

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**№4
2025**

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

2025 • 4



**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND
CHEMICAL SCIENCES**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

Editor-in-Chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Acting President of RPA NAS RK, General Director of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky" (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Editorial Board:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the International Science and Production Holding "Phytochemistry" (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ABIEV Rufat, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

OLIVIERO Rossi Cesare, PhD (Chemistry), Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

TIGINYANU Ion Mihailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

SANG SU Kwak, PhD (Biochemistry, Agricultural Chemistry), Professor, Chief Scientist, Research Center for Plant Systems Engineering, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

BERSIMBAYEV Rakhmetkazi Iskenderovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

CALANDRA Pietro, PhD (Physics), Professor, Institute for the Study of Nanostructured Materials (Rome, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

BOSHKAEV Kuantai Avgazyevich, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

BURKITBAEV Mukhambetkali, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ZHUSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of NAS of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

TAKIBAEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

KHARIN Stanislav Nikolaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Branch of NRNU MEPhI Kazakh National University named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ABISHEV Medeu Erzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ABILMAGZHANOV Arlan Zainutallaevich, PhD in Chemistry, First Deputy Director General of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky", (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES.**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

Owner: «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of Information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan № **KZ93VPY00121157** issued **05.06.2025**Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Бас редактор:

ЖУРЫНОВ Мұрат Жұрынулы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА РҚБ президенті м.а., АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакция ұжымы:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нүрәліұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны онтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИВЬЕРО Россин Сезаре, PhD (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САНГ-СУ Квак, PhD (биохимия, агрохимия), профессор, Корей Биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. (Астана, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, PhD (физика), нанокүрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Қуанғай Ағвазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

Бүркітбаев Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, профессор, Мексика ұлттық автономиялық университеті (UNAM), Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, ҰЯЗУ МИФИ әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ӘБІШЕВ Медеу Ержанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ӘБІЛМАҒЖАНОВ Арпан Зайнуталлайұлы, химия ғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы "Отын, катализ және электрохимия институты" АҚ Бас директорының бірінші орынбасары, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктеуші: «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС (Алматы қ.).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **05.06.2025 ж.** берген № **KZ93VPY00121157** Күзлік.

Тақырыптық бағыты: *физика, химия.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. президента РОО НАН РК, Генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

АБИЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИБЬЕРО Росси Чезаре, доктор философии (PhD, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САНГ-СУ Квак, доктор философии (PhD, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (PhD, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Куантай Авгазиевич, PhD, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

БҮРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нургали Жабагаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, кандидат физико-математических наук, доцент, Филиал НИЯУ МИФИ Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

АБИШЕВ Медеу Ержанович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

АБИЛЬМАГЖАНОВ Арлан Зайнуталлаевич, кандидат химических наук, первый заместитель генерального директора АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр» (г. Алматы).

Свидетельство № KZ93VPY00121157 о повторной регистрации периодического печатного издания информационного агентства, информационного агентства и сетевого издания, выданное Республиканским государственным учреждением «Комитет информации» Министерства культуры и информации Республики Казахстан **05.06.2025**Тематическая направленность: *физика, химия*.

Периодичность: 4 раза в год.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 2025

CONTENTS

PHYSICS

U.A. Ualikhanova, Y.Y. Kurban, A.M. Syzdykova, A.B. Altaibayeva, G.S. Altayeva
Dynamical systems analysis of the Starobinsky cosmological model.....11

M.B. Zhassybayeva, Z. Myrzakulova, M. Abeuova
Darboux transformation for the two-layer M-LXXII equation.....24

G.K. Beketova, N.N. Zhanturina, Z.K. Aimaganbetova
Cs₂AgBiBr₆ double halide perovskites as advanced materials for high-efficiency solar cells.....38

L.I. Shestakova, R.R. Spassyuk
Spectral studies of the k-f corona interface at 5000–6000 Å.....52

A.Khazhidinova, A. Khazhidinov
On the issue of fuel consumption of a thermal power plant.....66

T.B. Koshtybayev, K.K. Zhantleuov, M.E. Aliyeva
Greens function in the theory of quantum fluids.....77

A.V. Serebryanskiy, Ch.B. Akniyazov, Ch.T. Omarov, S. Sittykova, D. Kadyrova
Analysis of lunar impact flashes statistics.....91

G.T. Omarova, Zh.T. Omarova
The Lagrange - Jacobi equation and its application to the N - body problem.....105

Zh. Muratkhan, M. Khassanov
Methods for estimation of stellar wind parameters in high-mass X-ray binary systems with neutron stars.....113

V. Mukamedenkyzy, A. Izbasar, A. Aqikat
Investigation of structured flows induced by concentration-driven convection in ternary gases systems.....127

K. Saurova, S. Nysanbaeva, G. Turlybekova
Modeling of the optical system of a star tracker for accurate spacecraft attitude determination.....140

CHEMISTRY

- B.S. Serikbayeva, M.S. Satayev, N.K. Sarypbekova**
Study of the electroplating process on polypropylene using a conductive layer.....157
- A.P. Auyeshov, Ch.Z. Yeskibayeva, A.K. Dikanbayeva**
Resource-efficient utilization of serpentinite waste for magnesium sulfate production.....172
- A.K. Kozybaev, Zh.D. Alimkulova, S.O. Abilkasova**
Kinetic and thermodynamic studies of heavy metal adsorption onto water-washed Ca-montmorillonite clay.....184
- A.Abdрахmanova, V. Krivchenko, A. Sabitova1, B. Kuderina**
DOL-enhanced electrolytes as a route to stable anodes in Li–V₂O₅ systems.....196
- B.K. Massalimova, A.S. Shayakhmetova, A.S.Darmenbayeva**
Water resources of Northern Kazakhstan: environmental monitoring and sustainable anagement.....208
- A. Rakhimov, N. Zhanikulov, B. Taimasov, E. Potapova, A.K. Sviderskiy**
Investigation of lead slag processing waste as raw material for cement industry.....227
- L.M. Kalimoldina, K.Zh. Zhalgasbayev, A.S. Dauletbayev**
Comparative study of industrial wastewater treatment methods.....241
- A. Nurlan, S.R. Konuspayev, T.S. Abildin, K. Toshtay**
Transformations of hydrocarbons during the hydrogenation of gasoline containing benzene.....256
- G.J. Baisalova, B.K. Yertay, A.A. Taltenov, P. Kuzhatova, G. Saspugayeva**
A quantitative determination of the phenol compounds sum in the thallus of *Parmelia sulcata*.....274
- B.E. Myrzabekov, A.B. Makhanbetov, T.E. Gaipov, B.S. Abzhalov, N.N. Nurgaliyev**
Electrochemical reduction of manganese (II) ions on titanium and lead electrodes.....286
- A.S. Darmenbayeva, G.M. Zhussipnazarova, R. Reshmy, Zh.B. Mukazhanova, V.A. Rube**
Biocoatings based on flax stem cellulose and their properties.....298

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

У.А. Уалиханова, Е.Е. Құрбан, А.М. Сыздыкова, А.Б. Алтайбаева, Г.С. Алтаева Старобинскийдің космологиялық моделін динамикалық жүйелер арқылы талдау.....	11
М.Б. Жасыбаева, Ж. Мырзақұлова, М. Абеуова Қос қабатты М-LXXII теңдеуі үшін дарбу түрлендіруі.....	24
Г.К. Бекетова, Н.Н. Жантурина, З.К. Аймағанбетова Cs ₂ AgBiBr ₆ қос галоидты перовскиттер: күн батареяларына арналған тиімділігі жоғары жаңа озық материалдары.....	38
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк 5000–6000 Å диапазонында k- және f-короналар арасындағы өтпелі аймақты спектрлік зерттеу.....	52
А. Хажидинова, А. Хажидинов Жылу электр станциясының отын тұтыну мәселесі.....	66
Т.Б. Қоштыбаев, К.Қ. Жантлеуов, М.Е. Алиева Кванттық сұйықтар теориясындағы Грин функциялары.....	77
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова Айдың беткі қабатына метеоридтардың соқтығысуын статистикалық тұрғыдазерттеу.....	91
Г.Т. Омарова, Ж.Т. Омарова Лагранж – Якоби тундеуі және оны N -денелі есепке қолдану.....	105
Ж. Мұратхан, М. Хасанов Нейтрон жұлдыздары бар массивті рентгендік екілік жүйелердегі жұлдыздық жел параметрлерін бағалау әдістері.....	113
В. Мукамеденқызы, А. Избасар, А. Ақиқат Үшкомпонентті газ жүйелеріндегі концентрациялық конвекцияның әсерінен құрылымдық ағындардың пайда болуын зерттеу.....	127
К. Саурова, С. Нысанбаева, Г. Турлыбекова Ғарыш аппараттарының ориентациясын нақты анықтау үшін жұлдыз сенсорының оптикалық жүйесін модельдеу.....	140

ХИМИЯ

Б.С. Серикбаева, М.С. Сагаев, Н.К. Сарыпбекова

Электрөткізгіш қабатты қолданып, полипропиленге гальваникалық қаптама алу процесін зерттеу.....157

А.П. Ауешов, Ч.З. Ескибаева, А.К. Диканбаева

Серпентинит қалдығынан магний сульфатын алудың техникалық-экономикалық зерттеуі.....172

А.К. Қозыбаев, Ж.Д. Әлімқұлова, С.О. Әбілқасова

Сумен жуылған са-монтмориллонит сазында ауыр металдардың сорбциясының кинетикасы мен термодинамикасы.....184

А. Абдрахманова, В. Кривченко, А. Сабитова, Б. КудеринаLi–V₂O₅ жүйесіндегі тұрақты анодтарға қол жеткізуге арналған DOL-мен модификацияланған электролиттер.....196**Б.К. Масалимова, А.С. Шаяхметова, А.С. Дарменбаева**

Солтүстік Қазақстанның су ресурстары: экологиялық мониторинг және ұтымды басқару.....208

А. Рахимов, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Е. Потапова, А.К. Свидерский

Цемент өнеркәсібі үшін шикізат ретінде қорғасын қожын өңдеу қалдықтарын зерттеу.....227

