

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

**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**№1
2026**

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

2026 • 1



**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 IAAS and NAS RK, General Director Oil refining and Petrochemistry Research Institute (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detailuri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

ABILMAGZHANOV Arlan Zainutallaevich, PhD in Chemistry, 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=57197468109>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

EDITORIAL BOARD:

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the JSC "Phytochemistry Research and Production Center", (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/13503476>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

OLIVIERO Rossi Cesare, PhD (Chemistry), Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/399768>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

BERSIMBAYEV Rakhmetkazhi 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

CALANDRA Pietro, PhD (Physics), Professor, Institute for the Study of Nanostructured Materials (Rome, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/616360>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

BURKITBAEV Mukhambetkali, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29017135>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30353742>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

ABISHEV Medeu Erzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Corresponding Member of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1556025>

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

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынулы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ХҒАҚ және ҚР ҰҒА академигі, Мұнай өңдеу және мұнай-химиясы ғылыми-зерттеу институтының бас директоры (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЛАРЫ:

КАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/rec-ord/2428551>

ӘБИЛМАҒЖАНОВ Арлан Зайнуталлайұлы, химия ғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы «Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ Бас директоры (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=57197468109>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мынжасарұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» ғылыми-өндірістік орталығы» АҚ директоры (Қарағанды, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

РАМАЗАНОВ Тілеккабыл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=6701328029>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/13503476>

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі (Санкт-Петербург, Ресей), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=6602431781>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

ОЛИВЬЕРО Росси Сесаре, PhD (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=57221375979>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/399768>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

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/author/detail.uri?authorId=59286321700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Есендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті (Астана, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=7004012398>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

КАЛАНДРА Пьетро, PhD (физика), нанокүрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=7004303066>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/616360>

БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, PhD теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=54883880400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29017135>

QUEVEDO Hernando, профессор, Мексика ұлттық автономиялық университеті (UNAM), Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=55989741100>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30353742>

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/author/detail.uri?authorId=6602166928>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=24077239000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=6701353063>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

ӘБИШЕВ Медеу Ержанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=26530759900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1556025>

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 агенттігінің және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **05.06.2025 ж.** берген № **KZ93VPY00121157** Куәлік.

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 МАН и НАН РК, Генеральный директор Научно-исследовательского института нефтепереработки и нефтехимии (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

АБИЛЬМАГЖАНОВ Арлан Зайнуталлаевич, кандидат химических наук, Генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор АО «Научно-производственного центра «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/13503476>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

ОЛИБЬЕРО Россин Чезаре, доктор философии (PhD, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/399768>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (PhD, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/616360>

БОШКАЕВ Куантай Агазыевич, 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

БУРКИТБАЕВ Мухамбетали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29017135>

QUEVEDO Hernando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30353742>

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

ТАКИБАЕВ Нурғали Жабағевич, 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

АБИШЕВ Медеу Ержанович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1556025>

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>

CONTENTS

PHYSICS

Aimaganbetova Z.K., Kulshymbayev Y.A., Zhanturina N.N., Beketova G.K. First-principles calculation of the electronic properties of the Double Halide Perovskite $\text{Cs}_2\text{Ag}_{0.2}\text{Na}_{0.4}\text{In}_{0.6}\text{Ti}_{0.4}\text{Cl}_6$ based on the quantum ESPRESSO software.....	14
Amangeldinova S., Zhuniskhan S., Kalzhigitov N., Kurmangaliyeva V. Study of the cluster structure of ^5He and ^5Li mirror nuclei in two-cluster approximation.....	35
Chokin K., Otunchi Ye., Kozhahmetova A., Kasenova A., Shongalova A. Development and testing of a laboratory pyrometallurgical installation for recycling lithium-ion batteries.....	46
Issayeva A., Beisebayeva A., Madybekova G., Shynazbekova Sh., Issa A. Comparative analysis of physico-chemical characteristics of drinking, spring and natural water in the South Kazakhstan.....	65
Kim V.Yu., Aimuratov Y.K. Search for transient cosmic events by scanning the sky with wide-field telescopes.....	78
Koshtybayev T.B., Tatenov A.M., Aliyeva M.E., Tugelbaeva G.T., Zhanaliyeva G.Zh. Study of the electromagnetic field based on thermodynamics principles.....	89
Mukamedenkyzy V., Akberdiyev B. Numerical investigation of the effect of inclination angle on the stability of mechanical equilibrium in Ar–N ₂ binary gas mixtures.....	105
Myasnikova L.N., Uzakbaeva S.S., Shanina Z.K., Bekeshev A.Z. Kinetic properties of high-density polyethylene filled with chromium spinel powder.....	119
Nurbayev B.M., Dmitriyeva E.A., Kemelbekova A.E. The role of low-dimensional layered structures in enhancing the stability of tin-based perovskite materials.....	136
Sattinova Z., Ermakhanova F., Assilbekov B., Taimuratova L. Influence of various cooling conditions and heat transfer coefficients on solidification during the formation of beryllium ceramic products.....	149
Shestakova L.I., Serebryanskiy A.V., Spassyuk R.R., Omarov Ch.T. Search for gas of comet-meteor origin in the inner Solar System: caii ion emission.....	165
Ualikhanova U., Tursynkazy F., Syzdykova A.M., Altayeva G.S., Altaibayeva A.B. Studying the amplitude of $f(T)$ gravitational waves using Bessel functions.....	179

Zhexenbayeva G.A., Nasirova D.M., Aimanova G.K., Shomshekova S.A. Photometric study of the symbiotic object V725 Tau.....	194
Zhusupova N.K., Zhadyranova A.A. Bounce cosmology in $f(T, \mathcal{T})$ gravity based on energy condition analysis.....	205
Ziyatbekova G., Abdimanapova P., Sagyntay O., Nurym A., Ilinov R. Using artificial intelligence to predict diseases based on medical data.....	225

CHEMISTRY

Almassov N.Zh., Zhumagaliyeva A.N., Duisenbekov S.E., Zhakiyev N.K. Design and optimization of hybrid renewable energy systems for hydrogen production in Kazakhstan.....	236
Amangeldi B., Zhanikulov N., Taimasov B., Aitureev M.M., Dauletiyarov M. Calculation of the Raw material composition for obtaining white Portland cement clinker.....	251
Baeshov A., Tashenov E.A., Atykhanova S.B., Koshkarbayeva Sh.T. Preparation of cadmium sulfide by electrochemical method using a composite sulfur-graphite electrode.....	267
Baisalova G.Zh., Azhikhanova Zh., Taltenov A.A., Kuzhatova P. Determination of the total phenolic content in perennial herbaceous plants of the flora of Kazakhstan.....	277
Darmenbayeva A.S., Rajasekharan R., Zhussipnazarova G.M., Mukazhanova Zh.B., Begenova B.E. Composites based on chitosan and cellulose: synthesis, properties, and application prospects.....	287
Erkasov R.Sh., Zhamkenova A.S., Sergazina S.M., Nurmukhanbetova N.N., Kassenova N.B. Halide-dependent modulation of hydrogen bonding in Mn(II) complexes with protonated acetamide: a QAIM, NCI, and energy decomposition study.....	304
Kalimoldina L.M., Shaikhova Zh.E., Kaliyeva B.K., Bubish Sh., Askarova Sh.K. The effect of silver nanoparticles on the germination of bean, lemon, tangerine and avocado seeds.....	320
Kurtebayeva A.A., Alvarez-Torrellas S., Gomes H.T., Orynbayev S.A., Kalmakhanova M.S. Activated-carbon-enhanced polymeric membranes for efficient elimination of emerging contaminants.....	334

Massenova A.T., Zhumakanova A.S., Torlopov I.I., Rakhmetova K.S., Abilmagzhanov A.Z. Optimization of the hierarchical zeolite ZSM-5 synthesis process by steam-assisted alkaline modification.....	350
Mutushev A.Zh., Nuraly A.M., Sanat A.S., Shaukharova M.A., Yessimsiitova Z.B. The effect of light-converting films on the accumulation of bioactive compounds and the quality of fruits.....	366
Nefedov A.N., Taikenova A.T. Current state of organic corrosion inhibitor application in oil refining.....	379
Omarov B.T., Altybayev Zh.M., Serikbayeva B.S. Production of biohumus by vermicomposting of organic wastes and study of its agroecological effectiveness.....	399
Rakhman D.M., Kappasuly A., Makhayeva D.N., Kazybayeva D.S., Irmukhametova G.S. Development and investigation of mucoadhesive hydrogels based on gellan–cysteine complexes.....	414
Sabyrzhanova A.E., Bolatkyzy N., Berganaeva G.E., Dyusebaeva M.A. Study of amino acids and fatty acids in the aerial part of <i>Plantago major</i>	428
Satayeva S., Akhmetova F., Urazova A., Aituganova S., Yerniyazova K. The influence of PEPA concentration on the physical, mechanical, and operational properties of ED-20 epoxy adhesives.....	439
Zamanbek A.Zh., Koshkarbayeva Sh.T., Satayev M.S. Methods of Obtaining Silver Nanoparticles and Antibacterial Properties.....	450
Zhortarova A.A., Salkeyeva L.K., Minayeva Ye.V., Ibrayev M.K., Fazylov S.D. New possibilities for the synthesis and phosphorylation of phosphonoacetic acid ester.....	462

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

Аймағанбетова З.К., Құлшымбаев Е.А., Жантурина Н.Н., Бекетова Г.К. Quantum Espresso бағдарламасы негізінде Cs ₂ Ag _{0.2} Na _{0.4} In _{0.6} Ti _{0.4} Cl ₆ кос галогенді перовскиттің электрондық қасиеттерін бірінші принциптік есептеу.....	14
Амангелдинова С., Жүнісхан С., Калжигитов Н., Курманғалиева В. Екі кластерлік жуықтауда 5He және 5Li айналық ядроларының кластерлік құрылымын зерттеу.....	35
Чокин К., Отунчи Е., Кожаметова А., Касенова А., Шонғалова А. Литий-ионды аккумуляторларды қайта өндеуге арналған зертханалық пирометаллургиялық қондырғыны әзірлеу және сынау.....	46
Исаева А.Б., Бейсебаева А.С., Мадыбекова Г.М., Шиназбекова Ш.С., Иса А.Б. Сравнительный анализ физико-химических характеристик питьевой, родниковой и природной воды юга Казахстана.....	65
Ким В.Ю., Аймуратов Е.К. Кең бұрышты телескоптармен аспанды сканерлеу арқылы өтпелі ғарыштық оқиғаларды іздеу.....	78
Коштыбаев Т.Б., Татенов А.М., Алиева М.Е., Тугелбаева Г.Т., Жаналиева Г.Ж. Электромагниттік өрісті термодинамикалық бастамалар тұрғысында зерттеу.....	89
Мукамеденқызы В., Ақбердиев Б. Ar–N ₂ бинарлы газ қоспаларындағы механикалық тепе-теңдік тұрақтылығына қиғаш бұрыштың әсерін сандық зерттеу.....	105
Мясникова Л.Н., Узакбаева С.С., Шанина З.К., Бекешев А.З. Хром-шпинельді ұнтақ қосылған жоғары тығыздықты полиэтиленнің кинетикалық қасиеттері.....	119
Нұрбаев Б.М., Дмитриева Е.А., Кемелбекова А.Е. Қалайы негізіндегі перовскитті материалдардың тұрақтылығын арттырудағы төменөлшемді қабатты құрылымдардың рөлі.....	136
Саттинова З., Ермаханова Ф., Асылбеков Б., Таймуратова Л. Бериллий керамикалық бұйымдарын қалыптастыру кезінде әр түрлі салқындату жағдайлары мен жылу беру коэффициенттерінің қатаюға әсері.....	149
Шестакова Л.И., Серебрянский А.В., Спасюк Р.Р., Омаров Ш.Т. Күн жүйесінің ішкі аймағындағы комета-метеорлық тектегі газды іздеу: CaII иондарының жарқырауы.....	165

Уалиханова У.А., Тұрсынқазы Ф., Сыздықова А.М., Алтаева Г.С., Алтайбаева А.Б.
Бессель функцияларын пайдаланып $f(T)$ гравитациялық толқындардың
амплитудасын зерттеу.....179

Жексенбаева Г.А., Насирова Д.М., Айманова Г.К., Шомшекова С.А
V725 Тау симбиотикалық объектiсiн фотометрлiк зерттеу.....194

Жусупова Н.К., Жадыранова А.А.
Энергия шарттарын талдауға негiзделген $f(T, T)$ серпiлiс космологиясы.....205

Зиятбекова Г.З., Абдиманапова П.Б., Сағынтай О.А., Нұрым А.А., Ильинов Р.А.
Жасанды интеллект көмегiмен медициналық деректер бойынша
ауруларды болжау.....225

ХИМИЯ

Алмассов Н.Ж., Жумагалиева А.Н., Дүйсенбеков С.Е., Жакиев Н.К.
Қазақстанда сутегi өндiруге арналған гибрирдiк жаңартылатын энергия жүйелерiн
жобалау және оңтайландыру.....236

Амангелдi Б., Жаникулов Н., Таймасов Б., Айтуреев М., Даулетияров М.
Ақ портландцемент клинкерiн алу үшiн шикiзат шихта құрамын есептеу.....251

