Оның жұмыс істеуі ресурстардың жоғары сыйымдылығымен, көптеген химиялық реагенттерді қолданумен және қалдықтардың едәуір көлемінің пайда болуымен бірге жүреді. Былғары бұйымдарын өндіру ресурстарды көп қажет ететін және экологиялық қолайсыз өндірістік процестердің бірі болып саналады. Ол өмірлік циклдің барлық кезеңдерінде – мал шаруашылығынан бастап дайын өнімді кәдеге жаратуға дейін қоршаған ортаға айтарлықтай әсер етеді. Бұл суды, энергияны және химиялық заттарды көп тұтынудан көрінеді, әсіресе тотығу және әрлеу сатысында. Хром қосылыстары, қышқылдар және бояғыштар сияқты улы заттарды жеткіліксіз тазарту арқылы пайдалану топырақтың, судың ластануына және экожүйелер мен адам денсаулығына зиян келтіреді. Сонымен қатар, өндіріс процесінде құрамында қауіпті қосылыстар бар қатты және сұйық қалдықтардың едәуір мөлшері пайда болады. Бұл проблема әсіресе экологиялық бақылау деңгейі төмен дамушы елдерде өткір тұр. Былғары өндіру процесі бірнеше кезеңдерді қамтиды: шикізатты дайындау, илеу, бояу және әрлеу. Әр кезеңде көп мөлшерде су, энергия және химиялық заттар қажет – хром, сульфидтер, бояғыштар, майлы композициялар. Нәтижесінде органикалық және улы қосылыстары жоғары ағынды сулар қоршаған ортаға түседі, топырақ пен атмосфералық ауа ластанады. Халықаралық зерттеулерге сәйкес, былғары өндірісі бір килограмм шикізатты өңдеу үшін 30-40 литр суды тұтынуы мүмкін, ал ағынды сулардағы ауыр металдардың мөлшері рұқсат етілген шекті концентрациядан бірнеше есе көп. Тері өнеркәсібінің теріс әсері қоршаған ортаның ластануынан ғана емес, адам денсаулығына қауіп төндіруден де көрінеді. Кәсіпорын қызметкерлері улы заттардың әсеріне ұшырайды, ал айналадағы тұрғындар ауа мен судың сапасының нашарлауынан зардап шегеді. Бұл факторлар тұрақты даму қағидаттарына бағытталған өндірісті ұйымдастырудың жаңа тәсілдерін іздеу қажеттілігін қалыптастырады. Бұл тұрғыда былғарыдан жасалған бұйымдарды қайта өңдеу

және қайта пайдалану экологиялық жүктемені азайтудың маңызды шараларына айналуға [1,2,10]. Мұндай тәсілдер материалдардың қызмет ету мерзімін ұзартуға, қалдықтарды азайтуға және ресурстарды тұтынуды азайтуға мүмкіндік береді. Экологиялық артықшылықтардан басқа, теріні қайта өңдеу айналмалы экономиканы енгізуге ықпал етеді және шағын бизнесті дамытуға және жұмыс орындарын құруға қолдау көрсете алады. Мұндай шешімдерді тиімді іске асыру үшін экологиялық, ресурстық, энергетикалық және әлеуметтік-экономикалық аспектілерді қамтитын кешенді талдау қажет. Осылайша, зерттеудің өзектілігі тері өнеркәсібінің ресурстық шығындары мен экологиялық тәуекелдерін талдау, сондай-ақ қайта өңдеу технологияларын енгізу және табиғатты ұтымды пайдалану арқылы оларды азайту мүмкіндіктерін қарастыру қажеттілігіне байланысты.

2 Әдістер мен материалдары

Бұл зерттеу жұмысы кешенді аналитикалық сипатқа ие болып, былғары өнеркәсібінің қоршаған ортаға тигізетін ықпалын жан-жақты қарастыруға бағытталды. Негізгі зерттеу нысаны – табиғи былғары өндірісінің ресурстық шығындары мен экологиялық қауіптері, сондай-ақ оларды азайту мақсатында қолданылатын қайта өңдеу және баламалы технологиялар.

2.1 Әдістер

Зерттеу барысында бірнеше ғылыми әдіс қолданылды:

- Әдеби шолу әдісі. Былғары өндірісі мен қайта өңдеудің қазіргі заманғы үрдістерін зерделеу үшін халықаралық тәжірибелерге негізделген әдеби дереккөздер қарастырылды.
- Салыстырмалы талдау әдісі. Табиғи былғарының экологиялық көрсеткіштері синтетикалық баламаларымен салыстырылып, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері анықталды.
- Статистикалық талдау әдісі. Сандық мәліметтер жүйеленіп, олар кестелер мен диаграммалар түрінде бейнеленді. Бұл өндіріс көлемін, қалдықтар мөлшерін және қайта өңдеу деңгейін нақты көрсетуге мүмкіндік берді.
- Жүйелік тәсіл. Экологиялық, ресурстық, әлеуметтік және экономикалық аспектілер кешенді қарастырылып, олардың өзара байланысы анықталды.
- Кейс-стади әдісі. Қазақстандағы былғары өнеркәсібінің нақты мысалдары зерттеліп, олардың экологиялық мәселелері мен даму мүмкіндіктері талданды.