Л.М. Калимолдина, Қ.Ж. Жалғасбаев, А.С. Даулетбаев

Өнеркәсіптік сарқынды суларды тазартудың әдістерін салыстырмалы түрде зерттеу.....241

Ә. Нұрлан, С.Р. Конуспаев, Т.С. Абильдин, К. Тоштай

Құрамында бензол бар бензинді гидрлеу кезінде көмірсутектердің өзгеруі.....256

Г.Ж. Байсалова, Б.К. Ертай, А.А.Талтенов, П. Кужатова, Г.Е. Саспугаева*PARMELIA SULCATA* талломындағы фенолды қосылыстардың жиынтық мөлшерін сандық анықтау.....274**Б.Э. Мырзабеков, А.Б. Маханбетов, Т.Э. Гаипов, Б.С. Абжалов, Н.Н. Нұрғалиев**

Марганец (II) ионының титан және қорғасын электродында электрохимиялық тотықсыздануы.....286

А.С. Дарменбаева, Г.М. Жусипназарова, Р. Решми, Ж.Б. Мукажанова, В.А. Рубе

Зығыр сабағынан алынған целлюлоза негізіндегі биожабындар және олардың қасиеттері.....298



СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

У.А. Уалиханова, Е.Е. Курбан, А.М. Сыздыкова, А.Б. Алтайбаева, Г.С. Алтаева Анализ космологической модели старобинского с помощью динамических систем.....	11
М.Б. Жасыбаева, Ж. Мырзакулова, М. Абеуова Преобразование Дарбу для двухслойного уравнения M-LXXII.....	24
Г.К. Бекетова, Н.Н. Жантурина, З.К. Аймаганбетова Cs ₂ AgBiVg ₆ : двойные галоидные перовскиты как передовые материалы для высокоэффективных солнечных элементов	38
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк Спектральные исследования области перехода между К и F короной в диапазоне 5000–6000Å.....	52
А. Хажидинова, А. Хажидинов К вопросу о расходе топлива на тепловой электростанции.....	66
Т.Б. Коштыбаев, К.К. Жантлеуов, М.Е. Алиева Функции Грина в теории квантовых жидкостей	77
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова Исследование статистики ударов метеороидов о поверхность луны	91
Г.Т. Омарова, Ж.Т. Омарова Уравнение Лагранжа – Якоби и его применение к задаче N -тел.....	105
Ж. Муратхан, М. Хасанов Методы оценки параметров звездного ветра в массивных двойных рентгеновских системах с нейтронными звездами.....	113
В. Мукамеденкызы, А. Избасар, А. Акикат Исследование возникновения структурированных течений, обусловленных концентрационной конвекцией в трёхкомпонентных газовых системах.....	127
К. Саурова, С. Нысанбаева, Г. Турлыбекова Моделирование оптической системы звёздного датчика для точного определения ориентации космических аппаратов.....	140

ХИМИЯ

Б.С. Серикбаева, М.С. Сагаев, Н.К. Сарыпбекова

Исследование процесса гальванопокрытия на полипропилене с использованием электропроводного слоя.....157

А.П. Ауешов, Ч.З. Ескибаева, А.К. Диканбаева

Технико-экономическое исследование получения сульфата магния из серпентинитового отхода.....172

А.К. Козыбаев, Ж.Д. Алимкулова, С.О. Абилкасова

Кинетика и термодинамика сорбции тяжелых металлов на промытой водой кальциево-монтмориллонитовой глине.....184

А. Абдрахманова, В. Кривченко, А. Сабитова, Б. КудеринаDOL – модифицированные электролиты как путь к стабильным анодам в системах $Li-V_2O_5$196**Б.К. Масалимова, А.С. Шаяхметова, А.С. Дарменбаева**

Водные ресурсы Северного Казахстана: экологический мониторинг и устойчивое управление.....208

А. Рахимов, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Е. Потапова, А.К. Свицерский

Исследование отходов переработки свинцового шлака в качестве сырья для цементной промышленности.....227

Л.М. Калимолдина, К.Ж. Жалгасбаев, А.С. Дәулетбаев

Сравнительное исследование методов очистки промышленных сточных вод.....241

А. Нурлан, С.Р. Коңуспаев, Т.С. Абильдин, К. Тоштай

Превращения углеводов при гидрировании бензина, содержащего бензол.....256

Г.Ж. Байсалова, Б.К. Ертай, А.А.Талтенов, П. Кужатова, Г.Е. СаспугаеваКоличественное определение суммы фенольных соединений в талломе *PARMELIA SULCATA*.....274**Б.Э. Мырзабеков, А.Б. Маханбетов, Т.Э. Гайпов, Б.С. Абжалов, Н.Н. Нургалиев**

Электрохимическое восстановление ионов марганца (II) на титановом и свинцовом электродах.....286

А.С. Дарменбаева, Г.М. Жусипназарова, Р. Решми, Ж.Б. Мукажанова, В.А. Рубе

Биопокрытия на основе целлюлозы из стебля льна и их свойства.....298



ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES
ISSN 2224-5227
Volume 4.
Number 356 (2025), 208–226

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1483.395>

FTAXP 31.21.01; 87.15.91

ӨОК 556.04

©**B.K. Massalimova**^{1,*}, **A.S. Shayakhmetova**¹, **A.S.Darmenbayeva**², 2025.

¹M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan;

²M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan.

E-mail: bkmasalimova@ku.edu.kz

WATER RESOURCES OF NORTHERN KAZAKHSTAN: ENVIRONMENTAL MONITORING AND SUSTAINABLE MANAGEMENT

Massalimova Bakytgul — candidate of chemical sciences, professor, M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan,

E-mail: bkmasalimova@ku.edu.kz; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0135-9712>;

Shayakhmetova Altyn — candidate of Agricultural Sciences, associate professor, M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan,

E-mail: asshayahmetova@ku.edu.kz; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8446-7446>;

Darmenbayeva Akmaral — PhD in Chemistry, Associate Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology, M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan,

E-mail: maral88.ad@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2974-0398>.

Abstract. In the context of increasing anthropogenic pressure on water resources, climate change and increasing water scarcity, the issue of sustainable water resource management is of particular relevance for Northern Kazakhstan. The dominance of agriculture in the region's economy, the development of mining and mining production, and the deterioration of municipal infrastructure pose a significant threat to the quality and availability of fresh water, which in turn affects the stability of ecosystems and public health. Systematize modern technological solutions for environmental monitoring and water purification, as well as assess institutional and management mechanisms that ensure the rational use of water resources. A systematic literature review of domestic and foreign scientific publications, analysis of regulatory and legal documents, as well as a comparative assessment of modern technologies in the field of environmental monitoring and water purification were used as research methods. Satellite remote sensing, sensor networks, geoinformation systems, bioindication methods, and membrane, sorption, and biological purification technologies were considered. The practical significance is determined by the formation of scientifically based recommendations aimed at improving the water resources management system, reducing environmental risks, improving the quality of drinking water and protecting the health of the population of



Northern Kazakhstan. Based on the summarized data, the main challenges are identified and promising areas for the development of water technologies are identified, including digitalization, the use of artificial intelligence and an interdisciplinary approach. A conclusion is drawn about the need to integrate science, management and business to improve water security and public health in the region.

Keywords: water resources, environmental monitoring, rational water use, satellite remote sensing, water purification technologies, institutional management, digitalization, Northern Kazakhstan

Financing. *The study was conducted with the financial support of the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (BR28712227).*

©Б.К. Масалимова^{1*}, А.С. Шаяхметова¹, А.С. Дарменбаева², 2025.

¹М.Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті,
Петропавл, Қазақстан;

²М.Х.Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан.
E-mail: bkmasalimova@ku.edu.kz

СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ СУ РЕСУРСТАРЫ: ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГ ЖӘНЕ ҰТЫМДЫ БАСҚАРУ

Масалимова Бакытгуль — Химия ғылымдарының кандидаты, профессор, М.Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл, Қазақстан,

E-mail: bkmasalimova@ku.edu.kz; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0125>;

Шаяхметова Алтын — Ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, М.Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл, Қазақстан;

E-mail: asshayahmetova@ku.edu.kz; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8446-7446>;

Дарменбаева Ақмарал — Химия мамандығы бойынша PhD, М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, «Химия және химиялық технология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Тараз, Қазақстан, E-mail: maral88.ad@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2974-0398>.

Аннотация. Су ресурстарына түсетін антропогендік қысымның күшеюі, климаттың өзгеруі және су тапшылығының артуы жағдайында Солтүстік Қазақстан үшін су ресурстарын тұрақты басқару мәселесі ерекше өзектілікке ие. Аймақтың экономикасында ауыл шаруашылығының басым болуы, тау-кен өндірісінің дамуы және коммуналдық инфрақұрылымның тозуы тұрғындардың сапасы мен қолжетімділігіне елеулі қауіп төндіреді, бұл өз кезегінде экожүйелердің тұрақтылығына және халық денсаулығына әсер етеді. Осы шолу мақаласының мақсаты — Солтүстік Қазақстандағы су ресурстарының қазіргі жағдайын кешенді талдау, экологиялық мониторинг пен су тазартудың заманауи технологиялық шешімдерін жүйелеу, сондай-ақ су ресурстарын ұтымды пайдалануды қамтамасыз ететін институционалдық және басқарушылық тетіктерді бағалау. Зерттеу әдістері ретінде отандық және шетелдік ғылыми жарияланымдарға жүйелі әдеби шолу жүргізу, нормативтік-құқықтық құжаттарды талдау, сондай-ақ экологиялық

мониторинг пен су тазарту саласындағы заманауи технологияларды салыстырмалы бағалау қолданылды. Спутниктік қашықтықтан зондтау, сенсорлық желілер, геоақпараттық жүйелер, биоиндикация әдістері және мембраналық, сорбциялық, биологиялық тазарту технологиялары қарастырылды. Зерттеу нәтижелері су ресурстарын басқарудағы негізгі технологиялық, институционалдық және кадрлық қиындықтарды айқындап, цифрландыру мен жасанды интеллектті енгізудің жоғары әлеуетін көрсетті. Практикалық маңызы су ресурстарын басқару жүйесін жетілдіру, экологиялық тәуекелдерді төмендету, ауыз су сапасын жақсарту және Солтүстік Қазақстан халқының денсаулығын қорғауға бағытталған ғылыми-негізделген ұсынымдарды қалыптастырумен айқындалады. Қорытындыланған деректер негізінде негізгі қиындықтар белгіленіп, су технологияларын дамытудың перспективалы бағыттары, соның ішінде цифрландыру, жасанды интеллектті пайдалану және пәнаралық тәсіл анықталады. Аймақтағы су қауіпсіздігі мен қоғамдық денсаулықты жақсарту үшін ғылымды, басқаруды және бизнесті біріктіру қажеттілігі туралы қорытынды жасалды.