Баешов А., Ташенов Е.А., Атыханова С.Б., Кошкарбаева Ш.Т.
Композициялы күкiрт-графит электродын қолдану арқылы кадмий
сульфидiн электрохимиялық әдiспен алу.....267

Байсалова Г.Ж., Ажиханова Ж., Талтенов А.А., Құжатова П.
Қазақстан флорасындағы көпжылдық шөптесiн өсiмдiктердiң фенолдық
қосылыстарының жиынтық мөлшерiн анықтау.....277

**Дарменбаева А.С., Rajasekharan R., Жусипназарова Г.М., Мукажанова Ж.Б.,
Бегенова Б.Е.**
Хитозан және целлюлоза негiзiндегi композиттер: синтез, қасиеттерi және қолдану
перспективалары.....287

**Еркасов Р.Ш., Жамкенова А.С., Сергазина С.М., Нурмуханбетова Н.Н.,
Касенова Н.Б.**
Mn (II) кешендерiндегi сутектiк байланыстардың энергиясы мен табиғатына
галогеннiң әсерi: QТАІМ, NCI және энергия декомпозициясы.....304

Калимолдина Л.М., Шаихова Ж.Е., Калиева Б.К., Бубиш Ш., Аскарова Ш.К.
Күмiс нанобөлшектерiнiң бұршақ, лимон, мандарин, авокадо тұқымдарының
өнуiне әсерi.....320

Қуртебаева А.А., Álvarez-Torrellas S., Gomes Н.Т., Орынбаев С.Ә., Калмаханова М.С. Алаңдаушылық тудыратын ластаушы заттарды тиімді жою үшін белсендірілген көмір полимерлі мембраналар.....	334
Масенова А.Т., Жұмақанова А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Абильмагжанов А.З. ZSM-5 иерархиялық цеолитін бумен сілтілі модификациялау арқылы алу процесін онтайландыру.....	350
Мутушев А.Ж., Нұралы Ә.М., Санат А.С., Шаукарова М.А., Есимситова З.Б. Жарық түрлендіретін пленкалардың биоактивті қосылыстардың жинақталуына және жеміс сапасына әсері.....	366
Нефедов А.Н., Тайекенова А.Т. Мұнай өңдеу өнеркәсібінде органикалық коррозия ингибиторларын қолданудың қазіргі жағдайы.....	379
Омаров Б.Т., Алтыбаев Ж.М., Серикбаева Б.С. Органикалық қалдықтарды вермикомпостинг арқылы биогумус өндіру және оның агроэкологиялық тиімділігін зерттеу.....	399
Рахман Д.М., Қаппасұлы Ә., Махаева Д.Н., Қазыбаева Д.С., Ирмухаметова Ғ.С. Геллан–цистеин кешендері негізінде мукоадгезиялық гидрогельдерді әзірлеу және зерттеу.....	414
Сабыржанова А.Е., Болатқызы Н., Берганаева Г.Е., Дюсебаева М.А. Plantago Major жер үсті бөлігінің құрамындағы амин қышқылдары мен май қышқылдарын зерттеу.....	428
Сатаева С., Ахметова Ф., Уразова А., Айтуганова С., Ерниязова К. ЭД-20 эпоксидті желімдерінің физика-механикалық және эксплуатациялық қасиеттеріне ПЭПА концентрациясының ықпалы.....	439
Заманбек А.Ж., Кошкарбаева Ш.Т., Сатаев М.С. Күміс нанобөлшектерінің алыну әдістері мен антибактериалдық қасиеттері.....	450
Жоргарова А.А., Салькева Л.К., Минаева Е.В., Ибраев М.К., Фазылов С.Д. Фосфоносірке қышқылының эфирін синтездеу мен фосфорландырудың жаңа мүмкіндіктері.....	462

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Аймаганбетова З.К., Кулшымбаев Е.А., Жантурина Н.Н., Бекетова Г.К. Расчет по первому принципу электронных свойств двойного галогенидного перовскита Cs ₂ Ag _{0.2} Na _{0.4} In _{0.6} Ti _{0.4} Cl ₆ на основе программы Quantum Espresso.....	14
Амангелдинова С., Жүнісхан С., Калжигитов Н., Курмангалиева В. Исследование кластерной структуры зеркальных ядер ⁵ He и ⁵ Li в двухкластерном приближении.....	35
Чокин К., Отунчи Е., Кожрахметова А., Касенова А., Шонгалова А. Разработка и испытания лабораторной пирометаллургической установки для переработки литий-ионных аккумуляторов.....	46
Исаева А.Б., Бейсебаева А.С., Мадыбекова Г.М., Шиназбекова Ш.С., Иса А.Б. Сравнительный анализ физико-химических характеристик питьевой, родниковой и природной воды юга Казахстана.....	65
Ким В.Ю., Аймуратов Е.К. Поиск транзиентных космических событий методом сканирования неба широкоугольными телескопами.....	78
Коштыбаев Т.Б., Татенов А.М., Алиева М.Е., Тугелбаева Г.Т., Жаналиева Г.Ж. Исследование электромагнитного поля на основе термодинамических принципов.....	89
Мукамеденкызы В., Акбердиев Б. Численное исследование влияния угла наклона на устойчивость механического равновесия в бинарной газовой смеси Ar–N ₂	105
Мясникова Л.Н., Узакбаева С.С., Шанина З.К., Бекешев А.З. Кинетические свойства высокоплотного полиэтилена с добавлением хром-шпинельного порошка.....	119
Нурбаев Б.М., Дмитриева Е.А., Кемелбекова А.Е. Роль низкоразмерных слоистых структур в повышении стабильности перовскитных материалов на основе олова.....	136
Саттинова З., Ермаханова Ф., Асылбеков Б., Таймуратова Л. Влияние различных условий охлаждения и коэффициентов теплопередачи на затвердевание при формировании бериллиевых керамических изделий.....	149

Шестакова Л.И., Серебрянский А.В., Спасюк Р.Р., Омаров Ш.Т. Поиск газа кометно-метеорного происхождения во внутренней области Солнечной Системы: Свечение ионов СаII.....	165
Уалиханова У.А., Турсынказы Ф., Сыздыкова А.М., Алтаева Г.С., Алтайбаева А.Б. Изучение амплитуды $f(T)$ гравитационных волн с использованием функций Бесселя.....	179
Жексенбаева Г.А., Насирова Д.М., Айманова Г.К., Шомшекеева С.А. Фотометрическое исследование симбиотического объекта V725 Tau.....	194
Жусупова Н.К., Жадыранова А.А. Космология отскока в $f(T, \mathcal{J})$ гравитации на основе анализа энергетических условий.....	205
Зиятбекова Г.З., Абдимананова П.Б., Сағынтай О.А., Нұрым А.А., Ильинов Р.А. Использование искусственного интеллекта для прогнозирования заболеваний на основе медицинских данных.....	225