2.2 Материалдар

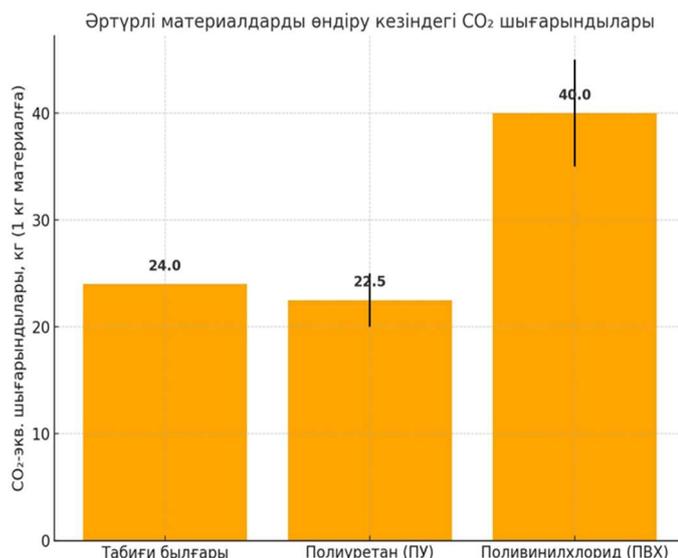
Зерттеу үшін материалдар ретінде:

- Халықаралық ұйымдардың есептері мен баяндамалары – БҰҰ-ның Азық-түлік және ауыл шаруашылығы ұйымы (FAO), Біріккен Ұлттар Ұйымының Қоршаған орта бағдарламасы (UNEP), Дүниежүзілік банк жариялаған мәліметтер. Бұл дереккөздер былғары өндірісінің әлемдік деңгейдегі экологиялық жүктемесін анықтауға мүмкіндік берді.
- Ғылыми әдебиеттер – халықаралық, шетелдік рецензияланған журналдардағы мақалалар. Оларда өндірістік процестердің қоршаған ортаға әсерін төмендету әдістері сипатталған.
- Қазақстандық дереккөздер – ҚР экология және табиғи ресурстарына байланысты статистикалық мәліметтер, ресми есептер мен ұлттық стратегиялар. Олар Қазақстандағы былғары өндірісінің нақты жағдайын көрсетеді.
- Салыстырмалы мәліметтер – табиғи былғары өндірісін синтетикалық материалдармен (полиуретан, ПВХ) салыстыру үшін өндіріс көлемі, энергия тұтыну, су шығыны және көмірқышқыл газының шығарындылары туралы статистика қолданылды.

Алынған ақпараттар сапалық және сандық тұрғыда өңделді. Сандық деректер (су тұтыну, энергия шығыны, CO₂ шығарындылары) салыстырмалы кестелерге енгізілді. Сапалық деректер (қалдықтарды басқару тәжірибесі, қайта өңдеудің тиімділігі) жүйеленіп, мәтіндік талдау жасалды. Нәтижелерді түсінікті ету үшін диаграммалар мен графиктер қолданылды. Осы әдістерді қолдану зерттеудің басты мақсатына – былғары өнеркәсібінің экологиялық жүктемесін кешенді бағалауға және оны азайту жолдарын ұсынуға – қол жеткізуге мүмкіндік берді. Әдеби шолу ғылыми көзқарастарды жинақтауға, салыстырмалы талдау нақты айырмашылықтарды көрсетуге, статистикалық талдау сандық негізді қамтамасыз етуге, ал кейс-стади Қазақстан жағдайына бейімделген қорытынды жасауға жағдай жасады.

3 Зерттеу нәтижелері

Былғары бұйымдарын өндіру – экологиялық тұрғыдан ауыр салмақты өнеркәсіп болып табылады. Бұл өндіріс процесі табиғи ресурстарды, әсіресе су мен энергияны кеңінен пайдаланады, сондай-ақ парниктік газдардың шығарындыларын арттырады. Соңғы зерттеулерге сәйкес, 1 кг табиғи сиыр терісін өндіру кезінде 24 кг CO₂ эквиваленті шығарылады, бұл полиуретан (ПУ) мен поливинилхлорид (ПВХ) сияқты синтетикалық баламаларды өндіруге тең деңгейде шығарындыларды тудырады. 1-суретте табиғи және синтетикалық материалдарды өндіру кезіндегі көміртек және су іздері салыстырылған.



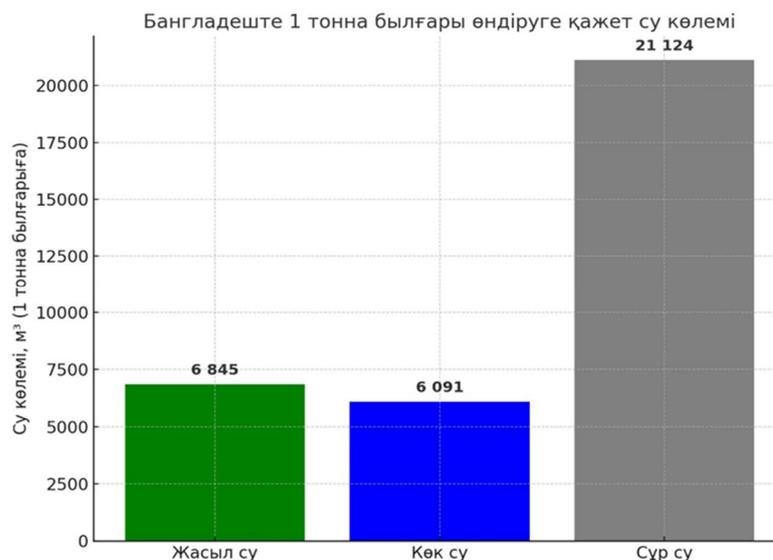
1 сурет – Табиғи былғары, полиуретан, поливинилхлорид өндірісі кезіндегі көміртегі оксиді шығарындылары