Түйін сөздер: су ресурстары, қоршаған ортаны бақылау, суды тиімді пайдалану, спутниктік қашықтықтан зондтау, суды тазарту технологиялары, институционалдық басқару, цифрландыру, Солтүстік Қазақстан

©**Б.К. Масалимова^{1*}, А.С. Шаяхметова¹, А.С. Дарменбаева², 2025.**

¹Северо-Казахстанский университет имени М.Козыбаева,
Петропавловск, Казахстан;

²Таразский университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан.
E-mail: bkmasalimova@ku.edu.kz

ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА: ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ И УСТОЙЧИВОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Масалимова Бакытгуль — Кандидат химических наук, профессор, Северо-Казахстанский университет имени М.Козыбаева, Петропавловск, Казахстан,

E-mail: bkmasalimova@ku.edu.kz; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0135-9712>;

Шаяхметова Алтын — Кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор, Северо-Казахстанский университет им. М. Козыбаева, г. Петропавловск, Казахстан,

E-mail: asshayahmetova@ku.edu.kz; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8446-7446>;

Дарменбаева Акмарал — PhD по химии, ассоциированный профессор кафедры «Химии и химической технологии» Таразского университета имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан,

E-mail: maral88.ad@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2974-0398>.

Аннотация. В условиях растущего антропогенного воздействия на водные ресурсы, изменения климата и усиливающегося дефицита воды вопрос устойчивого управления водными запасами приобретает особую значимость для Северного Казахстана. Доминирование сельского хозяйства в экономике региона, развитие горнодобывающей промышленности, а также деградация муниципальной инфраструктуры создают серьезные угрозы качеству и доступности пресной воды, что напрямую влияет на состояние экосистем и здоровье населения. *Цель данной*



обзорной статьи - провести всесторонний анализ современного состояния водных ресурсов Северного Казахстана, систематизировать передовые технологические решения в области экологического мониторинга и очистки воды, а также оценить институциональные и управленческие механизмы, обеспечивающие рациональное водопользование. *Методы исследования* включают систематический анализ отечественных и зарубежных научных публикаций, изучение нормативно-правовой документации, а также сравнительную оценку современных технологий мониторинга и очистки воды. Рассматривались спутниковое дистанционное зондирование, сенсорные сети, геоинформационные системы, методы биоиндикации, а также мембранные, сорбционные и биологические технологии очистки. *Результаты исследования* выявили ключевые технологические, институциональные и кадровые проблемы, затрудняющие эффективное управление водными ресурсами региона, а также продемонстрировали высокий потенциал цифровизации и использования искусственного интеллекта в сфере водных технологий. *Практическая значимость работы* заключается в разработке научно обоснованных рекомендаций, направленных на совершенствование системы управления водными ресурсами, снижение экологических рисков, улучшение качества питьевой воды и защиту здоровья населения Северного Казахстана. На основе полученных данных определены основные проблемы, тенденции и перспективные направления развития водных технологий, включая цифровизацию, внедрение искусственного интеллекта и междисциплинарный подход. Сделан вывод о необходимости интеграции науки, управления и бизнеса для повышения водной безопасности и обеспечения устойчивого развития региона.

Ключевые слова: водные ресурсы, экологический мониторинг, рациональное водопользование, спутниковое дистанционное зондирование, технологии очистки воды, институциональное управление, цифровизация, Северный Казахстан

Кіріспе. Соңғы онжылдықтарда жаһандық климаттың өзгеруі және антропогендік қысымның артуы жағдайында халықты жоғары сапалы су ресурстарымен қамтамасыз ету мәселесі өзекті болып келеді. БҰҰ-ның 2023 жылғы Дүниежүзілік су ресурстарын дамыту туралы есебіне сәйкес, бүгінде әлемде екі миллиардтан астам адам қауіпсіз ауыз су тапшылығына тап болуда, ал ағынды сулардың 80%-ға дейіні тиісті тазартусыз табиғи су айдындарына ағызылады, бұл су экожүйелерінің деградациясына және санитарлық-гигиеналық тәуекелдердің артуына әкеледі (UN-Water, 2023). Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымы сонымен қатар қауіпсіз емес судың жұқпалы және токсикологиялық аурулардың таралуында, әсіресе су тазарту инфрақұрылымы ластану деңгейі мен халықтың қажеттіліктерін қанағаттандырмайтын аймақтарда негізгі фактор болып қала беретінін атап өтеді. Бұл жаһандық үрдістер су ресурстарын бақылауға, тазартуға және ұтымды пайдалануға жаңа тәсілдерді әзірлеу қажеттілігін тудырады, бұл тек заманауи технологиялық стандарттарға ғана емес, сонымен қатар экожүйелердің тұрақты дамуын және адам денсаулығын қорғауды қамтамасыз етеді.

Солтүстік Қазақстандағы жағдай бірқатар жалпы жаһандық қиындықтарды көрсетеді, сонымен қатар өзіндік аймақтық ерекшеліктері бар. Аймақтың су экожүйелеріне ауыл шаруашылығын, өнеркәсіпті және халықты қолдауда маңызды рөл атқаратын өзендер, көлдер және жер асты сулы қабаттары кіреді. Сонымен қатар, көптеген зерттеулер Солтүстік Қазақстандағы су айдындарының экологиялық жағдайының нашарлауын, ең алдымен ауыр металдармен, агрохимиялық заттармен ластанумен және қалалық ағынды сулардың төгілуімен байланысты екенін көрсетті. Осындай динамика Орталық Азияның басқа да көптеген аймақтарында байқалады, онда гидрологиялық режимдердің өзгеруі, өзендердің таяздануы және температураның көтерілуі су ресурстарына қысым жасап, экологиялық тепе-теңдікті сақтауды қиындатады. Осылайша, Солтүстік Қазақстанның су экожүйелерінің жағдайын жеке-жеке емес, керісінше жер үсті және жер асты суларының осалдығын анықтайтын аймақтық және жаһандық процестер тұрғысынан қарастыру керек.

Осы қиындықтар аясында су ресурстарын ұтымды басқару қоршаған ортаны қорғау саясаты мен ғылыми зерттеулердің негізгі бағытына айналууда. Қазіргі үрдістер суды тиімді пайдалану жоғары технологиялық суды тазарту және сапаны бақылау әдістерін енгізбей мүмкін емес екенін көрсетеді. Мысалы, мембраналық сүзу әдістері және озық тотығу процестері химиялық және биологиялық ластаушы заттардың кең ауқымын жоюға мүмкіндік береді және жоғары сапалы суды тазартуды қамтамасыз ету үшін бүкіл әлемде кеңінен қолданылады (Zhang et.al., 2024).

Наноматериалдар технологияларының жедел дамуы ауыр металдарды, органикалық токсиканттарды және микроластаушы заттарды селективті түрде жою үшін жаңа мүмкіндіктер ашты, оларды дәстүрлі әдістер көбінесе тиімді түрде жоя алмайды (Saleem & Zaidi, 2020). Сонымен қатар, металдар мен радионуклидтерді алуда жоғары тиімділікті қамтамасыз ету үшін сорбциялық материалдар жетілдірілуде, бұл ауылшаруашылық және антропогендік эсерлері қарқынды аймақтар үшін өзекті. Мұның бәрі суды тазарту мен қайта пайдаланудың тұрақты модельдеріне көшудің негізін құрайды.

Дегенмен, технологиялық шешімдер сенімді суды бақылау жүйелерінсіз тиімді бола алмайды. Соңғы жылдары су сапасын бақылаудың сандық және автоматтандырылған әдістерінің, соның ішінде қашықтықтан зондтау, спутниктік бақылаулар, заттар интернеті (IoT) сенсорлық желілерінің және ластаушы заттардың химиялық құрамы мен динамикасы бойынша үлкен деректерді талдауға арналған машиналық оқыту әдістерінің қарқынды дамуы байқалды (Mohan et al., 2025). Бұл технологиялар, әсіресе, ластану нүктелерінің кеңістіктік таралуы мониторингтің жоғары тиімділігі мен дәлдігін талап ететін ауылшаруашылық аймақтарында сұранысқа ие болып келеді. Солтүстік Қазақстан үшін мұндай шешімдерді біріктіру ерекше құнды, себебі аймақ ластану көздерін жедел анықтау және су сапасының төмендеу қаупін болжау қажеттілігіне тап болуда.

Осылайша, Солтүстік Қазақстандағы су ресурстарын ұтымды басқару қоршаған ортаны талдауды, заманауи су тазарту технологияларын және көп деңгейлі

мониторинг жүйелерін біріктіретін кешенді тәсілді қажет етеді. Аймақтың су ресурстары халықтың өмір сүру сапасымен тығыз байланысты: ластанған су денсаулыққа қауіп төндіреді, әлеуметтік-экономикалық тәуекелдерді арттырады және тұрақты даму әлеуетін шектейді. Мысалы, зерттеулер судағы нитраттар мен ауыр металдардың болуы созылмалы және жедел аурулардың дамуына ықпал ететінін, су қауіпсіздігі мәселесін тек экологиялық қана емес, сонымен қатар әлеуметтік тұрғыдан да шешетінін көрсетеді (Ayejoto et al., 2021). Осы жағдайларда мониторинг және су тазарту жүйелерін ғылыми және технологиялық жанарту стратегиялық мақсатқа айналуда.