ХИМИЯ

Алмассов Н.Ж., Жумагалиева А.Н., Дуйсенбеков С.Е., Жакиев Н.К. Проектирование и оптимизация гибридных возобновляемых источников энергии для производства водорода в Казахстане.....	236
Амангелді Б., Жаникулов Н., Таймасов Б., Айтуреев М., Даулетияров М. Расчёт состава сырьевой шихты для получения белого порландцементного клинкера.....	251
Башов А., Ташенов Е.А., Атыханова С.Б., Кошкарбаева Ш.Т. Получение сульфида кадмия электрохимическим методом с использованием композитного сера-графитового электрода.....	267
Байсалова Г.Ж., Ажиханова Ж., Талтенов А.А., Кужатова П. Определение суммы фенольных соединений в многолетних травянистых растениях флоры Казахстана.....	277
Дарменбаева А.С., Rajasekharan R., Жусиппазарова Г.М., Мукажанова Ж.Б., Бегенова Б.Е. Композиты на основе хитозана и целлюлозы: синтез, свойства и перспективы применения.....	287
Еркасов Р.Ш., Жамкенова А.С., Сергазина С.М., Нурмуханбетова Н.Н., Касенова Н.Б. Влияние галогена на энергетику и природу водородных связей в Mn(II): QTAIM, NCI и энергодекомпозиция.....	304

Калимолдина Л.М., Шаихова Ж.Е., Калиева Б.К., Бубиш Ш., Аскарова Ш.К. Влияние наночастиц серебра на прорастание семян фасоли, лимона, мандарина, авокадо.....	320
Куртебаева А.А., Álvarez-Torrellas S., Gomes Н.Т., Орынбаев С.А., Калмаханова М.С. Полимерные мембраны с активированным углем для эффективного удаления загрязняющих веществ вызывающих обеспокоенность.....	334
Масенова А.Т., Жұмақанова А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Абильмагжанов А.З. Оптимизация процесса получения иерархического цеолита ZSM-5 паровой щелочной модификацией.....	350
Мутушев А.Ж., Нуралы А.М., Санат А.С., Шаукарова М.А., Есимсиитова З.Б. Влияние светопреобразующих плёнок на накопление биоактивных соединений и качество плодов.....	366
Нефедов А.Н., Тайекенова А.Т. Современное состояние применения органических ингибиторов коррозии в нефтепереработке.....	379
Омаров Б.Т., Алтыбаев Ж.М., Серикбаева Б.С. Получение биогумуса путем вермикомпостирования органических отходов и исследование его агроэкологической эффективности.....	399
Рахман Д.М., Қаппасұлы Ә., Махаева Д.Н., Казыбаева Д.С., Ирмухаметова Г.С. Разработка и исследование мукоадгезивных гидрогелей на основе комплексов геллан–цистеин.....	414
Сабыржанова А.Е., Болаткызы Н., Берганаева Г.Е., Дюсебаева М.А. Исследование аминокислот и жирных кислот в составе надземной части <i>Plantago Major</i>	428
Сатаева С., Ахметова Ф., Уразова А., Айтуганова С., Ерниязова К. Влияние концентрации ПЭПА на физические, механические и эксплуатационные свойства эпоксидных клеев ЭД-20.....	439
Заманбек А.Ж., Кошкарбаева Ш.Т., Сатаев М.С. Методы получения наночастиц серебра и антибактериальные свойства.....	450
Жоргарова А.А., Салькева Л.К., Минаева Е.В., Ибраев М.К., Фазылов С.Д. Новые возможности синтеза и фосфорилирования фосфонуксусного эфира.....	462

ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES
ISSN 2224-5227
Volume 1.
Number 357 (2026), 267–276

<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.419>

UDC: 541.13
IRSTI: 61.31.29

©Bayeshov A.^{1*}, Tashenov E.A.², Atykhanova S.B.³,
Koshkarbayeva Sh.T.², 2026.

¹D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan;

²South Kazakhstan Research University named after M. Auezov,
Shymkent, Kazakhstan;

³Kazakh National Pedagogical University named after Abai, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: bayeshov@mail.ru

PREPARATION OF CADMIUM SULFIDE BY ELECTROCHEMICAL METHOD USING A COMPOSITE SULFUR - GRAPHITE ELECTRODE

Bayeshov Abduali — Doctor of Chemical Sciences, Professor, D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: bayeshov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0745-039>;

Tashenov Yerkebulan — Doctoral student, M.O. Auezov South Kazakhstan Research University, Shymkent,

E-mail: Tashenov1987@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-6674-7501>;

Atykhanova Sabira — Doctoral student, Kazakh National Pedagogical University named after Abai, Almaty,

E-mail: sabi_jan.90@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1704-6229>;

Koshkarbayeva Shaizada — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, M. O. Auezov South Kazakhstan Research University, Shymkent,

E-mail: shayzada-1968@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8753-3245>.

Abstract. The electrochemical properties of a composite sulfur–graphite electrode and a cadmium electrode in a neutral medium were studied, and the effective parameters of the process were determined. The electrochemical synthesis method has several advantages compared with traditional thermochemical approaches, including lower process temperatures, easier reaction control, and a reduced amount of harmful emissions into the environment.

A sulfur–graphite electrode (SGE) containing sulfur was used as the cathode material in the experimental setup. During electrolysis, reduction occurred on this electrode with the formation of sulfide ions. A cadmium plate was used as the anode material. It was established that anodically polarized cadmium, dissolving into the solution in the form of Cd²⁺ ions, interacts with sulfide ions (S²⁻) in the electrolyte volume, resulting in the formation of a CdS precipitate at the bottom of the solution.

Electrolysis was carried out in a Na_2SO_4 solution. The main process parameters investigated included current density and electrolysis duration, and an elemental analysis of the composition of the obtained CdS product was performed. As a result of the synthesis, a CdS precipitate was formed, represented by a mixture of yellow hexagonal and cubic phases.

The samples were studied using UV–visible spectrophotometry, while the morphological and structural characteristics of the precipitate were investigated using scanning electron microscopy (SEM).

The results of the study showed that the electrochemical synthesis of cadmium sulfide is a simple and highly efficient method. The obtained cadmium sulfide can be used in the production of thin-film solar panels as an n-type conductive layer, as well as a component for the growth of optical crystals used in detectors, photovoltaic elements, and electronic devices.