Бұл сала әсіресе мал шаруашылығымен тығыз байланысты болғандықтан, оған тиесілі парниктік газдар шығарындылары шамамен 19%-ды құрайды [2]. Бұл мәселе климаттық өзгерістер мен парниктік газдардың артуымен күресуде маңызды болып табылады. Былғары өнеркәсібінің экологиялық әсері тек көміртегі ізінде ғана емес, сонымен қатар су ресурстарын пайдалану мен химиялық ластану салдарынан да айқын көрінеді. Су тұтыну мөлшері таңқаларлықтай жоғары, себебі 1 кг былғары өндіруге орта есеппен 12,4 м³ су қажет. Бұл судың көп бөлігі мал өсіру процесінде жұмсалады. Мысалы, 2-суретте көрсетілгендей, Бангладеште 1 тонна былғары өндіру үшін қажет [3]:

- 6 845 м³ жасыл су
- 6 091 м³ көк су
- 21 124 м³ сұр су

Жасыл су - өсімдіктердің өсуі үшін пайдаланылған жаңбыр суы. Жасыл су әдетте экожүйеге немесе табиғи көздерге тікелей әсер етпейді, егер бұл табиғи процесс болса. Көк су - табиғи су қоймаларынан алынған су, мысалы өзендер, көлдер, жер асты сулары. Көк су суаруға, өндірістік қажеттіліктерге және басқа мақсаттарға пайдаланылатын су ресурстарының бөлігі болып табылады. Жасыл судан айырмашылығы, көк су экожүйелерге ауыртпалық түсіруі мүмкін, әсіресе су қоймалары тиімсіз пайдаланылса. Сұр су - ластайтын заттарды сұйылту үшін пайдаланылған су (мысалы, ағынды сулар). Ол өндіріс немесе ауыл шаруашылығы қызметі барысында туындайтын ластанудың әсерін азайту үшін қолданылады. Бұл, негізінен, пайдаланылған су болып табылады, ол экожүйеге немесе қайта қолдануға

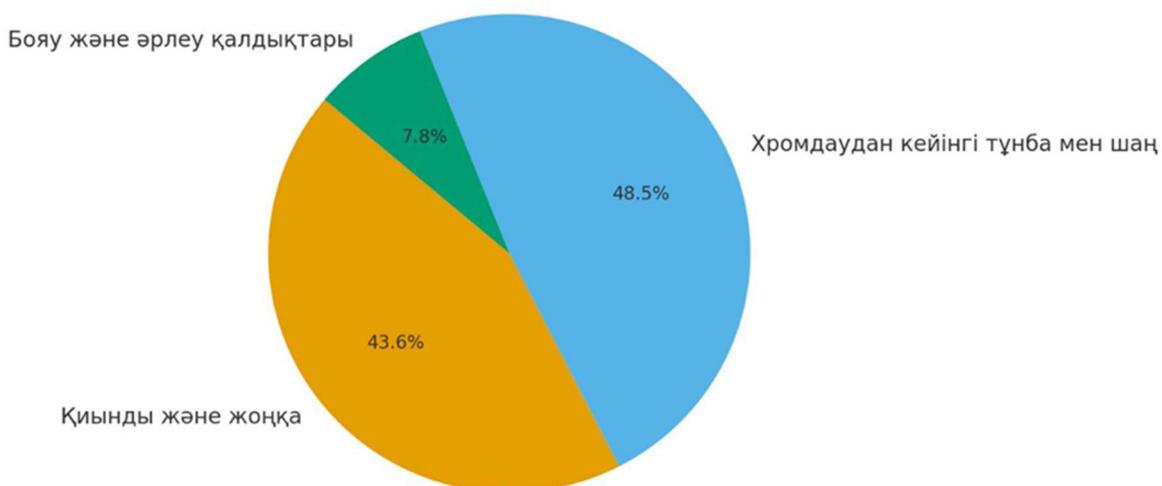
қайтарылмас бұрын тазартуды талап етеді.) Бұл мәліметтер елдердегі су тапшылығы мен экологиялық дағдарысты ескергенде, шынымен алаңдатады.



2 сурет – Бангладештегі 1 тонна былғары өндіруге жұмсалатын су көрсеткіші

Су тұтынудан басқа, былғары өндірісі химиялық ластанудың жоғары деңгейімен сипатталады. Әсіресе хромды дублеу процесі өте қауіпті, себебі жыл сайын 66 000 тонна хром қосылыстары пайдаланылады, бірақ олардың тек 21 000 тоннасы ғана дайын өнімде қалады, қалғаны тұншығып, ағынды суларға түседі. Бұл хром қосылыстары, ауыр металдар, қышқылдар, бояғыштар және басқа да химикаттар топырақ пен суды ластайды, экосистемаларға және адам денсаулығына зиян тигізеді. Хром, әсіресе, өте улы болып табылады және ауыр ауруларға, соның ішінде қатерлі ісіктерге, ағзада жинақталуына және ұзақ мерзімді экологиялық өзгерістерге әкелуі мүмкін. Өндіріс барысында химиялық заттардың көптігі мен қалдықтардың ұлғайған көлемі де алаңдатады [4]. FAO мәліметтері бойынша, әрбір 1 тонна өңделген былғарыға 195 кг қиынды, қоқыс пен жоңқа, 217 кг хромдалған шлам, тұнба мен шаң, 35 кг бояу және әрлеу қалдықтары түседі. 3-суреттен аталған қалдық түрлерінің пайыздық көрсеткішін көруге болады.