Бұл шолу Солтүстік Қазақстандағы су ресурстарының қазіргі жағдайын талдауға, суды бақылау және тазартудың қазіргі технологияларын зерттеуге және оларды тиімді енгізуге кедергі келтіретін негізгі қиындықтарды анықтауға бағытталған. Бұл жұмыстың ғылыми жаңалығы жаһандық ғылыми тәсілдерді аймақтық ерекшеліктермен біріктіруде, бұл су экосистемалерінің жағдайын кешенді бағалауға және оларды ұтымды пайдалану мен қорғаудың перспективасы аймақтарын анықтауға мүмкіндік береді. Зерттеудің маңыздылығы су ресурстарын басқару тиімділігін арттыру қоршаған ортаның тұрақтылығына, қоғамдық денсаулыққа және аймақтың тұрақты әлеуметтік-экономикалық дамуына тікелей әсер ететіндігімен байланысты.

Зерттеу материалдары. Зерттеу материалдары ретінде Солтүстік Қазақстан аймағындағы су ресурстарының жағдайын сипаттайтын отандық және шетелдік ғылыми жарияланымдар, халықаралық ұйымдардың (БҰҰ, Дүниежүзілік банк, ДДСҰ) аналитикалық есептері, сондай-ақ Қазақстан Республикасының нормативтік-құқықтық құжаттары пайдаланылды. Сонымен қатар зерттеуде гидрологиялық және экологиялық мониторинг деректері, оның ішінде «Қазгидромет» ұсынған ашық ақпарат көздері, спутниктік қашықтықтан зондтау материалдары және аймақтың негізгі су объектілері бойынша жинақталған статистикалық мәліметтер қолданылды. Материалдар Солтүстік Қазақстанның гидрографиялық, экологиялық және әлеуметтік-экономикалық ерекшеліктерін кешенді түрде бағалауға мүмкіндік берді.

Зерттеу әдістері. Зерттеу барысында жүйелі әдеби шолу әдісі қолданылып, су ресурстарын басқару, экологиялық мониторинг және су тазарту салаларындағы заманауи ғылыми еңбектерге талдау жүргізілді. Сонымен қатар нормативтік-құқықтық актілерді салыстырмалы талдау, экологиялық және технологиялық шешімдерді жіктеу, сондай-ақ алынған деректерді синтездеу және жалпылау әдістері пайдаланылды. Су ресурстарын мониторингілеу мен басқарудың заманауи тәсілдерін бағалау үшін спутниктік қашықтықтан зондтау, геоақпараттық жүйелер, сенсорлық желілер және цифрлық платформаларға негізделген шешімдерге шолу жасалды. Қолданылған әдістер аймақтық деңгейде су ресурстарын ұтымды басқарудың негізгі үрдістері мен перспективаларын айқындауға мүмкіндік берді.

Зерттеу нәтижелері және талқылау. Солтүстік Қазақстандағы су ресурстарының қазіргі жағдайы. Солтүстік Қазақстандағы су ресурстарының қазіргі жағдайы ерекше табиғи жағдайлар мен антропогендік қысымның артуының

үйлесімімен анықталады. Аймақ далалық және орманды дала аймағында орналасқан, салыстырмалы түрде төмен ылғалдылықпен және жыл аралық ағынның жоғары өзгергіштігімен сипатталады, бұл су ресурстарын табиғи түрде осал етеді. Үш өзен бассейні маңызды рөл атқарады: Есіл, Тобыл және Ертіс, сондай-ақ күрделі гидрографиялық желіні құрайтын көптеген шағын көлдер мен эндорейлік жүйелер. Қазақстанның су ресурстарына классикалық шолу солтүстік және солтүстік-шығыс аймақтарында ауыл шаруашылығын, өнеркәсіпті және елді мекендерді сумен қамтамасыз ететін, бірақ сонымен бірге климаттың ауытқулары мен экономикалық дамуға өте сезімтал шағын өзендер мен көлдердің тығыздығы жоғары екенін атап көрсетеді.

Есіл бассейні Солтүстік Қазақстанның су балансында орталық орын алады. Бұл негізінен Қазақстаннан басталатын жалғыз ірі трансшекаралық өзен, оның су ағысының ауданы шамамен 177 000 км² және ұзындығы шамамен 2450 км (Үәріуев, et al. 2025). Жакында жүргізілген зерттеулер Есіл бассейніндегі жер үсті суларының жалпы ресурстары орташа есеппен жылына шамамен 2,5 км³ болатынын көрсетеді, бірақ құрғақ кезеңдерде олар екі еседен астамға азаюы мүмкін, бұл ұзақ уақыт бойы төмен ағынға әкеледі.

Солтүстік аймақтарды ішінара қамтитын Тобыл-Торғай және Ертіс бассейндері трансшекаралық ағынның қайта бөлінуімен сипатталады, бұл аймақтың мемлекетаралық су ынтымақтастығына және келісілген су пайдалану режимдерін қабылдауға тәуелділігін арттырады.

Климаттың өзгеруіне және экономикалық белсенділікке өте сезімтал көл экожүйелері де маңызды. Солтүстік Қазақстан және оған іргелес Ақмола облысында Бурабай курорттық-рекреациялық кластері, Көкшетау қыратының эндорей көлдері және сумен жабдықтау мен суару үшін пайдаланылатын су қоймалары сияқты көптеген шағын және орта көлдер орналасқан. Бурабай көлінің егжей-тегжейлі зерттеулері оның гидрофизикалық және гидрохимиялық параметрлері ауа температурасының жоғарылауына және жауын-шашынның өзгеруіне жауап беретінін, су деңгейінің, минералдануының және жеке иондардың құрамының ауытқуы байқалатынын көрсетті.

Ақмола және Солтүстік Қазақстан облыстарындағы су айдындарына климаттың өзгеруінің гидрометеорологиялық әсерін бағалайтын жакында жүргізілген зерттеу 1986-2023 жылдар аралығындағы орташа жылдық температураның статистикалық тұрғыдан айтарлықтай өсуін, жеке көлдердің беткі ауданының азаюын және маусымдық су деңгейінің динамикасының өзгеруін анықтады (Yessenzholov et al. 2024). Бұл нәтижелер аймақтың көл-өзен жүйелерінің климаттық үрдістердің әсерінен қайта құрылымдалып жатқанын көрсетеді.

Жер асты сулары, әсіресе орталықтандырылған жүйелері дамымаған ауылдық жерлерде, ауыз сумен және тұрмыстық сумен жабдықтауда маңызды рөл атқарады. Қазақстанның су ресурстарына шолулар солтүстік аймақтарда су ағынының жылдамдығы мен сапасының айтарлықтай кеңістіктік гетерогенділігімен сипатталатын жабық және шектелмеген сулы горизонттардың кең таралғанын атап өтеді.

Сонымен қатар, ауылдық және шағын қалалардағы ауыз су сапасын зерттеу кейбір орталықсыздандырылған көздердің табиғи минералдану мен антропогендік әсерлерге байланысты санитарлық және химиялық стандарттарға сәйкес келмеу мәселесін көрсетеді. Бірге алғанда, бұл жер үсті және жер асты суларының өзара байланысты және бір мезгілде климаттық және экономикалық факторлардың әсеріне ұшырайтын күрделі көріністі жасайды.

Солтүстік Қазақстандағы судың ластануының негізгі көздері агроөнеркәсіптік кешенмен, қалалық ағынды сулармен және тау-кен өндірісімен байланысты. Дәнді дақылдарға бағытталған өсімдік шаруашылығы аймақ экономикасының айтарлықтай үлесін құрайды; минералды тыңайтқыштар мен өсімдіктерді қорғау құралдарын кеңінен қолдану диффузиялық ағынға әкеледі, бұл азот, фосфор және органикалық ластаушы заттарды су айдындарына тасымалдайды.

Әсіресе кәріз инфрақұрылымы нашар шағын қалалар мен ауылдарда қалалық ағынды сулар көбінесе жеткіліксіз тазартылады, бұл шағын өзендер мен көлдерге қоректік заттардың түсуін арттырады. Есіл өзені мен оның салалары бойында орналасқан өнеркәсіптік кәсіпорындар мен ауылшаруашылық өңдеу кәсіпорындары да өз үлесін қосады.

Ауыр металдар су эокожүйелерінің антропогендік ластануының ең қауіпті компоненттерінің бірі болып саналады. Қазақстанның жер үсті суларындағы металл деңгейінің ұзақ мерзімді мониторингі «Heavy metals» блогына негізделген аймақтық су сапасының жіктемесін әзірлеуге мүмкіндік берді, оған сәйкес кадмий, мырыш, мыс және марганец көбінесе шектеуші көрсеткіштер болып табылады, бұл су айдынын төмен сапалық класқа жатқызады Солтүстік және шығыс аймақтардағы ірі көлдер мен су қоймалары үшін ауыр металдардың су бағанында да, түбіндегі шөгінділерде де, су организмдерінде де жиналатыны, бұл ұзақ мерзімді экологиялық қауіп төндіретіні көрсетілген (Krupa et.al. 2020).

Фондық ластанудың маңызды көрсеткіші болып табылатын солтүстік-шығыс Қазақстандағы қар жамылғысында өнеркәсіптік орталықтар мен көлік дәліздерінің жанында қорғасын, мыс және никельдің жоғары концентрациясы анықталды, бұл атмосфералық көліктің жер үсті және жер асты суларын лақтаудағы рөлін көрсетеді (Faurat et.al. 2025).

Нитраттардың ластануы ауыл шаруашылығы жерлерін қарқынды пайдаланумен және ағынды суларды нашар басқарумен тығыз байланысты, бұл ерекше қиындық тудырады. Қазақстанның қалалық және ауылдық жерлеріндегі ауыз су сапасын зерттеу бірқатар аймақтарда нитрат концентрациясы рұқсат етілген шекті деңгейге жақындайтынын және кейбір жағдайларда олардан асып түсетінін, әсіресе балалар мен жүкті әйелдердің денсаулығына қауіп төндіретінін көрсетеді.

Жер асты суларындағы лақтаушы заттардың кеңістіктік таралуын талдау нитрат деңгейінің жоғары болуы қарқынды ауыл шаруашылығы және нашар кәріз инфрақұрылымы бар аудандарда, сондай-ақ жеке құдықтар арқылы пайдаланылатын таяз сулы қабаттарда тән екенін көрсетеді (Beisenova et.al. 2025). Бұл деректер әсіресе солтүстік аймақтар үшін өзекті, онда ауыл халқының көп бөлігі сумен жабдықтау үшін жергілікті жер асты су көздеріне сүйенеді.

Климаттың өзгеруі су ресурстарының тапшылығы мен сапасының бар проблемаларын ушықтыруда. Ақмола және Солтүстік Қазақстан облыстарындағы көлдер мен су қоймалары бойынша талданған ұзақ мерзімді бақылау деректері орташа жылдық температураның көтерілуін және жауын-шашынның таралуының өзгеруін көрсетеді, бұл кейбір су қоймаларындағы су деңгейінің төмендеуіне, су бетінің ауданының азаюына және ағынды кезеңдердің ұзақтығының артуына әкеледі (Yessenzholov et.al. 2024).

Есіл бассейні үшін ағынның азаюы климаттық үрдістермен де, ауыл шаруашылығы мен сумен жабдықтау үшін су алудың артуымен де байланысты екені анықталды, бұл аймақты елдегі су тапшылығына ең осал аймақтардың біріне айналдырады.

Орталық Азияға арналған стратегиялық шолуларда температураның көтерілуі, жиі болатын құрғақшылық және қатты су тасқыны алдағы онжылдықтарда Қазақстанның солтүстік және шығыс аймақтарында су ресурстарына қысымды арттыратыны атап өтілген (Abdullaev et.al. 2025).

Солтүстік Қазақстандағы су ресурстарын басқарудың негізін негізінен заңнамалық база мен мемлекеттік бағдарламалар анықтайды. Қазақстан Республикасының Су кодексінде бассейндік басқару принципі, жер үсті және жер асты суларын тиімді пайдалану талаптары, сондай-ақ ауыз су көздері үшін суды қорғау аймақтары мен санитарлық қорғау белдіктерін белгілеу бекітілген. 2021 жылғы Қазақстан Республикасының Экологиялық кодексі ірі табиғи ресурстарды пайдаланушылар үшін кешенді экологиялық рұқсат беру механизмін, сондай-ақ жер үсті және жер асты суларын қорғауға, ағынды суларды төгуге және суды қорғау аймақтарындағы қызметке қойылатын нақты талаптарды енгізу арқылы су заңнамасын толықтырады.

2025 жылы су секторын ауқымды жаңғыртуға, су үнемдейтін технологияларды енгізуге және суару және коммуналдық жүйелердегі су шығындарын бақылауды күшейтуге бағытталған жаңа Су кодексіне қол қойылды, бұл солтүстік ауылшаруашылық аймақтарына тікелей әсер етеді.

Бұл құжаттарды біріктіріп алғанда, суды тиімді пайдалану және климаттың өзгеруіне бейімделу бойынша ұлттық және аймақтық бағдарламалар Солтүстік Қазақстандағы су ресурстарын қорғаудың институционалдық негізін жасайды. Дегенмен, гидрохимиялық және гидрологиялық зерттеулердің нәтижелері реттеуші талаптар мен су нысандарының нақты жағдайы арасындағы алшақтықты көрсетеді. Бұл алшақтықты жою үшін инфрақұрылымды жаңғырту, мониторингті күшейту және өзен бассейні деңгейінде кешенді су ресурстарын басқару қағидаттарын кеңінен енгізу қажет.

Су ресурстарын ұтымды пайдалану және мониторингілеудің технологиялық және институционалдық шешімдері. Солтүстік Қазақстандағы су ресурстарын ұтымды пайдалану және олардың қоршаған ортаны бақылауы технологиялық және институционалдық шешімдерді бір мезгілде әзірлеуді талап етеді. Бұл аймақ құрғақ климаттың, жер үсті және жер асты суларының біркелкі емес таралуының және ауыл шаруашылығы, өнеркәсіп және қала құрылысы тарапынан қысымның

артуымен сипатталады. Дүниежүзілік банктің мәліметтері бойынша, Қазақстан әлі де елеулі инфрақұрылымдық шектеулерге тап болып отыр: ауылдық жерлерде орталықтандырылған ауыз суға қолжетімділік 63%-дан төмен, ал кәрізге қолжетімділік 2%-дан аз, жиналған ағынды сулардың тек аз ғана бөлігі тиісті түрде тазартылады.

Осы жағдайларда суды ұтымды пайдалану енді суды алуды азайтумен шектелмейді; ол интеграцияланған мониторинг жүйелерін құруды, тиімді суды тазарту және қайта пайдалану технологияларын енгізуді, нормативтік база мен экономикалық ынталандыруды әзірлеуді қамтиды. Негізгі бағыттардың бірі - эпизодтық өлшеулерден қашықтықтан зондтау, автоматтандырылған сенсорлық желілер, географиялық ақпараттық жүйелер (ГАЗ), биоиндикация әдістері және заманауи цифрлық деректерді өңдеу платформаларын интеграциялауға негізделген кешенді қоршаған ортаны бақылауға көшу. Қазгидромет Республикасының Ұлттық гидрологиялық қызметі 377 гидрологиялық бекеттен (329 өзен, 38 көл және 10 теңіз бекеті мен станциясы) тұратын мониторинг желісін дамытуда және оны су деңгейінің, ағынды сулардың және басқа да параметрлердің күнделікті жаңартылып отыратын интерактивті гидрологиялық мониторинг картасымен қамтамасыз етіп отыр. Бұл спутниктік бақылаулар мен жергілікті су сапасының сенсорларын қоса алғанда, басқа деректер көздерімен интеграциялауға негіз қалайды.

Қашықтықтан зондтау деректері (Sentinel-2, Landsat-8 және т.б.) маңызды рөл атқарады, бұл су бетінің ауданының динамикасын, судың түсін, қалқымалы қатты заттардың мөлшерін және жанама түрде су айдындарының эвтрофикациясы мен шөгінділерін бағалауға мүмкіндік береді. Орталық Азиядағы халықаралық жобалар 10-20 жыл ішіндегі спутниктік деректер жиынтығы көл ауданының азаюы мен батпақты жерлердің деградациясы үрдістерін, сондай-ақ су тапшылығы қаупі жоғары аймақтарды анықтай алатынын көрсетеді (Tesch, 2020).

Қазгидрометтің жер үсті желісінің деректерімен және климаттық болжамдармен бірге бұл су ресурстарын белсенді басқарудың негізін құрайды. Сонымен қатар, су сапасын нақты уақыт режимінде бақылау үшін автоматтандырылған сенсорлық желілер жасалуда. Мұндай желілерге өзендердің, көлдердің және су қоймаларының негізгі учаскелерінде орнатылған температура, рН, электр өткізгіштік, еріген оттегі, лайлылық және басқа параметрлер үшін сенсорлар кіруі мүмкін. Қазақстанда әзірленіп жатқан интерактивті жер үсті суларының сапасы карталары мен гидромониторинг дерекқорлары индикаторлардың кеңістіктік және уақыттық таралуын визуализациялауға және су сапасының нашарлауына жедел жауап беруге мүмкіндік береді.

Келесі қадам - гидрологиялық, климаттық, жер және әлеуметтік-экономикалық деректерді бірыңғай аналитикалық платформаларға біріктіру үшін геоақпараттық жүйелер(ГАЗ)технологияларын пайдалану. Қазақстандағы БҰҰДБ су ресурстарын басқару бағдарламасы су ресурстарын басқаруға жүйелік тәсіл фрагменттелген шешімдерден су айналымын толығымен қамтитын интеграцияланған цифрлық платформаларға - көзден тұтынушыға және ағынды сулардың қоршаған ортаға

қайтарылуын қамтитын интеграцияланған цифрлық платформаларға көшуді талап ететінін атап көрсетеді. Бұл тәсіл ауыл шаруашылығының, өнеркәсіптің және урбанизацияның жиынтық әсерін ескеруге, суды пайдалану сценарийлерін модельдеуге және климаттың өзгеруіне бейімделудің әртүрлі шараларының тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді.

Физикалық-химиялық мониторингтен басқа, биоиндикацияның рөлі артып келеді. Орталық Азиядағы су айдындары бойынша жүргізілген бірнеше зерттеулер фитопланктонның, макрофиттердің және бентос омыртқасыздарының түр құрамы ауыр металдар мен қоректік заттардың ұзақ мерзімді ластануына сезімтал екенін және зертханалық мониторинг ресурстары шектеулі болғандықтан экожүйенің денсаулығын кешенді бағалау үшін пайдаланылуы мүмкін екенін көрсетті (Tesch, 2020). Сонымен қатар, су сапасының индекстерін (WQI) болжау және суларды ластану деңгейі бойынша жіктеу үшін машиналық оқыту және терең оқыту әдістерін пайдалануға қызығушылық артып келеді. Wang et al. (2023) шолулары нейрондық желілерге, кездейсоқ ормандарға және градиенттің күшеюіне негізделген модельдер су сапасының өзгерістерін дәл болжай алатынын және осылайша қауіптер туралы ерте ескертудің негізі бола алатынын көрсетеді. Бұл тәсілдерді негізгі мониторинг технологияларын, олардың қолданылу салаларын және негізгі артықшылықтарын жүйелейтін жиынтық кестеде ыңғайлы түрде қорытындылауға болады.

1-кестеде келтірілген деректер Қазақстанда да, басқа жерлерде де қолданылатын қоршаған ортаны бақылаудың негізгі технологиялық тәсілдерін қорытындылайды.

Кесте қашықтықтан зондтау, сенсорлық желілер және ГАЗ технологияларының заманауи су ресурстарын бақылау жүйелерінің негізіне айналып келе жатқанын және су ресурстарын басқару үшін жоғары дәлдіктегі және уақтылы ақпарат алуға мүмкіндік беретінін көрсетеді.