In addition, cadmium sulfide can be used as a pigment for plastics, as a component in the production of electronics, optical devices, scintillators, piezoelectric and pyroelectric materials, as well as in mixtures for the synthesis of nanomaterials. Promising directions for its application also include photosensors, solar cells, and optoelectronic systems.

Keywords: composite sulfur-graphite (SGE) electrode, sodium sulfate, electrolysis, current density, cadmium, concentration, cadmium sulfide, cathode electrode

Financing. *This study was conducted as part of the targeted financing program for Project №10/ZhG, which is called «obtaining useful compounds through the processing of industrial harmful sulfur-containing waste».*

For citations: Bayeshov A., Tashenov E.A., Atykhanova S.B., Koshkarbayeva Sh.T. Preparation of Cadmium Sulfide by Electrochemical Method Using a Composite Sulfur–Graphite Electrode. *Academic Journal of Physical and Chemical Sciences*. 2026. No.1. Pp. 267–276. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.419>

©Баешов А.^{1*}, Ташенов Е.А.², Атыханова С.Б.³, Кошкарбаева Ш.Т.², 2026.

¹Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы, Қазақстан;

²М.О. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент, Қазақстан;

³Абай атындағы Қазақ ұлттық педогогикалық университеті, Алматы, Қазақстан.
E-mail: bayeshov@mail.ru

КОМПОЗИЦИЯЛЫ КҮКІРТ-ГРАФИТЭЛЕКТРОДЫН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ КАДМІЙ СУЛЬФИДІН ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ӘДІСПЕН АЛУ

Баешов Абдуали — химия ғылымдарының докторы, профессор, Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы, Қазақстан,
E-mail: bayeshov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0745-039>;



Ташенов Еркебулан — докторант, М.О. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: Tashenov1987@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-6674-7501>;

Атыханова Сабира — докторант, Абай атындағы Қазақ ұлттық педогогикалық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: sabi_jan.90@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1704-6229>;

Кошкарбаева Шайзада — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, М.О.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан зерттеу университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: shayzada-1968@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8753-3245>.

Аннотация. Бейтарап ортада күкірт–графитті композиттік электрод пен кадмий электродының электрохимиялық қасиеттері зерттеліп, процестің тиімді параметрлері анықталды. Электрохимиялық синтез әдісі дәстүрлі термохимиялық тәсілдермен салыстырғанда бірқатар артықшылықтарға ие, соның ішінде процестің төмен температурада жүруі, реакцияны басқарудың қарапайымдылығы және қоршаған ортаға зиянды шығарындылардың аз болуы.

Эксперименттік қондырғыда катод материалы ретінде құрамында күкірті бар күкірт–графитті электрод (СГЭ) қолданылды. Электролиз барысында осы электродта тотықсыздану реакциясы жүріп, сульфид-иондары түзілді. Анод материалы ретінде кадмий пластинасы пайдаланылды. Анодтық поляризацияланған кадмий ерітіндіге Cd^{2+} иондары түрінде өтіп, электролит көлеміндегі сульфид-иондарымен (S^{2-}) әрекеттесіп, нәтижесінде ерітінді түбінде CdS тұнбасы түзілетіні анықталды.

Электролиз Na_2SO_4 ерітіндісінде жүргізілді. Процестің негізгі параметрлері ретінде ток тығыздығы мен электролиз ұзақтығы зерттелді, сондай-ақ алынған CdS өнімінің элементтік құрамына талдау жасалды. Синтез нәтижесінде сары түсті гексагональды және кубтық фазалардың қоспасынан тұратын CdS тұнбасы алынды.

Үлгілер ультракүлгін–көрінетін спектrophотометрия әдісімен зерттелді, ал тұнбаның морфологиялық және құрылымдық сипаттамалары сканерлеуші электрондық микроскопия (SEM) көмегімен анықталды.

Зерттеу нәтижелері кадмий сульфидінің электрохимиялық синтезі қарапайым әрі жоғары тиімді әдіс екенін көрсетті. Алынған кадмий сульфиді жұқа қабатты технологияларға негізделген күн панельдерін өндіруде n-типті өткізгіш қабат ретінде, сондай-ақ детекторларда, фотоэлектрлік элементтерде және электрондық құрылғыларда қолданылатын оптикалық кристалдарды өсіру үшін компонент ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Сонымен қатар кадмий сульфиді пластмассаларға арналған пигмент ретінде, электроника өндірісінде, оптикалық құрылғыларда, сцинтилляторларда, пьезо-және пироэлектрлік материалдарда, сондай-ақ наноматериалдарды синтездеуге арналған қоспалар құрамында қолданылуы мүмкін. Оның қолданылуының перспективасы бағыттарына фотосенсорлар, күн элементтері және оптоэлектрондық жүйелер жатады.

Түйін сөздер: композициялы күкірт–графит (ККГ) электроды, натрий сульфаты, электролиз, ток тығыздығы, кадмий, концентрация, кадмий сульфиді

©Баешов А.^{1*}, Ташенов Е.А.², Атыханова С.Б.³,
Кошкарбаева Ш.Т.², 2026.

¹Институт топлива, катализа и электрохимии имени Д.В. Сокольского,
Алматы, Казахстан;

²Южно-Казахстанский Исследовательский университет имени М.О. Ауэзова,
Шымкент, Казахстан;

³Казахский Национальный педагогический университет имени Абая,
Алматы, Казахстан.
E-mail: bayeshov@mail.ru

ПОЛУЧЕНИЕ СУЛЬФИДА КАДМИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПОЗИТНОГО СЕРА- ГРАФИТОВОГО ЭЛЕКТРОДА

Баешов Абдуали — доктор химических наук, профессор, Институт топлива, катализа и электрохимии имени Д.В. Сокольского, Алматы, Казахстан,

E-mail: bayeshov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0745-039>;

Ташенов Еркебулан — докторант, Южно-Казахстанский Исследовательский университет имени М.О. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: Tashenov1987@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-6674-7501>;

Атыханова Сабир — докторант, Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан,

E-mail: sabi_jan.90@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-1704-6229>;

Кошкарбаева Шайзада — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Южно-Казахстанский Исследовательский университет имени М.О. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: shayzada-1968@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8753-3245>.

Аннотация. В исследовании, посвященном разработке электрохимического метода синтеза сульфида кадмия, были изучены электрохимические свойства композитного сера-графитового электрода и кадмиевого электрода в нейтральной среде, а также определены эффективные параметры процесса. Метод электрохимического синтеза обладает рядом преимуществ по сравнению с традиционными термодимическими подходами, включая более низкую температуру процесса, простоту управления реакцией и меньшее количество вредных выбросов в окружающую среду.