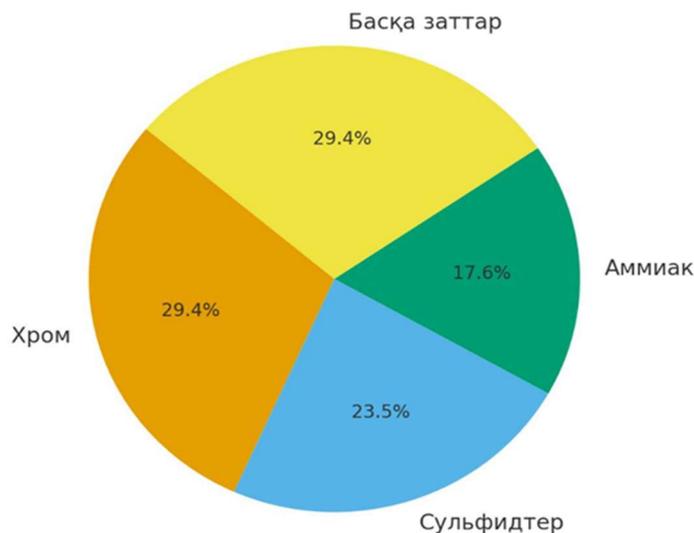
1 тонна былғарыны өңдеуден шығатын қалдықтар (FAO деректері бойынша)



3 сурет – Былғарыны өңдеу кезінде пайда болатын қалдықтардың пайызы

Сонымен қатар, 1 тонна шикізатты өңдеу кезінде 25-тен 85 м³ дейін улы ағынды сулар түзіледі, олар хром, сульфидтер, аммиак және басқа да қауіпті заттарды қамтиды [5]. 4-суреттен улы ағындылардың қандай пайыздық көлемде бөлінетінін бақылай аламыз. Бұл суларды тазарту өте қиын, және олар экожүйелерге, табиғи ресурстарға және халықтың денсаулығына ұзақ уақыт бойы зиян келтіреді. Барлық осы факторлар былғары өнеркәсібінің экологиялық жүктемесінің ауыр екенін көрсетеді. Көптеген елдерде, әсіресе дамушы елдерде, экологиялық бақылау жүйесі жеткіліксіз болғандықтан, осы проблемалар күрделене түсуде. Бұл мәселені шешу үшін тұрақты даму мен жабық экономика принциптеріне негізделген өндіріс технологияларын енгізу қажет. Жоғарыда аталған экологиялық мәселелерді шешу үшін былғары өнеркәсібіне жаңа технологияларды енгізу, қайта өңдеу процестерін дамыту және экологиялық тұрғыдан таза өндірістік әдістерді қолдану қажет. Мысалы, биодублеу процесі экологиялық тұрғыдан зиянсыз және табиғи материалдарды қолдануды талап етеді.

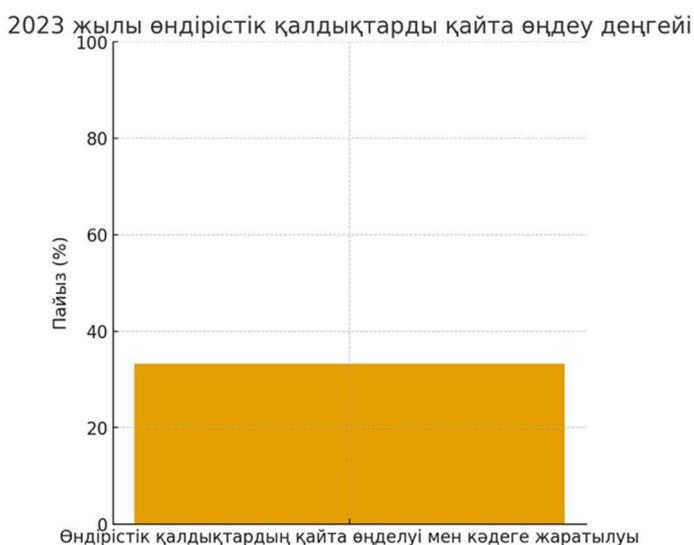
Тері өңдеу кезінде пайда болатын улы ағынды сулардың құрамындағы ластағыштар



4 сурет – Былғары өңделгенде шығатын су құрамындағы ластағыш заттардың пайыздық үлесі

Бұл тәсіл хромды пайдаланудың орнына табиғи өсімдіктер мен басқа да органикалық заттарды қолдануды көздейді. Сонымен қатар, су ресурстарын үнемдеуге мүмкіндік беретін жабық жүйелерді енгізу қажет. Бұл технологиялар тек экологиялық жүктемені азайтып қана қоймай, өнеркәсіптің экономикалық тиімділігін де арттырады.

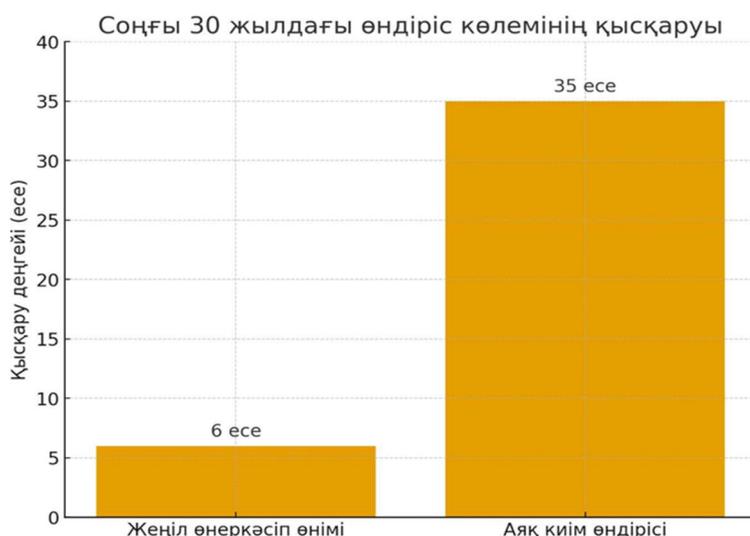
Қайта өңдеу және қалдықтармен тұрақты жұмыс істеу саласы Қазақстанда өзекті әрі проблемалы бағыт болып қалуда.



5 сурет – Былғары өңделгенде шығатын су құрамындағы ластағыш заттардың пайыздық үлесі

Мемлекеттік бастамалар жарияланғанына қарамастан, 2023 жылы елдегі өнеркәсіптік қалдықтарды қайта өңдеу және кәдеге жарату деңгейі 5-суретте көрсетілгендей небәрі 32–34,5 % құрады, ал бұған дейін Қазақстан Республикасының Экология, геология және табиғи ресурстар министрлігі бұл көрсеткішті 45 %-ға жеткізуді мақсат еткен болатын.

Бұл жүйелік қиындықтардың бар екенін көрсетеді: қайта өңдеу инфрақұрылымының жеткіліксіздігі, бизнестің әлсіз ынталандыруы және халық пен өндірушілердің ресурстарды қайта пайдалану мүмкіндіктері туралы ақпараттың шектеулі деңгейі. Жеңіл өнеркәсіп контекстінде, оның ішінде былғары бұйымдарын өндіру саласында жағдай одан да күрделі. 6-диаграммаға назар аударсақ, соңғы 30 жылда жеңіл өнеркәсіп өнімдерін шығару көлемі 6 есе, ал аяқ киім өндірісі 35 есе азайған. Бұл салада ауыр құлдырау ғана емес, сондай-ақ өндірістік және технологиялық әлеуеттің жоғалуы да байқалады, бұл Қазақстанның материалдарды қайта өңдеудің тұрақты тізбегін, соның ішінде былғары мен текстильді дамыту мүмкіндіктерін шектейді [7].



6 сурет – Соңғы 30 жылдағы өндіріс көлемінің қысқару көрсеткіші

4 Зерттеу нәтижелерді талқылау

Зерттеудің нәтижелері былғары өнеркәсібінің қоршаған ортаға айтарлықтай антропогендік әсер ететінін көрсетеді. Атап айтқанда, тері өндірісі тұщы судың көп мөлшерін, химиялық реагенттерді (натрий сульфаты, әк, хром қосылыстары және т.б.) қолдануды қажет етеді, сонымен қатар қатты және сұйық қалдықтардың пайда болуымен бірге жүреді. Мұның бәрі су объектілерінің ауыр металдармен ластануы, топырақтың деградациясы, ауа сапасының нашарлауы және халықтың денсаулығына қауіп төндіретін елеулі экологиялық қауіптерді тудырады. Алайда, жүргізілген талдау қалдықтарды қайта өңдеу технологияларын енгізу жағдайды түбегейлі өзгертуге қабілетті екенін көрсетеді. Былғары шикізаты мен жанама өнімдерді қайта өңдеу табиғи ресурстарға жүктемені айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді. Мысалы, өндіріс қалдықтарынан хромды қайта пайдалану бастапқы кен ресурстарын өндіру қажеттілігін азайтады және улы шығарындыларды азайтады. Нәтижесінде кәсіпорындар экологиялық шығындарды бір уақытта азайтуға және шикізатты үнемдеуге мүмкіндік алады. Сонымен қатар, қайта өңдеу экономиканың жаңа секторын – қайталама өндірістерді

калыптастыруға ықпал етеді. Тері қалдықтарынан коллаген, желатин, биополимерлер, органоинералды тыңайтқыштар, жемшөп қоспалары және тіпті құрылыс материалдары алуға болады. Бұл өнеркәсіпті әртараптандыру және экологиялық таза тауарлар нарығын кеңейту перспективаларын ашады. Осылайша, былғары қалдықтары проблемадан әлеуетті құнды ресурсқа айналады. Әлемдік тәжірибе осы тәсілдің тиімділігін растайды. Мәселен, бірқатар Еуропа елдерінде былғары өнеркәсібі қалдықтарының 80% - на дейін қайта өңделеді, бұл қоршаған ортаға жүктемені айтарлықтай төмендетуге және "Жасыл экономика" қағидаттарына көшуге мүмкіндік берді [4, 5, 10]. Қазақстан үшін бұл тәжірибе әсіресе өзекті, өйткені елдің былғары саласы энергияны және ресурстарды қажет етеді, ал экологиялық стандарттар әлі де даму сатысында.

Талдау негізінде саланы жетілдірудің бірнеше негізгі бағыттарын бөліп көрсетуге болады:

- Технологиялық жаңарту. Жабық су айналымы жүйелерін, ағынды суларды тазартудың заманауи әдістерін және құрамында хром бар қосылыстарды қауіпсіз жоюды енгізу.
- Экономикалық ынталандыру. Қайта өңдеуді және экологиялық таза технологияларды енгізетін кәсіпорындарға салықтық жеңілдіктер мен субсидияларды беру.
- Нормативтік-құқықтық реттеу. Экологиялық талаптарды қатаңдату, қалдықтардың белгілі бір санаттарын міндетті түрде қайта өңдеуді енгізу, сондай-ақ ұлттық стандарттарды халықаралық стандарттармен үйлестіру.
- Ғылыми және білім беру. Университеттермен және ғылыми-зерттеу орталықтарымен ынтымақтастықта өңдеудің инновациялық әдістерін әзірлеу, сала үшін жаңа мамандар даярлау.