Кесте 1. Заманауи су ресурстарын бақылау технологиялары

Технология	Негізгі қолданылуы	Негізгі артықшылықтары
Спутниктік қашықтықтан зондтау (Sentinel-2, Landsat-8)	Су деңгейінің және беткі ауданының динамикасы, беткі суларды бағалау	Кеністіктік қамту, ретроспективті талдау
Автоматтандырылған сенсорлық желілер	Нақты уақыт режимінде су сапасын бақылау	Үздіксіз мониторинг, жоғары уақытша ажыратымдылық
Интерактивті ГАЗ платформалары	Су ресурстары мен жүктеме көзі деректерін интеграциялау	Шешімдерді қолдау, сценарийлерді талдау
Биоиндикация	Су экожүйелерінің ұзақ мерзімді бағалауы	Созылмалы ластануға жоғары сезімталдық
Жасанды интеллект/ машиналық оқыту модельдері	Су сапасының индексі және ластану класын болжау	Ерте ескерту мүмкіндігі

Су ресурстарын тиімді пайдаланудың технологиялық шешімдері тек бақылаумен шектелмейді. Тұщы су тапшылығы мен қайтарылатын ағынның жоғары үлесін ескере отырып, тиімді суды тазарту және қайта пайдалану

технологиялары ерекше маңызды. Mahmood et.al. (2022) Орталық Азия елдеріндегі ағынды суларды тазарту бойынша шолуында дәстүрлі аэрация цистерналары мен тұрақтандыру тоғандарымен қатар, суды суару және өнеркәсіптік мақсаттарда қауіпсіз қайта пайдалануға бағытталған мембраналық технологиялар, сорбция, озық биореакторлар және аралас тазарту схемалары біртіндеп енгізіліп жатқаны көрсетілген.

Мембраналық технологиялар — кері осмос, нанофилтрация және ультрафилтрация — еріген тұздардың, органикалық ластаушы заттардың және кейбір микроластаушы заттардың терең жойылуын қамтамасыз етеді және ауыз суды тазарту жүйелерінде де, өнеркәсіптік қайта айналымда да қолданылады. (Radelyuk et.al. 2021) жұмыстарында қазақстандық мұнай өңдеу зауыттарын мысал ретінде пайдалана отырып, мембраналық қондырғылар мен суды интеграциялау схемаларын біріктіру тұщы суды қабылдауды және ағынды суларды ағызуды айтарлықтай азайта алатынын, сонымен бірге процестің сенімділігін арттыра алатынын көрсетті.

Сорбциялық материалдар суды тазартудың ең қолжетімді және үнемді құралдарының бірі болып қала береді. Белсендірілген көмірлер, табиғи цеолиттер және модификацияланған минералды сорбенттер ауыр металл иондарын, органикалық бояғыштарды және микроластаушы заттарды кетіру үшін кеңінен қолданылады (Kesari et.al., 2021). Соңғы жылдары нанокөмірлік сорбенттер (мысалы, кеуекті тіректерге имобилизацияланған магнетит нанобөлшектері) белсенді түрде зерттелді. Олар жоғары сорбциялық сыйымдылық пен селективтілікті, сондай-ақ магниттік бөлу арқылы оңай қалпына келуді қамтамасыз етеді.

Биологиялық тазарту әдістері, соның ішінде дәстүрлі аэрациялық цистерналар, биосүзгілер және салынған батпақты жерлер, ресурстары шектеулі шағын қауымдастықтар мен ауылшаруашылық аймақтары үшін ерекше маңызды. Орталық Азия елдерінің талдауы тұрақтандыру тоғандары мен салынған батпақты жерлер аумақ пен гидравликалық режим дұрыс таңдалған жағдайда минималды энергия мен күтімді қажет ететін ең тиімді шешімдердің бірі болып қала беретінін көрсетеді (Vrih, 2020). Мұндай жүйелерді муниципалдық ағынды суларды тазартудан кейінгі және су айдындарындағы қоректік заттардың жүктемесін азайту үшін пайдалануға болады. Тұтастай алғанда аймақ бойынша жүргізілген зерттеулердің нәтижелері суды тазарту және қайта пайдалану технологияларын екінші жиынтық кесте түрінде жүйелеуге мүмкіндік береді.

2-кестеде Солтүстік Қазақстан жағдайына қолданыла алатын ең перспективалы суды тазарту және қайта пайдалану технологияларын жүйелеу көрсетілген.

Кесте 2. Суды тазарту және қайта пайдаланудың негізгі технологиялары

Технология	Типтік қолданылуы	Негізгі артықшылықтары
Кері осмос, нанофилтрация	Ауыз суын тазарту, өнеркәсіптік ағынды суларды қайта өңдеу	Тұздар мен органикалық заттарды терең тазарту
Ультрафилтрация	Алдын ала тазарту, аспалы қатты заттар мен коллоидтарды жою	Жоғары өнімділік

Сорбциялық материалдар	Ауыр металдарды, органикалық заттарды және микроластаушы заттарды жою	Төмен құны, пайдаланудың қарапайымдылығы
Нанокөпестіткік сорбенттер	Арнайы ластаушы заттарды өңдеуден кейін	Жоғары селективтілік және қалпына келу мүмкіндігі
Биореакторлар, аэрация цистерналары	Қалалық және өнеркәсіптік ағынды сулар	Дәлелденген, сенімді технология
Құрылған батпақты жерлер	Шағын қалалар, ауылшаруашылық аймақтары	Төмен пайдалану шығындары, табиғи қасиеттері
Қайта пайдалану схемалары	Өнеркәсіптік сумен жабдықтау, суару	Су алуды және су айдындарына түсетін жүктемені азайту

Ұсынылған шешімдер — мембраналық сүзгілеуден бастап биологиялық әдістерге дейін — суды тұтынуды азайту, антропогендік жүктемелерді азайту және суды басқару жүйелерінің тұрақтылығын арттыру әлеуетін көрсетеді.

Қазақстан өнеркәсібіндегі суды басқару тәжірибесі мембраналық технологиялардың үйлесімі, зауыттың су балансын оңтайландыру және тазартылған суды қайта пайдалану суды басқару көрсеткіштерін айтарлықтай жақсарту алатынын көрсетеді. Атап айтқанда, мұнай өңдеу зауыттары бойынша зерттеулер кешенді суды басқару схемаларын енгізу және өнеркәсіпте тұрақты суды пайдалану тұжырымдамаларын қолдану арқылы жалпы су тұтыну мен ағызу көлемін азайту мүмкіндігін атап өтті. Дегенмен, тіпті ең тиімді технологиялар да тиісті институционалдық негізсіз осал болып қала береді. Қазақстан Республикасының Су кодексі және Экологиялық кодекс суды ұтымды пайдаланудың құқықтық негізін құрайды, суды алу, ағынды суларды ағызу, көздерді санитарлық қорғау және ең жақсы қолжетімді технологияларды енгізу талаптарын белгілейді.

Соңғы жылдары бассейндік кеңестер, ведомствоаралық үйлестіру механизмдері және жергілікті әкімдіктердің қатысуымен жүзеге асырылатын кешенді су ресурстарын басқаруға (СРБ) баса назар аударылуда. БҰҰ-ның 6-шы тұрақты даму мақсаты («Таза су және санитария») қоса алғанда, аймақтық және халықаралық құжаттар қауіпсіз су мен санитарияға жалпыға қолжетімділікті қамтамасыз ету, тазартылмаған ағынды сулардың үлесін азайту және қайта пайдалануды арттыру үшін бағдарлар белгілейді.

Қазақстан «Жасыл көпір» бағдарламасы және БҰҰДБ мен Азия даму банкі жобалары сияқты халықаралық бастамаларға белсенді түрде қатысып келеді, олар ағынды суларды тазарту қондырғыларын жаңғыртуға, орталықсыздандырылған тазарту технологияларын енгізуге және суды қайта пайдалану жобаларын көрсетуге бағытталған.

Сонымен қатар, Дүниежүзілік банк су инфрақұрылымын ауқымды жаңғырту және тарифтік саясатты қайта қарау қажеттілігін атап көрсетеді, себебі қолданыстағы тарифтер көбінесе инфрақұрылымға салынған инвестицияларды өтемейді және суды үнемдеуді ынталандырмайды. Бұл институционалдық және экономикалық шараларды үшінші кестеде қысқаша жүйелеуге болады.

3-кесте суды тиімді пайдаланудың негізгі институционалдық және

экономикалық құралдарын құрылымдауға мүмкіндік береді. Онда Қазақстандағы тұрақты су саясатының негізін құрайтын мемлекеттік органдардың, халықаралық бастамалардың және экономикалық тетіктердің рөлі көрсетілген.

Кесте 3. Суды тиімді пайдаланудың институционалдық және экономикалық механизмдері

Механизм	Негізгі мазмұны	Күтілетін әсер
ҚР Су кодексі	Су алуды және ағызуды реттеу, су айдындарын қорғау	Тұрақты суды пайдаланудың заңнамалық негізі
ҚР Экологиялық кодексі	Кешенді экологиялық рұқсат беру және мониторинг	Ең үздік тәжірибелерді енгізуге арналған ынталандырулар
Бассейндік кеңестер және Су ресурстарын басқару және ресурстарды басқару жөніндегі халықаралық ұйым	Салалар мен аумақтар бойынша үйлестіру	Қақтығыстарды азайту және кешенді жоспарлау
Халықаралық бағдарламалар (БҰҰДБ, АДБ, Жасыл көпір)	Қаржыландыру, технологияларды беру, оқыту	Тазарту мен мониторингті жеделдетілген жанартулар
Тарифтік және экономикалық саясат	Экотарифтер, сараланған су төлемдері	Суды үнемдеу және қайта пайдалану үшін ынталандырулар
Тұрақты даму мақсаттары 6 және Тұрақты даму мақсаттары туралы есеп беру	Халықаралық деңгейдегі прогресті бақылау	Су қауіпсіздігі мәселелеріне назар аудару

Соңында, технологиялық және институционалдық шешімдер суды пайдаланудың экономикалық және әлеуметтік аспектілерімен сөзсіз байланысты. Солтүстік Қазақстанда, халықтың айтарлықтай бөлігі ауылдық жерлерде тұратындықтан, сапалы суға қол жеткізу тек қоғамдық денсаулықты ғана емес, сонымен қатар ауыл шаруашылығының тұрақтылығын, көші-кон үрдістерін және әлеуметтік тұрақтылықты да анықтайды. Дүниежүзілік банктің бағалауы сумен жабдықтау және кәріз жүйелеріне қосылудың төмен деңгейі үй шаруашылықтарының осалдықтарын арттыратынын және тек инженерлік шешімдерді ғана емес, сонымен қатар субсидияланған қосылымдарды, тарифтердің ашықтығын арттыруды және жергілікті қауымдастықтардың су ресурстарын басқаруға қатысуын қоса алғанда, мақсатты әлеуметтік бағдарламаларды қажет ететінін атап көрсетеді.