В качестве катодного материала в экспериментальной установке использовали сера-графитовый электрод (СГЭ), содержащий серу. В процессе электролиза на данном электроде происходило восстановление с образованием сульфид-ионов. В качестве анодного материала применяли кадмиевую пластину. Установлено, что анодно-поляризованный кадмий, переходя в раствор в виде ионов Cd^{2+} , взаимодействует в объеме электролита с сульфид-ионами S^{2-} , в результате чего на дне раствора образуется осадок CdS .

Электролиз проводили в растворе Na_2SO_4 . В качестве основных параметров процесса были исследованы плотность тока, продолжительность электролиза, а также выполнен элементный анализ состава полученного продукта CdS . В результате синтеза образовался осадок CdS , представленный смесью желтой

гексагональной и кубической фаз. Образцы были исследованы методом УФ-видимой спектrophотометрии, а морфологические и структурные характеристики осадка изучены с использованием сканирующей электронной микроскопии (SEM).

Результаты исследования показали, что электрохимический синтез сульфида кадмия является простым и высокоэффективным методом. Полученный сульфид кадмия может применяться при производстве солнечных панелей на основе тонкопленочных технологий в качестве проводящего слоя n-типа, а также как компонент для выращивания оптических кристаллов, используемых в детекторах, фотогальванических элементах и электронных устройствах. Кроме того, сульфид кадмия может использоваться как пигмент для пластмасс, как компонент при производстве электроники, оптических устройств, скинтилляторов, пьезо- и пирозлектрических материалов, а также в составе смесей для синтеза наноматериалов. Перспективными направлениями его применения также являются фотосенсоры, солнечные элементы и оптоэлектронные системы.

Ключевые слова: композитный серно-графитовый (ККГ) электрод, сульфат натрия, электролиз, плотность тока, кадмий, концентрация, сульфид кадмия, катодный электрод

Кіріспе. Қазіргі уақытта –химия өнеркәсіптерінде, металлургия мен өндірістің басқа да түрлі салаларында күкірттің –полисульфиді, сульфиді, тиосульфаты, сульфаты, және сульфитті қосылыстарына деген қажеттілікдүние жүзі бойынша жылдан жылға артып келеді. Сол үшін, химиялық өндірістерге, ауыл шаруашылығына сондай-ақ металлургия саласына қажетті күкіртқұрамды қосылыстарды пайдалануға деген сұраныстарды қанағаттандыру үшін, тиімді және ұтқыр технологияны пайдалана отырып, элементті күкірттен оның пайдалы қосылыстарын синтездеудің отандық өндіріс орнын құру өте өзекті мәселелердің бірі деп айтуға болады (Baeshov, 2014).

Әдеби шолу. Зерттеу жұмысында кадмий сульфидін алудың электрохимиялық тәсілі ұсынылған. Кадмий сульфидіжартылай өткізгіш, оптоэлектроника, фото-вольтаика, сенсорлар және жарық детекторлары сондай-ақ люминофорлар сияқты көптеген заманауи технологияларда кең қолданылатын материалдардың бірі.

Табиғи және техногенді шикізат көздерінен соның ішінде мұнайды өңдеу кезіндегі мұнайға ілесіп шыққан күкіртсутек газын залалсыздандырғанда түзілген элементті күкіртті бағалы және пайдалы қосылыстардысинтездеуде қолдану экономика тұрғысынан тиімді технологиясын жасау, өте маңызды іс шара болып табылады. Бұл, еліміздің отандық өндірістің даму аумағын кеңейтіп қана қоймай, әрі қоршаған орта мен табиғатқа зиянсыз жасыл эконмиканы құруға мүмкіндік береді (Menkovsky, 1985).

Кадмий сульфидінің құрылымдық қасиеттерін, түйіршік өлшемінжәне электрлік параметрлерін басқару олардың функционалдық мүмкіндіктерін айқындайды. Сондықтан кадмий сульфидін алу тәсілдерін жетілдіру, оның ішінде экологиялық қауіпсіз, арзан және тиімді технологияларын дамыту маңызды ғылыми міндет болып табылады.

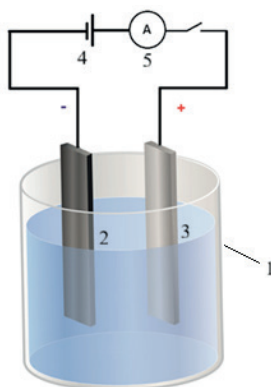
Электрохимиялық синтез – жартылай өткізгіш материалдарды алудың

перспективалы әдістерінің бірі. Бұл тәсіл температураның салыстырмалы түрде төмен диапазонында жүзеге асады, электролит құрамын, ток бойынша шығымын, электролиз ұзақтығын, ток тығыздығынбасқару арқылы кадмий сульфидінің түзілуінің тиімді параметрлерін дәл анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар электрохимиялық әдіс энергия шығыны төмен, технологиялық тұрғыдан қарапайым және масштабтауға қолайлы.

Материалдар мен әдістер. Біздің жұмысымыздың негізгі мақсаты, кадмий сульфиді қосылысын синтездеудің электрохимиялық жаңа әдісін жасау, ол үшін ең алдымен композициялы күкірт-графит электродының электрохимиялық қасиеттерін жан- жақты саралай отырып үрдістің тиімді параметрлерін анықтау керек. Осы мақсатта композициялы күкірт-графит электроды жасалынды. Электрод құрамындағы күкірт пен графиттің масалық ара қатынасы – S:C = 1:1 болды. Академик А. Баешовтың және шәкірттерінің зерттеу жұмыстарында композициялы КГЭ дайындаудың бірнеше әдіс тәсілдерін келтірген және патенттермен қорғалған (Baeshov, 2015).

Кадмий сульфидін алу - электролиз әдісімен зерттеу жүргізілді. Кадмий сульфидінің түзілуіне әр түрлі параметрлердің әсері (электролиз ұзақтығы, ток тығыздығы, ток бойынша шығымы) зерттелді. Түзілген кадмий сульфидінің құрамы УК-көрінетін аймақтың сканерлеуші спектрофотометрімен элементті талдау жасалды, тұнбаның морфологиялық және құрылымдық қасиеттері сканерлеуші электронды микроскопия (SEM), әдістерімен сипатталды.

Нәтижелер мен талқылаулар. Кадмий сульфидін синтездеуді органикалық шыныдан жасалғанарасы бөлінбеген электролизерде жүргізілді. Катод ретінде композициялы күкірт-графит электроды, ал анод болып кадмий металл пластинкасы қолданылды. Электролизер натрий сульфаты ерітіндісімен толтырылды (1-сурет). Кадмий ионы натрий сульфаты ерітіндісінде гидролизге ұшырмайтыны белгілі, сол себепті бейтарап орта ерітіндісі қолданылды. Күкірт-графит электродындағы ток тығыздығының әсері зерттелді.