Осылайша, нәтижелерді талқылау мынаны растайды: былғары өнеркәсібінің қалдықтарын қайта өңдеу экономикалық даму мен қоршаған ортаны қорғау арасындағы тепе-теңдікті қамтамасыз ететін стратегиялық маңызды бағыт болып табылады. Бұл бір мезгілде экожүйелерге теріс әсерді азайтуға, ресурстарды пайдалану тиімділігін арттыруға және Қазақстанның орнықты даму моделіне көшуіне ықпал етуге мүмкіндік береді. Қайта өңдеу және қалдықтарды азайту үшін шикізатты қайта пайдалану процесін дамыту маңызды. Былғары қалдықтарын өңдеу арқылы жаңа бұйымдар жасау, әсіресе экологиялық таза әдістермен, өндіріс көлемін азайтуға және табиғи ресурстарды үнемдеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, өңделген былғары қалдықтарынан жасалған өнімдер нарығының сұранысы да артуда. Бұл шаралар былғары өнеркәсібінің экологиялық жүктемесін айтарлықтай төмендетуге және осы саладағы экологиялық қауіптерді азайтуға көмектеседі. Былғары бұйымдарын қайта өңдеу және қайта пайдалану қоршаған ортаға теріс әсерді едәуір азайтуға мүмкіндік береді. Қайта пайдалану жаңа былғары өндіруге деген қажеттілікті азайтады,

осылайша суды, химиялық заттарды және энергияны тұтынуды төмендетеді. Былғарыны қайта өңдеу шикізатқа, су мен энергетикалық ресурстарға деген қажеттілікті азайтып, сондай-ақ дублеу және былғары өндірісінің басқа кезеңдерімен байланысты ластануды азайтады. Мысалы, ескі былғары бұйымдарын жиһаз жамылғысын, аяқ киім немесе аксессуарлар жасау үшін шикізат ретінде пайдалану, циркулярлық экономика тұжырымдамасы аясында жаңа былғарыдан жасалған сол өнімдермен салыстырғанда көміртек ізін 35–55%-ға азайтуға мүмкіндік береді. Бұл тұрақты тұтыну мен өндіріс моделін ілгерілетуге, екінші реттік шикізат нарығын қалыптастыруға және саладағы жалпы экологиялық ізді азайтуға ықпал етеді. Сонымен қатар, былғарыны қайта өңдеу әлеуметтік-экономикалық тұрғыдан маңызды рөл атқарады. Ол жұмыс орындарын құруға және шағын бизнестің дамуына ықпал етеді, әсіресе төмен және орта деңгейдегі табысы бар елдерде, мұнда қайта өңдеу қолжетімді табыс көзі бола алады. Осылайша, былғарыны қайта өңдеудің тиімділігін бағалауға арналған кешенді тәсіл тек экологиялық көрсеткіштерді ғана емес, сонымен қатар әлеуметтік-экономикалық тұрақтылықты да ескеруі тиіс.

Традициялық былғары өндірісінің құлдырауы еліміздің шикізат пен дайын өнімге қатысты импортқа тәуелділігін арттырып, экологиялық және экономикалық жүктемені күшейтеді. Дегенмен, осы проблемалар аясында Қазақстанда инновациялық және тұрақты бизнес формаларының дамуы байқалуда. Мысалы, табиғи былғарыны алмастыратын баламалы материалдар ұсынатын экостартаптар пайда болуда. Олардың бірі – кофе қалдықтарынан жасалған вегандық былғары, оның биоыдырау көрсеткіштері жоғары, ультракүлгін сәулелерге төзімділігі және рентабельділігі 68 %-ға дейін жетеді [6]. Мұндай инновациялар жергілікті кәсіпкерліктің қалдықтарды құнды ресурсқа айналдыру принциптерін жүзеге асыруға деген әлеуетін көрсетеді. Сонымен қатар, Қазақстанда былғары бұйымдарын қайта өңдеу және қайта пайдалану саласындағы халықаралық тәжірибелерді интеграциялау әлеуеті бар. Арнайы кәсіпорындардың дамуы, қайта өңдеуді ынталандыратын тетіктердің құрылуы, қайта өңделген материалдармен жұмыс істейтін стартаптар мен жергілікті брендтерді қолдау экологиялық жүктемені төмендетуге және тұрақтылыққа бағытталған жаңа экономикалық сегменттердің дамуына елеулі үлес қосуы мүмкін. Осылайша, дәстүрлі былғары өндірісінің құлдырауы мен қиындықтарға қарамастан, Қазақстанда былғары қалдықтарын қайта өңдеудің тұрақты инфрақұрылымын қалыптастыру үшін алғышарттар бар. Бұл үшін мемлекет, бизнес және ғылыми қауымдастық тарапынан жасыл технологияларды дамытуға, қайта өңдеуді ынталандыруға және жабық өндірістік циклдарды енгізуге бағытталған кешенді қолдау қажет. Қайта Қазақстандағы былғары өндірісінің экологиялық тұрақтылығын арттыру және оның қоршаған ортаға теріс әсерін минимизациялау үшін жүйелі және көпқабатты шараларды енгізу қажет, олар өндіріс пен

тұтынуды қамтуы тиіс. Бұл бағыттардың бірі – былғары бұйымдарын рециклингтеуді белсенді ынталандыру және өндірушінің кеңейтілген жауапкершілік принципін (КЖЖ) енгізу, ол бизнестің өнімнің өмірлік циклі аяқталғаннан кейін оны кәдеге жаратуды міндеттейтін шаралар жүйесін көздейді. Бұл модель дамыған елдерде тиімді түрде қолданылып, саланы экологиялық жауапты түрде реттеудің негізіне айнала алады. Тағы бір маңызды міндет – былғары өңдеу кезінде, әсіресе дублеу және өңдеу кезеңдерінде қолданылатын ағынды суларды тазарту технологияларына инвестициялар салу. Заманауи әдістерді енгізу, мысалы, электрқоагуляция, ультрафиолетпен өңдеу және мембраналық фильтрациялық жүйелер су ресурстарын ластанудан айтарлықтай азайтып, төгінділердің уыттылығын төмендетуге мүмкіндік береді. Токталып өту керек тағы бір маңызды бағыт – жабық су пайдалану жүйелерін және энергия тиімді технологиялық шешімдерді дамыту, олар өндірістік процесте суды және жылуды бірнеше рет пайдалануға мүмкіндік береді. Мұндай тәсілдер экологияға түсетін жүктемені төмендетуге ғана емес, сондай-ақ кәсіпорындардың экономикалық тиімділігін арттыруға да ықпал етеді. Экологиялық стартаптарды қолдау және табиғи былғарының биоальтернативаларын енгізу (мысалы, Қазақстанның Ұрпақ жобасы, кофе қалдықтарынан эконожа жасайтын жоба) мемлекеттік және жеке инвестициялық саясаттың басымдығына айналуы тиіс. Мұндай жобаларға гранттар, салықтық жеңілдіктер беру және оларды ұлттық тұрақты даму бағдарламаларына енгізу экологиялық бағыттағы жаңа сектордың қалыптасуын жеделдетуі мүмкін. Соңында, тұтынушыларды тарту маңызды рөл атқарады. Саналы тұтыну мәдениетін қалыптастыру, екінші нарықты дамыту, былғары бұйымдарын жөндеу мен олардың қызмет ету мерзімін ұзарту – бұның барлығы тұрақты сән концепциясының бір бөлігі болып табылады және текстиль мен былғары өнеркәсібінің экологиялық ізін азайту жөніндегі жаһандық мақсаттарға сәйкес келеді [6-9]. Осылайша, былғары саласының тұрақты дамуы мемлекет, бизнес, ғылыми қауымдастық және азаматтардың қатысуымен жүзеге асырылатын салалар аралық тәсілді қажет етеді, сондай-ақ экологиялық жүктемені ұзақ мерзімді азайтуға бағытталған технологиялық және мінез-құлық шешімдерін енгізуді талап етеді.

5 Қорытынды

Зерттеу нәтижелері былғары өнеркәсібінің ресурстарды көп қажет ететін және экологиялық қауіпті сала екенін көрсетті. Өндіріс барысында судың, энергияның және химиялық реагенттердің көп мөлшерде пайдаланылуы қоршаған ортаға және адам денсаулығына теріс әсер етеді. Қалдықтарды қайта өңдеу мен рециклинг технологияларын енгізу экологиялық жүктемені азайтып қана қоймай, экономикалық жаңа мүмкіндіктер ашады. Былғары қалдықтарынан биополимерлер, тыңайтқыштар және қайталама материалдар өндіру арқылы экологиялық тиімді өндіріс моделін қалыптастыруға болады. Қазақстан жағдайында

былғары өнеркәсібін жаңғырту, экостартаптарды қолдау және қалдықтарды өңдеу жүйесін дамыту елдің тұрақты даму стратегиясына сай келеді. Саланы жетілдіру үшін өндірістік процестерді жаңарту, КЖЖ қағидатын енгізу және саналы тұтыну мәдениетін дамыту қажет.

Осылайша, былғары өнеркәсібіндегі қалдықтарды қайта өңдеу мен ресурстарды ұтымды пайдалану – экологиялық қауіпсіздік пен экономикалық тиімділікке қол жеткізудің стратегиялық бағыты болып табылады.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. World Wild Life Magazine. Былғарының қоршаған ортаға әсері қандай? – WWF Magazine, 2024. [Электрондық ресурс].- URL: <https://www.worldwildlife.org/magazine/issues/fall-2024/articles/what-is-the-environmental-impact-of-leather>
2. Aury Vietnam. Былғары өндірісінің экологиялық әсері туралы жаңа түсініктер. – Aury Vietnam, 2025. [Электрондық ресурс]. - URL: <https://auryvietnam.com/en/skin-knowledge/is-vegan-leather-really-a-sustainable-choice>
3. Humayra S., Hossain L., Hasan S.R., Khan M.S. Бангладештегі былғары өнеркәсібінің су ізін есептеу, ағынды сулардың сипаттамасы және ластану әсерін бағалау. – Journal of Environmental Research, 2023. – Б. 45–62.
4. Ardolino F., Parrillo F., Arena U. Хром мен суды аз қолданатын үш жаңа былғары өндіріс процесінің экологиялық тиімділігі. – Journal of Cleaner Production, 2024. - Б. 112–128.
5. Food and Agriculture Organization (FAO). Былғары өнеркәсібіндегі қалдықтарды басқару. – Рим: FAO, 1998. - 74 б.
6. Forbes Kazakhstan. Қазақстанда кофеден экобылғары жасауды үйренді. – Forbes Kazakhstan, 2022. [Электрондық ресурс]. URL: https://forbes.kz/articles/ekokoju_iz_kofe_nauchilis_delat_v_kazahstane
7. Қазақстанның қалдықтарды басқару қауымдастығы «KazWaste». Қазақстанда 2023 жылы жиналған қалдықтар статистикасы. – Астана: KazWaste, 2023. 28 б. [Электрондық ресурс]. - URL: <https://kaz-waste.kz/news/855/>
8. Water reuse: былғары өнеркәсібінде қоршаған ортаға әсерді азайтудың баламасы. – Journal of Environmental Management, 2019. – Б. 52–67.
9. RBC Trends. Жасанды былғары мен табиғи былғары: қай материал экологиялық таза - RBC Trends, 2021. [Электрондық ресурс]. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/green/6065e3779a794706921879d1>
10. Ломакин С.С., Рахимов М.Н., Ломакин С.П., Горлевских О.Г. Хроммен иленген былғары қалдықтарын пайдалану бойынша жаңа тәсіл. – КиберЛенинка, 2016. – Б. 14–22. [Электрондық ресурс]. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-podhod-k-ispolzovaniyu-kozhevnyh-othodov-hromovogo-dubleniya>