БҰҰДБ талдауында көрсетілген Қазақстандағы суды басқаруға заманауи тәсілдер дағдарыстарға (құрғақшылық, су тасқыны, ағынды суларды тазарту қондырғыларының істен шығуы) реактивті жауап беруден деректерге негізделген алдын алу және бейімделгіш басқаруға ауысуды ұсынады.

Бұл жоғарыда сипатталған суды бақылау, тазарту және қайта пайдалану технологияларын оқшауламай, керісінше, нормативтік базамен, экономикалық ынталандырулармен және қоғамның қатысуымен қолдау табатын бірыңғай жүйенің элементтері ретінде қарастыру керек дегенді білдіреді. Климаттың өзгеруіне осалдығы және тұщы су ресурстарының шектеулі болуымен Солтүстік Қазақстан үшін технологиялық, институционалдық, экономикалық және әлеуметтік шешімдердің бұл үйлесімі ұзақ мерзімді су қауіпсіздігін қамтамасыз ету және қоғамдық денсаулықты сақтау үшін маңызды.

Су ресурстарын ұтымды басқарудағы қиындықтар мен перспективалар. Су ресурстарын тиімді басқару бүгінгі таңда тұрақты суды пайдалануға қол жеткізуді айтарлықтай қиындататын көптеген кедергілерге тап болуда. Солтүстік Қазақстан және тұтастай алғанда Қазақстан жағдайында бұл кедергілер - технологиялық, қаржылық, институционалдық және адами ресурстар - әсіресе өткір. Жақында жүргізілген зерттеулер ғылымды, басқаруды және бизнес секторын қамтитын кешенді, пәнаралық тәсіл ғана бұл шектеулерді жеңіп, цифрландыру мен жасанды интеллекттің (ЖИ) әлеуетін суды басқаруға біріктіре алатынын көрсетеді.

Технологиялық кедергілерге инфрақұрылымның тозуы, автоматтандырудың төмен деңгейі және цифрлық технологиялардың шектеулі енгізілуі жатады. Қазақстанда каналдардағы су шығыны 50-60%-ға жетті, ал суды тұтыну мен тұтыну көбінесе ескірген әдістермен өлшенеді, бұл ресурстарды ашық басқаруға кедергі келтіреді.

Қаржылық шектеулер сумен жабдықтау және тазарту жүйелерін жаңғыртуға капиталдық инвестицияларға да, интеллектуалды мониторинг жүйелерінің жұмысына да әсер етеді. Институционалдық кедергілерге басқарудың бөлшектенуі, агенттіктер арасындағы әлсіз үйлестіру және су, ауылшаруашылық және өнеркәсіп салаларының жеткіліксіз интеграциясы жатады. Karatajev et.al. (2017) шолуы Қазақстанда каналдар арқылы су жеткізу тиімділігі дамыған елдерде 70-90% болса, тек 15-20% екенін атап өтті.

Адам ресурстарының шектеулеріне сандық су технологиялары, су құқығы және су ресурстарын басқару жүйелері саласындағы мамандардың жетіспеушілігі, сондай-ақ зерттеулер мен тәжірибе арасындағы әлсіз байланыстар жатады. Бұл кедергілерді жену үшін ғылыми деректер, басқару процестері және бизнес модельдері синергетикалық түрде жұмыс істейтін пәнаралық тәсілге көшу қажет. Атап айтқанда, цифрлық стартаптар, венчурлық капитал инвестициялары және университеттер мен өнеркәсіп арасындағы ынтымақтастық Қазақстандағы су инновацияларының экожүйесін қалыптастыра бастады: мысалы, Astana Hub экожүйесі су секторы үшін шешімдер әзірлейтін стартаптарды қолдайды.

Су сапасын болжауға жасанды интеллект пен машиналық оқытуды қолдану бойынша ғылыми зерттеулер деректерді, басқаруды және бизнесті біріктіру арқылы ғана маңызды нәтижелерге қол жеткізуге болатынын атап көрсетеді. Сондықтан ғылыми мекемелер, реттеуші органдар және кәсіпкерлер аймақтың қажеттіліктеріне бейімделген басқарылатын, деректерге негізделген жүйелерді құру үшін бірлесіп жұмыс істеуі керек.

Су жүйелерін цифрландыру және жасанды интеллектті қолдану тұрақты басқару үшін жаңа мүмкіндіктер ашады. Krishnan et.al. (2022) мақаласында IoT сенсорларына, бұлттық платформаларға және терең оқытуға негізделген ақылды суды басқару жүйелері жергілікті деңгейде дұрыс конфигурацияланған кезде су тұтынуды азайтып, ресурстарды бөлуді оңтайландыра алатынын атап көрсетеді.

Қазақстан жер үсті және жер асты сулары бойынша жасанды интеллектке негізделген деректерді қамтитын су ресурстарын басқарудың бірыңғай цифрлық платформасын құрғанын жариялады. Дегенмен, цифрлық технологиялардың өзі

әмбебап шешім емес екенін атап өту маңызды: олар тиісті инфрақұрылымды, бақылауды және басқару саясатына интеграцияны қажет етеді.

Өңірлік озық су технологияларын енгізу әлеуеті айтарлықтай. Суды қайта пайдалану үлесін арттыру, сумен жабдықтау жүйелерін жаңғырту және интеллектуалды мониторингті енгізу сумен жабдықтаудың тұрақтылығын айтарлықтай жақсартып, экожүйелерге түсетін жүктемені азайта алады. Атап айтқанда, тазарту және қайта пайдалану технологиялары арқылы ауыз судың сапасын жақсарту ауыр металдар мен нитраттардың ластануымен байланысты созылмалы аурулардың қаупін азайта алады. Мысалы, цифрлық мониторинг арқылы қолдау көрсетілетін жер асты және орталықсыздандырылған сумен жабдықтау жүйелерінің үлесін арттыру ауыл тұрғындарының су қауіпсіздігін жақсарта алады. Аймақтың ауыл шаруашылығы мен су өндіруге жоғары тәуелділігін ескере отырып, технология мен мониторинг тек инженерлік шешімнен де артық нәрсеге айналуға; олар әлеуметтік және денсаулық сақтау факторы болып табылады. Климаттың өзгеруі және суға деген стресстің артуы жағдайында мұндай жүйелерді енгізу стратегиялық басымдық болып табылады.

Солтүстік Қазақстандағы су ресурстарын тұрақты басқарудағы қиындықтар айтарлықтай: ескірген инфрақұрылым, әлсіз институционалдық үйлестіру, кадрлардың жетіспеушілігі және технологиялық артта қалушылық. Дегенмен, цифрландырумен, жасанды интеллектпен, ғылымды, бизнесті және басқаруды интеграциялаумен, сондай-ақ су инфрақұрылымын технологиялық жаңғыртуға байланысты перспективалар суды тұрақты пайдалануға нақты жол ашады. Келесі ұсыныстар ұсынылады:

– Инфрақұрылымды жаңғыртуды және цифрлық мониторинг жүйелерін енгізуді жеделдету.

– Ғылым, бизнес және үкімет арасындағы пәнаралық платформаларды және ынтымақтастықты дамыту.

– Суды тұтынуды оңтайландыру және ерте тәуекелдер туралы ескерту үшін жасанды интеллект пен деректерді талдауды белсенді түрде енгізу.

– Суды қайта пайдалану технологиялары мен орталықсыздандырылған сумен жабдықтау жүйелерінің аймақтық пилоттық жобаларына назар аудару, олардың қоғамдық денсаулыққа әсерін бағалау.

– Инновациялық жүйелерді қаржыландыруды, пайдалануды және күтіп ұстауды қамтамасыз ету үшін кадрларды оқытуды және нормативтік-құқықтық базаны күшейту.

Бұл шаралардың сәтті үйлесімі аймақтың су секторын сапалы жаңа деңгейге көтеруге, халықтың экологиялық, әлеуметтік және денсаулық сақтау тұрақтылығын жақсартуға және Қазақстанның басқа аймақтарына қолданылатын модель жасауға мүмкіндік береді.

Қорытынды. Солтүстік Қазақстандағы су ресурстарын ұтымды басқару ғылыми деректерді, заманауи технологияларды және тиімді институционалдық механизмдерді біріктіретін жүйелік тәсілді қажет етеді. Бұл шолу аймақтың бірнеше өзара байланысты қиындықтарға тап болатынын көрсетеді: жер үсті

және жер асты суларының біркелкі емес таралуы, антропогендік жүктемелердің артуы, климаттың өзгеруінің әсері, инфрақұрылымдық және басқару шектеулері. Бұл факторлар цифрландырудың жеткіліксіздігімен, тазарту қондырғыларының тозуымен және мамандандырылған кадрлардың жетіспеушілігімен күрделене түседі, бұл тұрақты суды пайдалануды айтарлықтай қиындатады.

Сонымен қатар, суды бақылау және тазарту технологияларының дамуы су қауіпсіздігін жақсарту үшін нақты мүмкіндіктер ұсынады. Спутниктік деректерді, сенсорлық желілерді, ГАЖ аналитикасын және жасанды интеллект модельдерін біріктіру су ресурстарын дәлірек және уақтылы бақылаудың негізін құрайды. Мембраналық технологияларды, сорбциялық материалдарды, нанокөмірлерді және биологиялық тазарту әдістерін пайдалану экожүйелерге түсетін жүктемені азайту және суды қайта пайдалану үлесін арттыру үшін айтарлықтай әлеуетті көрсетеді, бұл әсіресе тұщы су ресурстары шектеулі аймақтар үшін маңызды. Технологиялық шешімдермен қатар, институционалдық орта маңызды рөл атқарады. Нормативтік базаны жетілдіру, су ресурстарын интеграцияланған басқару қағидаттарын енгізу, экономикалық ынталандыруды әзірлеу және халықаралық ынтымақтастықты нығайту тұрақты өзгерістерге жағдай жасайды. Қазақстан тәжірибесі технологиялық инновациялардың, тиімді басқарудың және жергілікті қоғамдастықтың қатысуының үйлесімі су қауіпсіздігінде нақты нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік беретінін көрсетеді.

Солтүстік Қазақстандағы су ресурстарын тұрақты басқарудың болашағы цифрлық платформаларды одан әрі дамытумен, интеллектуалды мониторинг жүйелерін енгізумен, тазарту құрылыстарын жаңғыртумен және жаңа буын мамандарын даярлаумен тікелей байланысты. Ұзақ мерзімді перспективада бұл шараларды жүзеге асыру су ресурстарының сапасын жақсартуға, экологиялық тәуекелдерді азайтуға, қоғамдық денсаулықты нығайтуға және аймақтың әлеуметтік-экономикалық дамуының тұрақтылығын арттыруға ықпал етеді.

Сондықтан, су ресурстарын тұрақты басқаруды жеке сала ретінде емес, ғылым, технология, мемлекеттік басқару және бизнес арасындағы ынтымақтастықты қажет ететін пән аралық сала ретінде қарастыру керек. Тек кешенді тәсіл ғана Солтүстік Қазақстандағы су қауіпсіздігін қамтамасыз етеді және экологиялық қауіпсіз және әлеуметтік тұрғыдан тұрақты болашақтың негізін қалайды.

Әдебиеттер

Abdullaev, I., et al. (2025). Current challenges in Central Asian water governance and their implications for research, higher education and science-policy interaction. *Central Asian Journal of Water Research*. (in Eng.)

Ayejoto, D. A., & Egbueri, J. C. (2024). Human health risk assessment of nitrate and heavy metals in urban groundwater in Southeast Nigeria. *Ecological Frontiers*, 44(1), 60-72. (in Eng.)

Beisenova, R., Chen, J., Kussainova, M., Tussupova, K., Tazitdinova, R., Mujahid, N., & Rakhymzhan, Z. (2025). Influence of Geographical Locations on Drinking Water Quality in Rural Pavlodar Region, Kazakhstan. *Water*, 17(7), 945. <https://doi.org/10.3390/w17070945> (in Eng.)

Brix, H. (2020). Wastewater treatment in constructed wetlands: system design, removal processes, and treatment performance. In *Constructed wetlands for water quality improvement* (pp. 9-22). CRC Press. (in Eng.)

Faurat, A., Yessimova, D., Satybaldiyeva, G., Kuatbayev, A., Utarbayeva, A., Kaliyeva, A., ... & Rakhmanov, S. (2025). Assessing the spatial distribution and sources of heavy metal pollution in the snow cover: A case study from Pavlodar, Northeastern Kazakhstan. *PLoS One*, 20(5), e0322300. (in Eng.)

Karatayev, M., Kapsalyamova, Z., Spankulova, L., Skakova, A., Movkebayeva, G., & Kongyrbay, A. (2017). Priorities and challenges for a sustainable management of water resources in Kazakhstan. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, 9, 115-135. (in Eng.)

Kesari, K. K., Soni, R., Jamal, Q. M. S., Tripathi, P., Lal, J. A., Jha, N. K., ... & Ruokolainen, J. (2021). Wastewater treatment and reuse: a review of its applications and health implications. *Water, Air, & Soil Pollution*, 232(5), 208. (in Eng.)

Krishnan, S. R., Nallakaruppan, M. K., Chengoden, R., Koppu, S., Iyapparaja, M., Sadhasivam, J., & Sethuraman, S. (2022). Smart water resource management using Artificial Intelligence—A review. *Sustainability*, 14(20), 13384. (in Eng.)

Krupa, E., et al. (2020). Tracking pollution and its sources in the catchment—lake system in Kazakhstan. *Ecology & Hydrobiology*, 20(2), 247—259. (in Eng.)

Mahmood, Q., Maqbool, T., Khan, S., & Ahmad, Z. (2022). Technologies for wastewater treatment and reuse in arid and semi-arid regions: A review. *Journal of Cleaner Production*, 340, 130692. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130692> (in Eng.)

Mohan, S., Kumar, B., & Nejadhashemi, A. P. (2025). Integration of machine learning and remote sensing for water quality monitoring and prediction: A review. *Sustainability*, 17(3), 998. (in Eng.)

Radelyuk, I. (2021). Towards sustainable water use in industry: A case study of the oil refinery industry in Kazakhstan [Doctoral dissertation, Lund University]. (in Eng.)

Saleem, H., & Zaidi, S. J. (2020). Developments in the application of nanomaterials for water treatment and their impact on the environment. *Nanomaterials*, 10(9), 1764. (in Eng.)

Tesch, N., et al. (2020). Wetland distribution trends in Central Asia. *Water Resources of Central Asia*. (in Eng.)

UN-Water. (2023). United Nations World Water Development Report 2023: Partnerships and Cooperation for Water. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384659>. (in Eng.)

Wang, X., Yang, Y., Wang, Y., & Li, X. (2023). Water quality prediction based on machine learning and comprehensive weighting methods. *Entropy*, 25(8), 1186. <https://doi.org/10.3390/e25081186> (in Eng.)

Yapiyev, V., et al. (2025). Baseline information and regionalization of the large river systems of Kazakhstan. *Frontiers in Water*, 3, 1601671. (in Eng.)

Yessenzholov, B., et al. (2024). Assessment of hydrometeorological impacts of climate change on water bodies in Northern Kazakhstan. *Water*, 16(19), 2794. <https://doi.org/10.3390/w16192794> (in Eng.)

Zhang, C., Yuan, R., Chen, H., Zhou, B., Cui, Z., & Zhu, B. (2024). Advancements in Inorganic Membrane Filtration Coupled with Advanced Oxidation Processes for Wastewater Treatment. *Molecules*, 29(17), 4267. (in Eng.)

References

UN-Water. (2023). United Nations World Water Development Report 2023: Partnerships and Cooperation for Water. UNESCO. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000384659>. (in Eng.)

Zhang, C., Yuan, R., Chen, H., Zhou, B., Cui, Z., & Zhu, B. (2024). Advancements in Inorganic Membrane Filtration Coupled with Advanced Oxidation Processes for Wastewater Treatment. *Molecules*, 29(17), 4267. (in Eng.)

Saleem, H., & Zaidi, S. J. (2020). Developments in the application of nanomaterials for water treatment and their impact on the environment. *Nanomaterials*, 10(9), 1764. (in Eng.)

Mohan, S., Kumar, B., & Nejadhashemi, A. P. (2025). Integration of machine learning and remote sensing for water quality monitoring and prediction: A review. *Sustainability*, 17(3), 998. (in Eng.)

Ayejoto, D. A., & Egbueri, J. C. (2024). Human health risk assessment of nitrate and heavy metals in urban groundwater in Southeast Nigeria. *Ecological Frontiers*, 44(1), 60-72. (in Eng.)

Yapiyev, V., et al. (2025). Baseline information and regionalization of the large river systems of Kazakhstan. *Frontiers in Water*, 3, 1601671. (in Eng.)

Yessenzholov, B., et al. (2024). Assessment of hydrometeorological impacts of climate change on water bodies in Northern Kazakhstan. *Water*, 16(19), 2794. <https://doi.org/10.3390/w16192794> (in Eng.)

- Krupa, E., et al. (2020). Tracking pollution and its sources in the catchment—lake system in Kazakhstan. *Ecology & Hydrobiology*, 20(2), 247—259. (in Eng.)
- Faurat, A., Yessimova, D., Satybaldiyeva, G., Kuatbayev, A., Utarbayeva, A., Kaliyeva, A., ... & Rakhmanov, S. (2025). Assessing the spatial distribution and sources of heavy metal pollution in the snow cover: A case study from Pavlodar, Northeastern Kazakhstan. *PLoS One*, 20(5), e0322300. (in Eng.)
- Beisenova, R., Chen, J., Kussainova, M., Tussupova, K., Tazitdinova, R., Mujahid, N., & Rakhymzhan, Z. (2025). Influence of Geographical Locations on Drinking Water Quality in Rural Pavlodar Region, Kazakhstan. *Water*, 17(7), 945. <https://doi.org/10.3390/w17070945> (in Eng.)
- Abdullaev, I., et al. (2025). Current challenges in Central Asian water governance and their implications for research, higher education and science-policy interaction. *Central Asian Journal of Water Research*. (in Eng.)
- Tesch, N., et al. (2020). Wetland distribution trends in Central Asia. *Water Resources of Central Asia*. (in Eng.)
- Wang, X., Yang, Y., Wang, Y., & Li, X. (2023). Water quality prediction based on machine learning and comprehensive weighting methods. *Entropy*, 25(8), 1186. <https://doi.org/10.3390/e25081186> (in Eng.)
- Mahmood, Q., Maqbool, T., Khan, S., & Ahmad, Z. (2022). Technologies for wastewater treatment and reuse in arid and semi-arid regions: A review. *Journal of Cleaner Production*, 340, 130692. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130692> (in Eng.)
- Radelyuk, I. (2021). Towards sustainable water use in industry: A case study of the oil refinery industry in Kazakhstan [Doctoral dissertation, Lund University]. (in Eng.)
- Kesari, K. K., Soni, R., Jamal, Q. M. S., Tripathi, P., Lal, J. A., Jha, N. K., ... & Ruokolainen, J. (2021). Wastewater treatment and reuse: a review of its applications and health implications. *Water, Air, & Soil Pollution*, 232(5), 208. (in Eng.)
- Brix, H. (2020). Wastewater treatment in constructed wetlands: system design, removal processes, and treatment performance. In *Constructed wetlands for water quality improvement* (pp. 9-22). CRC Press. (in Eng.)
- Karatayev, M., Kapsalyamova, Z., Spankulova, L., Skakova, A., Movkebayeva, G., & Kongyrbay, A. (2017). Priorities and challenges for a sustainable management of water resources in Kazakhstan. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, 9, 115-135. (in Eng.)
- Krishnan, S. R., Nallakaruppan, M. K., Chengoden, R., Koppu, S., Iyapparaja, M., Sadhasivam, J., & Sethuraman, S. (2022). Smart water resource management using Artificial Intelligence—A review. *Sustainability*, 14(20), 13384. (in Eng.)

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The Central Asian Academic Research Center LLP follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the Central Asian Academic Research Center LLP.

The Editorial Board of the Central Asian Academic Research Center LLP will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

**www.nauka-nanrk.kz
ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)
<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>**

Ответственный редактор *А. Ботанқызы*
Редакторы: *Д.С. Аленов, Т. Апендиев*
Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 29.12.2025.

Формат 60x88¹/₈.
18,0 п.л. Заказ 4.