1 сурет – Композициялы күкірт-графит электродын қолдану арқылы кадмий сульфидін алуға арналған электролизердің принципіальдысхемасы: электролизердің кеңістігі – натрий сульфаты ерітіндісімен толтырылған. 1-электролизер; 2- композициялы күкірт-графит электроды; 3- кадмий электроды; 4- ток көзі; 5- амперметр;

Жоғарыда келтірілген электролизерде электродтарды поляризациялау кезде электродтарда төмендегідей реакциялар орын алады:

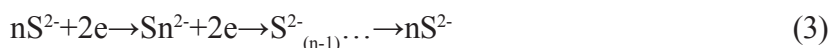
Анодты поляризациялау кезінде кадмий электродынатрий сульфаты ерітіндісіндеоңай ионизацияланып кадмий иондары түзіледі:



Катодты поляризацияланған композициялы КГЭ құрамындағы күкірт тотықсызданып, полисульфид және моносулфид иондары түзіледі, демеккелесі реакциялар орын алады:



Алполисульфид-иондары біртіндеп моносулфид-иондарына дейін тотықсызданады:



Бөлек жүргізілген зерттеулердің нәтижелері бойынша, алғашқы уақытта электролизердің катод кеңістігіндегі электролиттің түсі полисульфид иондарына тән қызғылт-сары реңге боялып, уақыт өткен сайын түссізденетіндігі байқалды. Бұл құбылысты полисульфид- иондарының біртіндеп моносулфид-иондарына өтетіндігімен түсіндіруге болады. Өйткені, полисульфид иондарына қызғылт-сары түс беретін, олардың құрамындағы күкірттің өз атомдары екендігі белгілі.

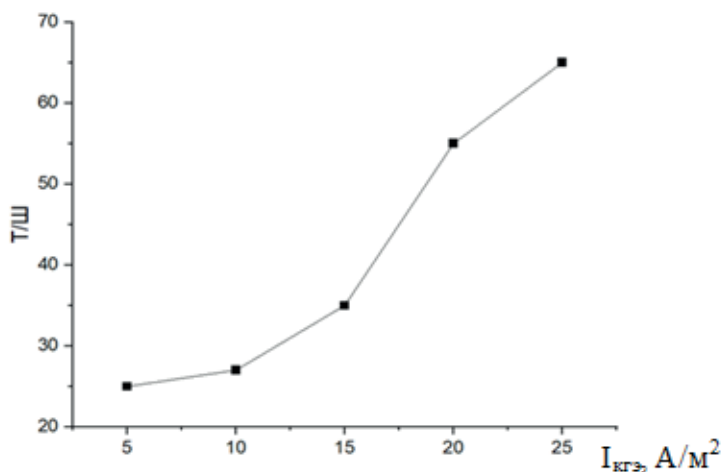
Электролиз кезінде түзілген сульфид иондары электродтар аралығында кадмий иондарымен әрекеттесіп кадмий сульфиді түзіледі:



Бұл қосылыстың түзілуі CdS тұнбасының ерігіштік көбейтіндісінің (ЕК $8,0 \cdot 10^{-27}$) төмендігімен түсіндіруге болады.

Катодты поляризациялаған кезде композициялы КГЭ құрамындағы күкірттің тотықсыздануына түрлі параметрлердің әсері қарастырылды.

Композициялы КГЭ-ның тотықсызданып кадмий сульфидінің түзілуіне – электродтағы ток тығыздығының натрий сульфаты концентрациясының әсерлері зерттелінді.



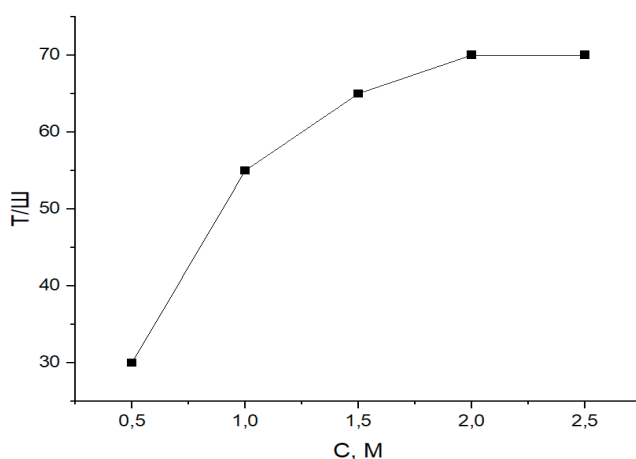
$$\text{Na}_2\text{SO}_4 - 1 \text{ M}, \tau = 0,5 \text{ с}, t = 25\text{C}^0$$

1 сурет– Композициялы күкірт-графитэлектродын поляризациялағанда кадмий сульфидінің түзілуінің ток тығыздығына әсері

Электролиз жүргізу барысында композициялы КГЭІМ натрий сульфатының ерітіндісінде поляризацияланған кезде 1 суретте көрсетілгендей ток бойынша шығым күрт өтесіндігі байқалды.

КГЭ ток тығыздығы 5-25 A/м² аралығында өзгерткенде кадмий сульфидінің түзілуінің ток бойынша шығымының өсуіне әсер ететіндігі зерттеу нәтижелері көрсетті.

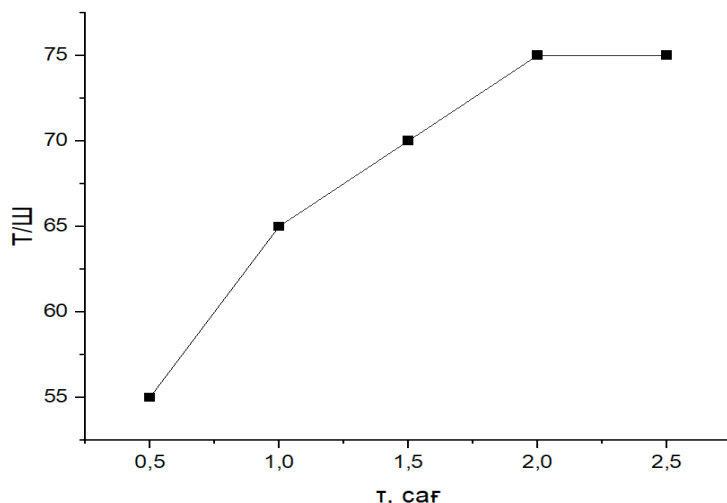
Натрий сульфаты ерітіндісінің концентрациясын 0,5-2,5 M аралығында өсіргенде кадмий сульфидінің түзілуінің ток бойынша шығымының жоғарылайтындығын зерттеу нәтижелері көрсетті.



$$I_{\text{КГЭ}} = 20 \text{ A/М}^2, \tau = 0,5 \text{ с}, t = 25\text{C}^0$$

2 сурет– Электролизердің катодкеңістігінде түзілген кадмий сульфидінің түзілуіне натрий сульфаты концентрациясының әсері

3 - суретте келтірілген зерттеу нәтижелері, кадмий сульфидінің түзілуіне электролиз процесінің ұзақтығына әсері көрсетілді. Кадмий сульфидінің түзілуі уақыт өте келе аздап көтерілетіндігі анықталды. Алғашқы кездеэлектродтар арасында алғаш келген Cd^{2+} және S^{2-} иондары әсерлеседі, уақыт өткен сайын диффузия нәтижесінде иондардың концентрациясы көбейе бастайды.



$Na_2SO_4-1 M, I_{кэ} = 20 A/M^2, t = 25C^0$

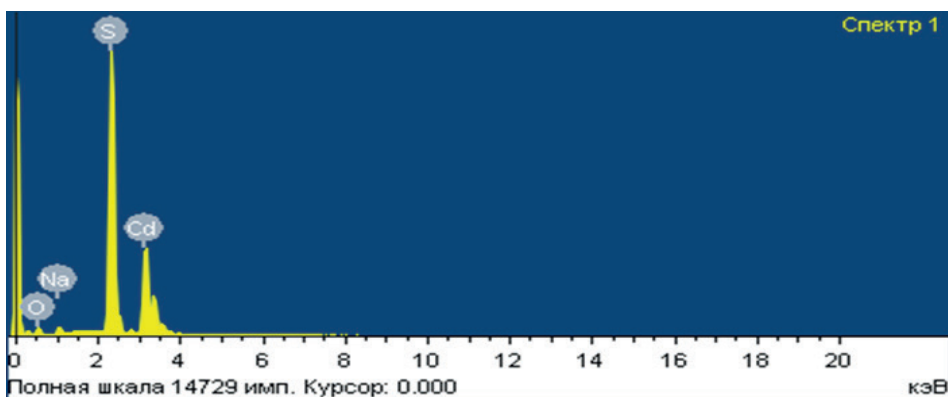
3 сурет–Композициялы күкірт-графитэлектродын поляризациялағанда түзілген кадмий сульфидініңэлектролиз ұзақтығынаәсері

Электролиз нәтижесінде түзілген мырыш сульфиді қосылысын электролиттен сүзіп бөліп алып, жуып, одан соң кептірілді. Элементті анализ нәтижелері, төмендегі нәтижелер көрсетті (1-кесте)

Композициялы күкірт-графит және кадмий электродтарын поляризациялаған кезде түзілген тұнбаның құрамында 22,54% күкірт, 71,73% кадмий элементтері бар екендігін көрсетеді. Демек бұл мәліметтер кадмий сульфидінің түзілгенін дәлелдеп тұр. Электролиз процесі натрий сульфаты ерітіндісінде жүргендіктен, тұнба құрамында 2,11% натрий иондары бар екендігі анықталды. Тұнбаны бірнеше қайталап жуу арқылы, таза кадмий сульфидін алуға болады.

1-кесте. Электролизден кейінгі алынған мырыш сульфиді қосылысын элементтік құрамы.

Спектр	O	S	Na	Cd	Барлығы
Спектр 1	3,69	22,18	2,14	72,01	100,00
Спектр 2	3,56	22,81	2,11	71,52	100,00
Спектр 3	3,61	22,63	2,09	71,67	100,00
Орташа	3,62	22,54	2,11	71,73	100,00



4-суретте алынған мырыш сульфиді ұнтақтарының элементті анализ нәтижесінің спектрінің көрінісі

Зерттеу нәтижелері композициялы күкірт-графит электродын натрий сульфаты ерітіндісінде катодтыанодты поляризациялау кезінде түзілген сульфид иондары мен кадмий иондары әрекеттестіріп кадмий сульфидін түзілетіндігін көрсетеді:

Қорытынды. Қорыта айтқанда алғаш рет композициялық күкірт-графит және кадмий электродтарын қолдану арқылы электролиз жүргізген кезде катодта түзілген сульфид иондарымен анодта түзілген кадмий иондары өз ара әрекеттесіп құрамында 71,73 % кадмий, 22,54 % күкірт бар кадмий сульфиді тұнбасы түзілетіндігі анықталды. Композициялы КГЭ катодта ток тығыздығын жоғарлатқан кезде және электролиз ұзақтығы артқан сайын кадмий сульфидінің түзілуінің ток бойынша шығымы да артатындығы анықталды.

References

Baeshov A.B., Konyrbaev A. Sarbayeva M.G. Myrysh (2014) Myrysh sulfidın elektrohimiyalıq әдіспен alu [Obtaining zinc sulfide by electrochemical method]. Izvestiya NAS RK, 2014. – №. 6. – P. 44-49. (in Kazakh)

Baeshov A.B., Ivanov N.S. Myrzabekov B.E. (2014) Kompozitsiyaly kükırt-grafıt elektrodnyñ anody polarizatsiyasy [Anode polarization of composite sulfur-graphite electrode. News of NAS RK, 2014. – №. 6. – P. 3-4. (in Kazakh)

Baeshov A.B., Konurbaev A.E., Zhurinov M.Zh., (2013) Baeshova A.K. Problemy utilizacii sery i vozmozhnost' sozdaniya tekhnologii polucheniya flotoreagentov [Problems of sulfur utilization and the possibility of creating a technology for producing flotation reagents]. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Innovative development of the oil and gas complex of Kazakhstan». Aktau, 2013. – Vol. 2. – P. 448-451. (in Russian)

Baeshov A., Zhdanov S.I., Baeshova A.K. and others (1997) Elektrohimiya sery i ee soedinenij [Electrochemistry of sulfur and its compounds], Science, Almaty. – 1997. – 160 p. (in Russian)

Baeshov A., Figinene I.V., Dospaev M. (2017) Elektrohimicheskiy sintez soedinenij sery [Electrochemical synthesis of sulfur compounds]. Publishing house "glasir", Karaganda, 2017. – 273 p. (in Russian)

Baeshov A., Mamyrbekova A., Omarova E. And others. (2006) Sposoby izgotovleniya serografıtovogo elektroda [Methods of manufacturing a serographite electrode], Preliminary patent of the Republic of Kazakhstan 17771 dated 09.03.2005, byul. 9, 2006. (in Russian)

Menkovsky M.A., Yavorsky V.T. (1985) Tekhnologiya sery [Technology of sulfur]. – Moscow, 1985. – 327 p. (in Russian)

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](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 16.03.2026.

Формат 60x88¹/₈.
18,0 п.л. Заказ 1.