АВТОРЛАР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕР

1 Шамшеденова Самал Саламатовна, PhD докторы. Х. Досмұхамедов атындағы Атырау университеті «Экология» кафедрасының ассистент- профессоры. email: samal_nurai@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-9551-6680>

2 Әліпқали Аружан Асхатқызы. Х. Досмұхамедов атындағы Атырау университеті «Экология» кафедрасының магистранты. aalipkali@mail.ru. <https://orcid.org/0009-0003-1314-4492>

Жіберілді: 28.02.2025

Өзгертілді: 13.03.2025

Қабылданды: 28.03.2025

**INCREASING THE ECOLOGICAL SUSTAINABILITY OF THE INDUSTRY:
TECHNOLOGY OF PROCESSING AND WASTE MANAGEMENT**

Alipkali A.A.*, Shamshedenova S.S.

Atyrau University Khalel Dosmukhamedov

**aalipkali@mail.ru*

ANNOTATION

This article discusses environmental aspects aimed at reducing the negative impact of the leather industry on the environment through the recycling and reuse of leather products. The impact on health and ecosystems of resource consumption, wastewater pollution, and the production and disposal of leather products is analyzed. Special attention is paid to modern recycling methods and sustainable technological solutions, including bio-duplication, closed-loop water management systems and bio-alternatives for natural leather. Using the example of Kazakhstan, the current situation in the field of waste recycling is analyzed, and recommendations are made to improve the environmental efficiency of the industry. The work is based on modern statistical data and international experience, which allows us to conclude that it is necessary to move to a circular economy and sustainable management of leather waste.

LEATHER INDUSTRY, WASTE RECYCLING, ECO-EFFICIENCY, SUSTAINABLE DEVELOPMENT, WASTE

AUTHOR INFORMATION

1 Samal Shamshedenova, PhD. Assistant Professor of the Department of Ecology Kh.Dosmukhamedov Atyrau University. email: samal_nurai@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-9551-6680>

2 Aruzhan Alipkali, Master's student of the Department of Applied Ecology Kh. Dosmukhamedov Atyrau University. aalipkali@mail.ru. <https://orcid.org/0009-0003-1314-4492>

**ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОЖЕВЕННОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ: ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И УПРАВЛЕНИЯ
ОТХОДАМИ**

Алипкали А.А.*, Шамшеденова С.С.

Атырауский университет имени Халела Досмухамедова, Атырау, Казахстан

*aalipkali@mail.ru

В данной статье рассматриваются экологические аспекты переработки и повторного использования кожаных изделий с целью снижения негативного воздействия кожевенной промышленности на окружающую среду. Проведён анализ потребления ресурсов, загрязнения сточных вод, а также воздействия на здоровье и экосистемы при производстве и утилизации кожаных изделий. Особое внимание уделено современным методам рециклинга и устойчивым технологическим решениям, включая биодублирование, замкнутые системы водопользования и биоальтернативы натуральной коже. На примере Казахстана проанализирована текущая ситуация в сфере переработки отходов и даны рекомендации по повышению экологической эффективности отрасли. Работа основана на актуальных статистических данных и международных практиках, что позволяет сделать вывод о необходимости перехода к циркулярной экономике и устойчивому управлению кожевенными отходами.

**КОЖЕВЕННАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ
ЭФФЕКТИВНОСТЬ, УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ, ОТХОДЫ**

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

1 Шамшеденова Самал Саламатовна, доктор PhD. Ассистент-профессора кафедры «Экология», Атырауского университета имени Х. Досмухамедова. email: samal_nurai@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-9551-6680>

2 Әліпқали Аружан Асхатқызы. Магистрант кафедры «Прикладной экологии» Атырауского университета имени Х. Досмухамедова. aalipkali@mail.ru. <https://orcid.org/0009-0003-1314-4492>

Басуға жіберілген күні 05.05.2025ж.

Пішімі 60x841/8

Шартты баспа табағы 28

Таралымы 100 дана.

Бағасы келісімді.

Техникалық редакторы: Касымова Ж.С.

Безендіруші: С.Т. Мырзабеков

Журнал Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде тіркелген Есепке қою туралы куәлік 07.02.2025 ж. №KZ73VPY00111817
Жылына 4 рет шығады

Меншік иесі: «Шәкәрім университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғам

Шәкәрім 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