

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

**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**№3
2026**

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

2026 • 3



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 of the Research Institute of Petroleum Refining and Petrochemicals (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960> <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

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 Tlekkaul 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>, <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>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

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 Жұрыңұлы, 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/authid/detail.uri?authorId=6602177960%3Fhl=ru&https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакция ұжымы:

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

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, "Фитохимия" ғылыми-өндірістік орталығы " АҚ директоры (Қарағанды, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/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/authid/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/authid/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/authid/detail.uri?authorId=57221375979>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/399768>

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

САНГ-СУ Квак, PhD (биохимия, агрохимия), профессор, Корея Биология және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIIBV), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

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

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

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

БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/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/authid/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/authid/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/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағұлы, 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>, <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/authid/detail.uri?authorId=6701353063>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

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

ӘБІЛМАҒЖАНОВ Арлан 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

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 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 НИИ нефтепереработки и нефтехимии (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960%3Cp%3Ehttps://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакционная коллегия:

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>

АДЕКЕНОВ Сергезы 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>

ОЛИВЬЕРО Росси 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), (Джэон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендинович, 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 Авгазыевич, 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 Мухамбеткали, 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 им. 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 Жабағаевич, 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>

АБИЛМАТЖАНОВ 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

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», 2026

CONTENTS

PHYSICS

Aliuly A., Kaltayev A.

Aliuly A., Kaltayev A. Assessment of the Applicability of Similarity Laws for Centrifugal Pump Scaling Based on Hydrodynamic Modeling.....14

Baratov A.G., Sailaubek A., Serik A.S.

Synthesis and Investigation of a Narrow-Bandgap SrTaO₂N-Based Photocatalyst.....33

Nurbayev B., Dmitriyeva E., Kemelbekova A.

Modern Methods of Selective Lithium Leaching from Spent Lithium-Ion Batteries.....45

Seitov A., Amanzholov T.

Comparative Analysis of One-Dimensional Physical-Hydrodynamic Models of Centrifugal Flow in an Impeller for Mineralized Media.....60

Syzdykova A.M., Serikbayev N.S., Kutum B.B.

Local Kodama-Type Transformations and Integrability Limits of the Extended Fifth-Order Korteweg-de Vries Equation.....83

Ualikhanova U.A., Ussipkyzy T., Altayeva G.S., Razina O.V.

Calculation of the Screened $f(T)$ Gravity Model.....101

Zhadyranova A.A., Tsyba P.Yu., Ismail U.K., Yerzhan B.

Divergence-Free Deceleration Parameter, Kinematic Constraints from DESI DR2 and Cosmic Chronometers.....123

Zhenishan K., Bekov S.S., Syzdykova A.M.

The Influence of Gaussian Process Parameters on Reconstructing the Hubble Constant.....146

CHEMISTRY

Amangeldi B., Zhanikulov N., Taimasov B., Aitureev M., Dauletiyarov M.

Research of the Firing Processes and Whiteness of White Cement Clinkers.....155

Baisalova G.Zh., Bauyrzhanova G.B., Niyaz G.A., Taltenov A.A., Ainabayev A.A.

Study of the Chemical Composition of Ethanol Extracts of Lady's Mantle by Gas Chromatography-Mass Spectrometry.....169

Bishimbaev V.K., Kapsalyamov B.A.

Hydrogeochemical Indicators of Sulfuric-Acid Uranium Leaching Impact on Groundwater in Shieli and Zhanakorgan Districts.....183

Darmenbayeva A.S., Aubakirova R.A. Nurgaliyeva D.A., Abylkassova G.E., Abilmazhinova G.A.

Structural and Morphological Features of Polymer-Metal Functional Materials.....205

Dyusebaeva M.A., Berganayeva A.E., Ibragimova N.A., Utaraliev D.M., Berganayeva G.E.

Green synthesis of silver nanoparticles using the n-butanol fraction of Galega officinalis L.....223

Dyussembekova S.B., