

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>

**ӘБШЕВ 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**  
Cs<sub>2</sub>AgBiBr<sub>6</sub> 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–V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 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

<b>У.А. Уалиханова, Е.Е. Құрбан, А.М. Сыздыкова, А.Б. Алтайбаева, Г.С. Алтаева</b> Старобинскийдің космологиялық моделін динамикалық жүйелер арқылы талдау.....	11
<b>М.Б. Жасыбаева, Ж. Мырзақұлова, М. Абеуова</b> Қос қабатты М-LXXII теңдеуі үшін дарбу түрлендіруі.....	24
<b>Г.К. Бекетова, Н.Н. Жантурина, З.К. Аймағанбетова</b> Cs <sub>2</sub> AgBiBr <sub>6</sub> қос галоидты перовскиттер: күн батареяларына арналған тиімділігі жоғары жаңа озық материалдары.....	38
<b>Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк</b> 5000–6000 Å диапазонында k- және f-короналар арасындағы өтпелі аймақты спектрлік зерттеу.....	52
<b>А. Хажидинова, А. Хажидинов</b> Жылу электр станциясының отын тұтыну мәселесі.....	66
<b>Т.Б. Қоштыбаев, К.Қ. Жантлеуов, М.Е. Алиева</b> Кванттық сұйықтар теориясындағы Грин функциялары.....	77
<b>А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова</b> Айдың беткі қабатына метеоридтардың соқтығысуын статистикалық тұрғыдазерттеу.....	91
<b>Г.Т. Омарова, Ж.Т. Омарова</b> Лагранж – Якоби тундеуі және оны N -денелі есепке қолдану.....	105
<b>Ж. Мұратхан, М. Хасанов</b> Нейтрон жұлдыздары бар массивті рентгендік екілік жүйелердегі жұлдыздық жел параметрлерін бағалау әдістері.....	113
<b>В. Мукамеденқызы, А. Избасар, А. Ақиқат</b> Үшкомпонентті газ жүйелеріндегі концентрациялық конвекцияның әсерінен құрылымдық ағындардың пайда болуын зерттеу.....	127
<b>К. Саурова, С. Нысанбаева, Г. Турлыбекова</b> 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. Кудерина**Li–V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 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 өндеу 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

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

## ХИМИЯ

**Б.С. Серикбаева, М.С. Сатаев, 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. Кудерина**DOL – 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. Конуспаев, 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. Саспугаева**Количественное 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), 286–297

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1483.400>

UDK 31.15.33

©**B.E. Myrzabekov**<sup>1,2</sup>, **A.B. Makhanbetov**<sup>1,2\*</sup>, **T.E. Gaipov**<sup>1,2</sup>, **B.S. Abzhalov**<sup>2</sup>,  
**N.N. Nurgaliyev**<sup>3</sup>, 2025.

<sup>1</sup>National Center on complex processing of mineral raw materials of the Republic of  
Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University,  
Turkistan, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Shakarim university, Semey, Kazakhstan.  
E-mail: arman28031984@gmail.com

## ELECTROCHEMICAL REDUCTION OF MANGANESE (II) IONS ON TITANIUM AND LEAD ELECTRODES

**Myrzabekov Begzat** — PhD, Senior Researcher, National Center on complex processing of mineral raw materials of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: myrzabekbegzat@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7321-2782>;

**Makhanbetov Arman** — PhD, Senior Researcher, Associate Professor, National Center on complex processing of mineral raw materials of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: arman28031984@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1620-6922>;

**Gaipov Tulkinzhon** — Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher, National Center on complex processing of mineral raw materials of the Republic of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: tolya77784@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9723-3745>;

**Abzhalov Bagdat** — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Senior Lecturer, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, Kazakhstan,

E-mail: bagdat.abzhalov@ayu.edu.kz; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7983-2392>;

**Nurgaliyev Nurzhan** — PhD, associate professor, Department of Chemistry and Ecology, Shakarim university, Semey, Kazakhstan, Researcher of Humboldt-Innovation GmbH, Humboldt University of Berlin, Berlin, Germany,

E-mail: nurgaliynurzhan@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-7150>.

**Abstract.** In this study, the cathodic reduction of manganese (II) ions on titanium and lead electrodes was investigated in ammonium sulfate ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) solution and in aqueous media using the voltammetric method by recording potentiodynamic polarization curves. High-purity analytical-grade MnSO<sub>4</sub> salt was used in all experiments. X-ray diffraction (XRD) analysis confirmed that the MnSO<sub>4</sub> sample possessed a well-defined crystalline structure. Voltammetric measurements were performed in a thermostated three-electrode electrolytic cell with separated cathodic and anodic compartments. A thermostat of the LT-105a model was used to maintain constant temperature. A silver/silver chloride electrode immersed in saturated KCl solution (E = +0,225 V at 20°C)



served as the reference electrode, while a platinum wire of large surface area was used as the counter electrode. The working electrodes were titanium and lead wires (4 mm in diameter) coated with Teflon insulation. The cathodic, anodic—cathodic, and cathodic—anodic potentiodynamic polarization curves obtained on titanium and lead electrodes exhibited distinct current maxima corresponding to the reduction and reoxidation processes of manganese. However, on the lead electrode, in addition to the reduction of  $Mn^{2+}$  ions, the formation of lead sulfate ( $PbSO_4$ ) and its subsequent reduction to metallic lead were observed. This behavior not only restricts the deposition of pure manganese but also indicates the occurrence of side reactions. Based on the obtained results, titanium is recommended as an effective cathode material for the electroextraction of manganese.

**Keywords:** manganese, electrolysis, electrochemistry, electroreduction, titanium electrode, lead electrode, the polarization curve

©Б.Э. Мырзабеков<sup>1,2</sup>, А.Б. Маханбетов<sup>1,2\*</sup>, Т.Э. Гаипов<sup>1,2</sup>, Б.С. Абжалов<sup>2</sup>  
Н.Н. Нұрғалиев<sup>3</sup>, 2025.

<sup>1</sup>Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі Ұлттық орталығы, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан;

<sup>3</sup>Шәкәрім университеті КеАҚ, Семей, Қазақстан.

\*E-mail: arman28031984@gmail.com

## МАРГАНЕЦ (II) ИОНЫНЫҢ ТИТАН ЖӘНЕ ҚОРҒАСЫН ЭЛЕКТРОДЫНДА ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ТОТЫҚСЫЗДАНУЫ

**Мырзабеков Бегзат** — PhD, аға ғылыми қызметкер, Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі Ұлттық орталығы, Алматы, Қазақстан,  
E-mail: myrzabekbegzat@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7321-2782>;

**Маханбетов Арман** — PhD, қауымдастырылған профессор, аға ғылыми қызметкер, Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі Ұлттық орталығы, Алматы, Қазақстан,

E-mail: arman28031984@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1620-6922>;

**Гаипов Тулқинжон** — химия ғылымдарының кандидаты, аға ғылыми қызметкер, Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі Ұлттық орталығы, Алматы, Қазақстан,

E-mail: tolya77784@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9723-3745>;

**Абжалов Бағдат** — химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, аға оқытушы, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан,  
E-mail: bagdat.abzhalov@ayu.edu.kz; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7983-2392>;

**Нұрғалиев Нұржан** — PhD, доцент — зерттеуші, химия және экология кафедрасы, Шәкәрім университеті КеАҚ, Семей, Қазақстан,

E-mail: nurgaliynurzhan@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-7150>.

**Аннотация.** Бұл зерттеу жұмысында марганец (II) иондарының титан және қорғасын электродында аммоний сульфаты ( $(NH_4)_2SO_4$ ) ерітіндісінде және

сулы ортадағы катодты тотықсыздану процесі вольтамперометриялық әдісімен потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар түсіру арқылы зерттелді. Зерттеу жұмыстарында тазалығы жоғары анализ үшін таза  $MnSO_4$  тұзы қолданылды. Рентген фазалық талдау нәтижелері біз қолданған  $MnSO_4$  үлгісінің айқын кристалдық құрылымға ие екендігі анықталды. Вольтамперометрлік зерттеулер катодты-анодты кеңістігі бөлінген үш электродты, термостатталған электролизерде жүргізілді. Тұрақты температураны сақтау мақсатында LT-105a маркалы термостат қолданылды. Салыстырмалы электрод ретінде қаныққан KCl ( $E=0,225V$   $200^{\circ}C$ ), ерітіндісіне батырылған күміс-хлор электроды және көмекші электрод ретінде ауданы үлкен платина сымы қолданылды. Жұмысшы катод электроды ретінде тефлонмен қапталған диаметрі — 4мм болатын титан және қорғасын сымдары пайдаланылды. Титан және қорғасын электродтарында түсірілген катодты және циклді анодты-катодты, катодты-анодты потенциодинамикалық поляризациялық қисықтарда марганецтің тотықсыздануы және қайта тотығу процестерінің ток максимумдері айқын тіркелетіндігі байқалады. Дегенмен, қорғасын электродында марганец иондарының тотықсыздануымен қатар электрод бетінде қорғасын қосылыстары ( $PbSO_4$ ) түзіліп, оның қорғасын металына дейін тотықсыздануы орын алатындығы анықталды. Бұл электрод бетінде таза өнімді алуды шектеумен қатар қосымша шығынның жүруін көрсетеді. Алынған нәтижелерге сүйене отырып, титан электродын марганецтің электроэкстракциясы үшін тиімді катодтық материал ретінде ұсынуға болады.

**Түйін сөздер:** марганец, электролиз, электрохимия, электрототықсыздану, титан электроды, қорғасын электроды, поляризациялық қисық

***Қаржыландыру:** бұл зерттеу Қазақстан Республикасының Өнеркәсіп және құрылыс министрлігінің Өнеркәсіп комитеті қаржыландыратын BR23991563 Минералдық және техногендік шикізатты өндірудің және кешенді өңдеудің инновациялық ресурс үнемдейтін технологияларын құру бағдарламасы аясында жүргізілді.*

©Б.Э. Мырзабеков<sup>1,2</sup>, А.Б. Маханбетов<sup>1,2\*</sup>, Т.Э. Гаипов<sup>1,2</sup>, Б.С. Абжалов<sup>2</sup>,  
Н.Н. Нурғалиев<sup>3</sup>, 2025.

<sup>1</sup>Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья  
Республики Казахстан, Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави,  
Туркестан, Казахстан;

<sup>3</sup>НАО Университет Шакарима, Семей, Казахстан.

E-mail: arman28031984@gmail.com

## ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИОНОВ МАРГАНЦА (II) НА ТИТАНОВОМ И СВИНЦОВОМ ЭЛЕКТРОДАХ

**Мырзабеков Бегзат** — PhD, старший научный сотрудник, Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан, Алматы, Казахстан,



E-mail: myrzabekbegzat@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7321-2782>;

**Маханбетов Арман** — PhD, доцент, старший научный сотрудник, Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан, Алматы, Казахстан,  
E-mail: arman28031984@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1620-6922>;

**Гайпов Тулкинжон** — кандидат химических наук, старший научный сотрудник, Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан, Алматы, Казахстан,  
E-mail: tolya77784@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9723-3745>;

**Абжалов Багдат** — кандидат химических наук, доцент, старший преподаватель, Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмета Яссави, Туркестан, Казахстан,  
E-mail: bagdat.abzhalov@ayu.edu.kz; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7983-2392>;

**Нургалиев Нуржан** — PhD, доцент-исследователь, Кафедра химии и экологии, НАО Университет Шакарима, Семей, Казахстан,  
E-mail: nurgaliynurzhan@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1216-7150>.

**Аннотация.** В данной работе исследован процесс катодного восстановления ионов марганца (II) на титановых и свинцовых электродах в растворе сульфата аммония ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) и в водной среде методом вольтамперометрии путём снятия потенциодинамических поляризационных кривых. В экспериментах использовался высокочистый реактив MnSO<sub>4</sub>. Рентгенофазовый анализ показал, что используемый образец MnSO<sub>4</sub> обладает чётко выраженной кристаллической структурой. Вольтамперометрические исследования проводились в термостатированной трёхэлектродной электрохимической ячейке с разделённым катодно-анодным пространством. Для поддержания постоянной температуры использовался термостат марки LT-105а. В качестве электродов применялись: насыщенный КСl (E = +0,225 В при 20°C) хлорсеребряный электрод сравнения, платиновая проволока большой площади — в качестве вспомогательного электрода, а также тефлоном покрытые титановые и свинцовые проволоки диаметром 4 мм — в качестве рабочих катодных электродов. На катодных и циклических анодно-катодных и катодно-анодных потенциодинамических поляризационных кривых, полученных на титановых и свинцовых электродах, чётко фиксируются токовые максимумы, соответствующие процессам восстановления и повторного окисления марганца. Однако на свинцовом электроде, наряду с восстановлением ионов марганца, наблюдается образование соединений свинца (PbSO<sub>4</sub>) и их последующее восстановление до металлического свинца. Это ограничивает получение чистого продукта на поверхности электрода и указывает на наличие побочных процессов. На основе полученных результатов титан рекомендуется в качестве эффективного катодного материала для электроэкстракции марганца.

**Ключевые слова:** марганец, электролиз, электрохимия, электровосстановление, титановый электрод, свинцовый электрод, поляризационная кривая

**Кіріспе.** Соңғы жылдары марганец металына деген сұраныс артып, оның тазалығына қойылатын талаптар да жоғарылады. Осыған байланысты марганецті жоғары тазалықта бөліп алу әдістерін жан-жақты зерттеу өзекті мәселелердің бірі болып отыр.

Тазалығы жоғары марганец металын алу әдістерінің ішінде электроэкстракция белгілі тәсілдер бәсекелес бола алмайтын ең тиімді әдіс ретінде ерекшеленеді.

Бұл әдіс марганецті тікелей ерітіндіден бөліп алуға және металл тазалығын жоғары деңгейде қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Алайда марганецтің электродтық потенциалының теріс мәнге ие болуы оның сулы ортада электролиз арқылы алынуын күрделендіреді. Сондықтан марганец иондарының катодта тотықсыздану процесіне электролиттің құрамы мен құрамдас бөліктерінің әсері айтарлықтай маңызды фактор болып табылады (Yunyu et al, 2025).

Осыған орай, марганецтің электрохимиялық тотықсыздануы кезінде жүретін катодтық және анодтық процестер вольтамперометриялық әдіс арқылы зерттелді. Бұл мақсатта потенциодинамикалық анодты-катодты және катодты-анодты поляризациялық қисықтар тұрғызылып, электродтық реакциялардың кинетикалық ерекшеліктері мен механизмдері талданды.

Вольтамперометриялық әдістер арқылы металдардың электрохимиялық қасиетін қарастыру және электролиз жүргізу арқылы еріту немесе катод бетінде тотықсыздандырып зерттеу кейінгі әдебиеттерде көптеп кездеседі (Baeshov et al, 2024; Baeshov et al, 2020; Baeshov et al, 2020).

Марганецтің өндірісінде алюмотермиялық, селикотермиялық әдістер кеңінен қолданылғанымен, олар қазіргі талаптарға сай тазалығы жоғары металдық марганецті алуға мүмкіндік бермейді. Зерттеулер көрсеткендей, құрамында қажетсіз қоспалары мөлшері 0,1%-дан аспайтын жоғары тазалықпен марганецті тек электролиз әдісі арқылы алу мүмкін. Бұл әдіс марганец кендерін күкірт қышқылымен сілтісіздендіріп, алынған марганец сульфатын қажетсіз қоспалардан гидролиттік және сульфидтік тазалаудан өткізілген бейтарап ортадағы (рН 7-8,4 аралығында) ерітіндімен электролиз жүргізуге негізделген (Baeshov et al, 2024; Baeshov et al, 2020).

**Материалдар мен әдістер.** Марганец (II) иондарының сулы ерітіндідегі электрохимиялық қасиеті потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар түсіру әдісі арқылы «Autolab PGSTAT» потенциостатында зерттелінді. Вольтамперометрлік зерттеулер катодты-анодты кеңістігі бөлінген үш электродты, термостатталған электролизерде жүргізілді. Тұрақты температураны сақтау мақсатында LT-105a маркалы термостат қолданылды. Салыстырмалы электрод ретінде қаныққан KCl ( $E=+0,225\text{В } 20^{\circ}\text{C}$ ) (Baeshov et al, 2024; Akhmetov et al, 2002), ерітіндісіне батырылған күміс-хлор электроды және көмекші электрод ретінде ауданы үлкен платина сымы қолданылды. Жұмысшы катод электроды ретінде тефлонмен қапталған диаметрі — 4мм болатын титан және қорғасын сымдары пайдаланылды.

Әрбір тәжірибе алдында жұмысшы электродтарды ұнтақтылығы 2000 болатын түрпі (наждак) материалында тегістеп, майсыздандырып, сумен шайып соңынан фильтр қағазымен мұқият тазаланды.

Титан және қорғасын электродтарында марганецтің тотықсыздану процесін зерттеу үшін келесі электролит құрамы пайдаланылды:

- фон электролит ретінде  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$  ерітіндісі;
- жұмысшы электролит ретінде  $[\text{Mn}^{2+}] + [(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$  ерітіндісі мен  $[\text{Mn}^{2+}] + \text{H}_2\text{O}$  сулы ерітіндісі қолданылды.

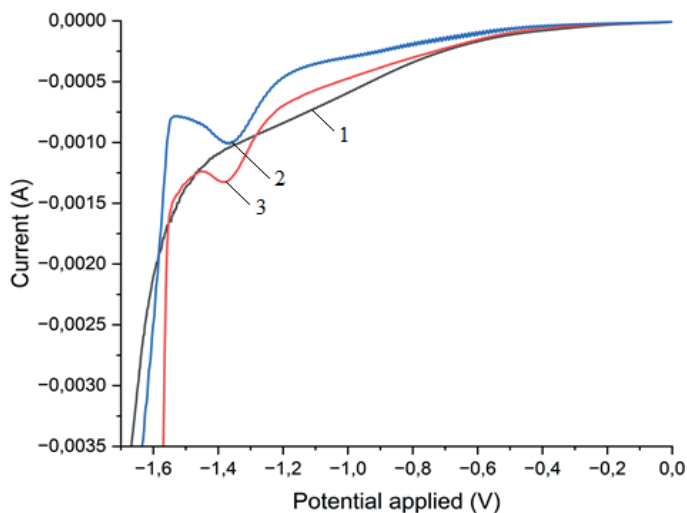
**Нәтижелер мен талқылаулар.** Марганецті электролиттік әдістер арқылы алу





Сутек бөліну потенциалының неғұрлым теріс мәндерге ығысуы титан электродындағы сутектің бөліну асқын кернеуінің жоғары болуымен түсіндіріледі. Бұл қасиет титан электродында марганецті тотықсыздандыруға тиімді электрод материалы ретінде пайдалануға болатынын дәлелдейді.

Марганец (II) иондарының қорғасын электродында тотықсыздану процесін зерттеу барысында аммоний сульфаты және сулы ерітіндіде екі ток максимумы байқалды (3-сурет, 2 және 3 қисықтар). Бірінші ток максимумы фон электролитінде де тіркелді (3-сурет, 1 қисық) және ол электрод бетінде түзілетін қорғасын сульфатының ( $\text{PbSO}_4$ ) тотықсыздану реакциясына сәйкес келеді (Dunaev, 1978; Baeshov et al, 1986). Бұл процесс келесі реакция теңдеуімен түсіндіруге болады:



Сурет 2 - Титан электродында түсірілген катодты потенциалдинамикалық поляризациялық қисықтар: 1 — Фон электролиті,  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] = 150\text{г/л}$ ,  $V = 100\text{мВ/с}$ ,  $t = 25^\circ\text{C}$ ; 2 — сулы ерітінді  $[\text{Mn}^{2+}] = 30\text{ г/л}$ ,  $V=100\text{мВ/с}$ ,  $t = 25^\circ\text{C}$ ; 3 —  $[\text{Mn}^{2+}] = 30\text{ г/л}$ ,  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] = 150\text{г/л}$ ,  $V=100\text{мВ/с}$ ,  $t = 25^\circ\text{C}$

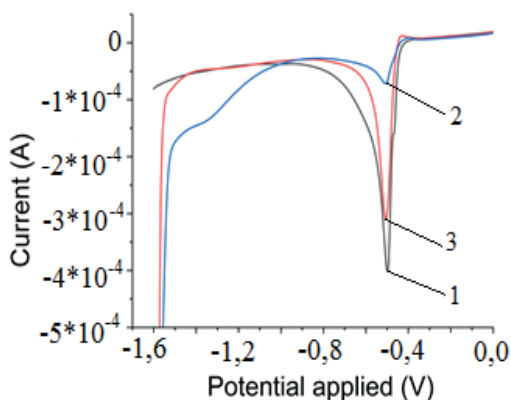
Екінші ток максимумы аммоний сульфаты ерітіндісінде  $-1,38\text{ В}$ -та, ал сулы ерітіндіде  $-1,58\text{ В}$  потенциалында байқалды және ол марганец иондарының 1-ші реакция бойынша тотықсыздану процесіне сәйкес келеді.

Төртінші суреттен байқағанымыздай сулы ерітіндіде (3-сурет, 3 қисық) марганец иондарының тотықсыздану процесі неғұрлым теріс потенциалдарға ( $-1,58\text{ В}$ ) ығысқан. Ал, аммоний сульфаты ерітіндісінде (3-сурет, 2 қисық) марганецтің тотықсыздануы шамамен  $-1,0\text{ В}$  басталады және  $-1,38\text{ В}$  ток максимумы тіркелді. Бұл  $\text{Mn}^{2+}$  иондары аммоний иондарымен кешен түзуі нәтижесінде тұрақтанаты-

нын көрсетеді. Жалпы катодты марганец алу процесінде көп жағдайда осы ортада жүргізу ұсынылады (Xiaosan et al, 2021; Xue et al, 2017; Tajima et al, 1976).

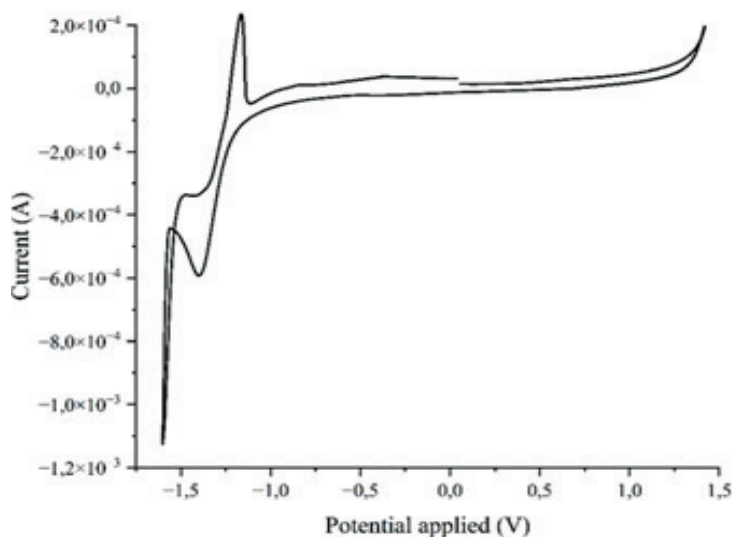
Белгілі әдебиеттерде электролит ерітіндісінің электрөткізгіштігін арттыру, ұяшық кернеуін төмендету және энергия шығынын азайту мақсатында  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  реактивін қолдануға кеңес береді. Сонымен қатар,  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  католит құрамында қышқыл-негіздік буфер ретінде қызмет атқарып, ерітіндінің рН тепе-теңдігін тұрақты ұстап тұруға мүмкіндік беретіндігі айтылған (Wei et al, 2010). Ал, тек сулы орта марганецтің кешенді қосылыстарының түзілмеуінен  $\text{Mn}^{2+}$  иондары тотықсыздану потенциалы теріс бағытқа ығысуы және сутектің бөліну реакциясының айқын бәсекелестікте жүруімен түсіндіріледі.

Титан электродындағы циклдік анодты-катодты, катодты-анодты потенциодинамикалық поляризациялық қисықтарды зерттеу нәтижесінде анод аймағында электрохимиялық белсенділіктің іс жүзінде байқалмайтыны анықталды (4-сурет). Электрод бетінде оттектің бөлінуі +1,20 В потенциалында тіркелді. Потенциал берілу бағытын анодтан катод бағытына қарай ығыстырғанда -1,30 В потенциалда марганец иондарының 1 реакция бойынша тотықсыздану процесіне сәйкес келетін ток максимумы тіркелді. Ал -1,51 В потенциалында 2 реакция бойынша сутектің бөліну процесі басталады.



Сурет 3 - Қорғасын электродында түсірілген катодты потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар: 1 — Фон электролиті,  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] = 150 \text{ г/л}$ ,  $V = 100 \text{ мВ/с}$ ,  $t = 25^\circ\text{C}$ ; 2 —  $[\text{Mn}^{2+}] = 30 \text{ г/л}$ ,  $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4] = 150 \text{ г/л}$ ,  $V = 100 \text{ мВ/с}$ ,  $t = 25^\circ\text{C}$ ; 3 — сулы ерітінді  $[\text{Mn}^{2+}] = 30 \text{ г/л}$ ,  $V = 100 \text{ мВ/с}$ ,  $t = 25^\circ\text{C}$

Кері сканерлеу кезінде яғни, катодтан анод бағытына қарай ығыстырғанымызда -1,30 В потенциалда анодтық ток тіркелді. Оның табиғаты электрод бетінде жаңадан тотықсызданған металдық марганецтің қайта тотығуымен байланысты екені анықталды.



Сурет 4 - Титан электродында түсірілген циклдік анодты-катодты, катодты-анодты потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар:  $[Mn^{2+}] = 30$  г/л,  $[(NH_4)_2SO_4] = 150$  г/л,  $V=100$  мВ/с,  $t = 25^\circ C$

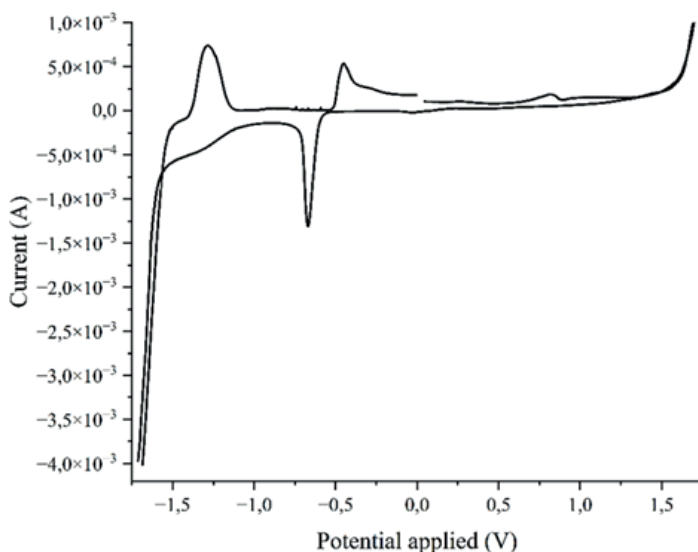
Сонымен циклді анодты-катодты және катодты-анодты потенциодинамикалық поляризациялық қисықта титан электродында марганецтің тотықсыздануы және кейіннен қайта тотығу процестері айқын байқалады. Оттегі мен сутектің бөлінуі тиісінше оң және теріс потенциалдарда жүреді.

Келесі 5-суретте аммоний сульфаты ерітіндісіне батырылған қорғасын электродында алынған циклдік анодты-катодты, катодты-анодты потенциодинамикалық поляризациялық қисық көрсетілген.

Анодтық аймақта оттегінің бөлінуі тек +1,5 В потенциалда тіркеледі, бұл процестің қорғасын электродында айтарлықтай асқын кернеумен жүретінін көрсетеді. Потенциал беру жылдамдығын анодтан катод бағытына ығысқанда, -0,5 В потенциалда қорғасын сульфатының тотықсыздануына (3-реакцияға сәйкес) сәйкес келетін ток максимумы және -1,3 В потенциалда марганец иондарының тотықсыздануына (1-реакцияға сәйкес) тән ток максимумдары тіркеледі.

Потенциалдың әрі қарай катодтық жаққа ығысуы кезінде -1,52 В-тан бастап сутектің бөліну процесі жүреді.

Кері сканерлеу кезінде (катод → анод) екі анодтық максимум тіркеледі: біріншісі -1,3 В потенциалда байқалып, электрод бетінде жаңадан тотықсызданған элементті марганецтің қайта тотығуымен байланысты; екіншісі -0,5 В потенциалда байқалып, электрод бетінде тотықсызданған металл қорғасынның қайта тотығуы жүретіндігі анықталды.



Сурет 5 - Қорғасын электродында түсірілген циклдік анодты-катодты, катодты-анодты потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар:  $[Mn^{2+}] = 30$  г/л,  $[(NH_4)_2SO_4] = 150$  г/л,  $V=100$  мВ/с,  $t = 25^\circ C$

**Қорытынды.** Жүргізілген зерттеу нәтижелерін қорытындылай келе вольтамперометриялық зерттеу нәтижелері бойынша титан катодында,  $(NH_4)_2SO_4$  ерітіндісінде марганец иондарының тотықсыздануы  $-1,38$  В потенциалда токтың айқын максимумымен сипатталады. Титан катодында сутектің бөлінуі анағұрлым теріс потенциалдарда ( $-1,51$  В) басталады, яғни сутектің тотықсыздану потенциалы марганецтің тотықсыздану потенциалынан едәуір солға ығысқан. Мұндай потенциалдық айырмашылық  $Mn^{2+}$  иондарының тотықсыздануымен  $H_2$  бөлінуі арасындағы электрокатодтық бәсекелестікті төмендетіп, марганецтің селективті әрі тұрақты тотықсыздануына мүмкіндік береді. Сонымен қатар, титан электродында циклдік анодты-катодты, катодты-анодты сканерлеу кезінде жаңадан тотықсызданған металдық марганецтің қайта тотығуымен байланысты айқын анодтық ток максимумы тіркелді. Бұл процестің қайтымдылығын және электрод бетінде жаңа тотықсызданған металдың электрод бетімен жақсы жанасуын дәлелдейді. Ал, қорғасын электродында марганец иондарының тотықсыздануымен қатар электрод бетінде қорғасын қосылыстары ( $PbSO_4$ ) түзіліп, оның қорғасын металына дейін тотықсыздануы орын алатындығы анықталды. Бұл электрод бетінде таза өнімді алуды шектеумен қатар қосымша шығынның жүруін көрсетеді. Осы нәтижелерге сүйене отырып, титан электродын марганецтің электроэкстракциясы үшін тиімді катодтық материал ретінде ұсынуға болады.

#### Әдебиеттер

Baeshov A., Figurinaite I.V., Beybitova A.D., Zhurinov M.Zh. Katodnoe povedenie shestivalentnogo tellura v sernokislom rastvore na tverdykh elektrodakh [Cathodic Behavior of Hexavalent Tellurium in Sulfuric Acid Solution on Solid Electrodes], Izvestiya VUZov. Tsvetnaya Metallurgiya, 1986. — No. 4. — P. 117—119. (In Russian).

Dunaev Y.D. Nerastvorimye anody iz splavov na osnove svintsya [Insoluble Anodes from Lead-Based Alloys]. — Alma-Ata, Nauka KazSSR, 1978. — P. 316. (In Russian).

Fan X., Xi S., Sun D., Liu Z., Du J., Tao Ch. (2012) Show more Mn-Se interactions at the cathode interface during the electrolytic-manganese process, Hydrometallurgy, 24-29. DOI 10.1016/j.hydromet.2012.07.006.

Lu J., Dreisinger D., Glöckner T. (2014) Manganese electrodeposition - A literature review, Hydrometallurgy. — Vol. 141. — 105-111. DOI 10.1016/j.hydromet.2013.11.002.

Makhanbetov A.B., Myrzabekov B.E., Gaipov T.E., Tazhibayev A., Abduvaliyeva U.A. (2021) Electrochemical behavior of manganese dioxide when a part of the composite electrode and electrochemical leaching of manganese ore in a sulfuric acid medium, Rasayan J. Chem., 14. — No. 4. — P. 2202-2208. DOI 10.31788/RJC.2021.1446491.

Tajima S., Baba N. & Midorikawa T. (1976) Electrodeposition of high purity manganese from low temperature (-16° C) chloride electrolyte. J. Appl. Electrochem. — Vol. 6. — 243-250. DOI 10.1007/BF00616147.

Wei Q., Ren X., Du J., Wei S., Hu S.R. (2010) Study of the electrodeposition conditions of metallic manganese in an electrolytic membrane reactor, Minerals Engineering. — Vol. 23. — Issue 7. — 578-586. DOI 10.1016/j.mineng.2010.01.009.

Xiaosan S., Jie Z., Boyang S., Sanfan W., Nan W.U. (2021) Electrodeposition of Manganese Metal and Co-production of Electrolytic Manganese Dioxide Using Single-membrane Double-chamber Electrolysis, Electrochemistry. — Vol. 89. — No. 5. — P. 447-454. DOI 10.5796/electrochemistry.21-00060.

Xu F., Dan Zh., Zhao W., Han G., Sun Z., Xiao K., Jiang L., Duan N. (2015) Electrochemical analysis of manganese electrodeposition and hydrogen evolution from pure aqueous sulfate electrolytes with addition of SeO<sub>2</sub>, JEAC. — Vol. 741. — 149-156. DOI 10.1016/j.jelechem.2015.01.027.

Xue J.R., Zhong H., Wang S. et al. (2017) Influence of tetraborate anions on manganese electrodeposition in an anion-exchange membrane electrolysis reactor, Ionics. — Vol. 23. — P. 177-189. DOI 10.1007/s11581-016-1793-z.

Yunyu L., Xuhai P., Bahman A.H. (2025) Advancements in Sustainable Electrolytic Manganese Recovery: Techniques, Mechanisms, and Future Trends, Recycling. — Vol. 10(1). — 1—46. DOI 10.3390/recycling10010026.

Ахметов Т.Г., Порфирьева Р.Т., Гайсин Л.Г., Ахметова Л.Т., Хацринов А.И. (2002) Химическая технология неорганических веществ. — М., Высшая школа. — 533 с.

Баешов А., Баешова А.К., Турлыбекова М.Н., Мырзабеков Б.Э. (2024) Уран өндірісіндегі жерасты шаймалау процесінің тиімділігін арттыру үшін үшвалентті темірді қалпына келтірудің электрохимиялық әдісі, Қазақстанның химия журналы. — 1(85). — С. 142-153. DOI 10.51580/2024-1.2710-1185.14.

Баешов А., Мырзабеков Б.Э. (2020) Стационарлы емес токпен поляризацияланған платина электродының қышқылды ортадағы электрохимиялық қасиеті, Қазақстанның химия журналы. — 4(72). — С. 154-165.

Баешов А., Мырзабеков Б.Э., Абдувалиева У. (2020) Селенит-иондары бар тұз қышқылды мыс (II) ерітіндісінде мыс электродтарын өндірістік айналымы токпен поляризациялау кезінде селен ұнтақтарының түзілу заңдылықтары, Қазақстанның химия журналы. — 4(72). — С. 48-59.

Сухотина А.М. (1981) Справочник по электрохимии / под ред. Сухотина А.М. Л., Химия. — 488 с.

Ямпольский А.М. (1997) Электролитическое осаждение благородных и редких металлов. Изд. 4-е, перераб. и доп. — Л., «Машиностроение». — 96 с.

## References

Akhmetov T.G., Porfiryeva R.T., Gaisin L.G., Akhmetova L.T., Khatsrinov A.I. Khimicheskaya tekhnologiya neorganicheskikh veshchestv [Chemical Technology of Inorganic Substances]. — Moscow, Vysshaya shkola, 2002. — P. 533. (In Russian).

Baeshov A., Baeshova A.K., Turlybekova M.N., Myrzabekov B.E. Uran ondirisindegi zherasty shaimalau protsesinin tiimdiligini arttyru yshin yshvalentti temirdi qalpyna qeltirudin ehlektrokhimiyalyk adisi [Electrochemical Method for the Reduction of Trivalent Iron to Enhance the Efficiency of the In-Situ



Leaching Process in Uranium Production], *Journal of Chemistry of Kazakhstan*, 2024. — 1(85). — P. 142-153. DOI 10.51580/2024-1.2710-1185.14. (In Kazakh).

Baeshov A., Figurinaite I.V., Beibitova A.D., Zhurinov M.ZH. (1986) Katodnoe povedeniya shestivalentnogo tellura v sernokislom rastvore na tverdykh ehlektrodakh. *Izvestiya vuzov, Tsvetnaya metallurgiya*. — No. 4. — P. 117-119. (In Russian).

Baeshov A., Myrzabekov B.E. Ctatsionarly emes tokpen polyarizatsiyalangan platina elektrodynyn qyshqyldy ortadagy elektrokhimiyalyq qasieti [Electrochemical Properties of a Platinum Electrode in an Acidic Medium under Non-Stationary Current Polarization], *Journal of Chemistry of Kazakhstan*, 2020. — 4(72). — P. 154-165. (In Kazakh).

Baeshov A., Myrzabekov B.E., Abduvalieva U. Selenit-iondary bar tuz qyshqyldy mys (II) eritindisinde mys elektrodтарынд ondiristik aynymaly tokpen polyarizatsiyalau kezinde selen untaktarynyn tuzilui zandylyktary [Regularities of Selenium Powder Formation during Polarization of Copper Electrodes by Industrial Alternating Current in Hydrochloric Acid Copper (II) Solutions Containing Selenite Ions], *Journal of Chemistry of Kazakhstan*, 2020. — 4(72). — P. 48—59. (In Kazakh).

Dunaev YU.D. (1978) Nerastvorimye anody iz splavov na osnove svintsa. *Alma- Ata., «Nauka» KaZSSR*. — P. 316. (In Russian).

Fan X., Xi S., Sun D., Liu Z., Du J., Tao Ch. (2012) Show more Mn-Se interactions at the cathode interface during the electrolytic-manganese process, *Hydrometallurgy*. — P. 24-29. DOI 10.1016/j.hydromet.2012.07.006. (In English).

Lu J., Dreisinger D., Glöckner T. (2014) Manganese electrodeposition - A literature review, *Hydrometallurgy*. — Vol. 141. — P. 105-111. DOI 10.1016/j.hydromet.2013.11.002. (In English).

Makhanbetov A.B., Myrzabekov B.E., Gaipov T.E., Tazhibayev A., Abduvaliyeva U.A. (2021) Electrochemical behavior of manganese dioxide when a part of the composite electrode and electrochemical leaching of manganese ore in a sulfuric acid medium, *Rasayan J. Chem.* — 14. — No. 4. — P. 2202-2208. DOI 10.31788/RJC.2021.1446491. (In English).

Sukhotina A.M. *Spravochnik po elektrokhimii [Handbook of Electrochemistry]*. Ed. by A.M. Sukhotina. Leningrad, Khimiya, 1981. — P. 488. (In Russian).

Tajima S., Baba N. & Midorikawa T. (1976) Electrodeposition of high purity manganese from low temperature ( $-16^{\circ}\text{C}$ ) chloride electrolyte. *J. Appl. Electrochem.* — Vol. 6. — P. 243-250. DOI 10.1007/BF00616147. (In English).

Wei Q., Ren X., Du J., Wei S., Hu S.R. (2010) Study of the electrodeposition conditions of metallic manganese in an electrolytic membrane reactor, *Minerals Engineering*. — Vol. 23. — Issue 7. — P. 578-586. DOI 10.1016/j.mineng.2010.01.009. (In English).

Xiaosan S., Jie Z., Boyang S., Sanfan W., Nan W.U. (2021) Electrodeposition of Manganese Metal and Co-production of Electrolytic Manganese Dioxide Using Single-membrane Double-chamber Electrolysis, *Electrochemistry*. — Vol. 89. — No. 5. — P. 447-454. DOI 10.5796/electrochemistry.21-00060. (In English).

Xu F., Dan Zh., Zhao W., Han G., Sun Z., Xiao K., Jiang L., Duan N. (2015) Electrochemical analysis of manganese electrodeposition and hydrogen evolution from pure aqueous sulfate electrolytes with addition of  $\text{SeO}_2$ , *JEAC*. — Vol. 741. — P. 149-156. DOI 10.1016/j.jelechem.2015.01.027. (In English).

Xue J.R., Zhong H., Wang S. et al. (2017) Influence of tetraborate anions on manganese electrodeposition in an anion-exchange membrane electrolysis reactor, *Ionics*. — Vol. 23. — P. 177—189. DOI 10.1007/s11581-016-1793-z. (In English).

Yampolskiy A.M. *Elektroliticheskoe osazhdenie blagorodnykh i redkikh metallov [Electrolytic Deposition of Noble and Rare Metals]*. 4th ed., revised and expanded. Leningrad, Mashinostroenie, 1997. — P. 96. (In Russian).

Yunyu L., Xuhai P., Bahman A.H. (2025) Advancements in Sustainable Electrolytic Manganese Recovery: Techniques, Mechanisms, and Future Trends, *Recycling*. — Vol. 10(1). — 1-46. DOI 10.3390/recycling10010026. (In English).

## **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](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](http://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 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
18,0 п.л. Заказ 4.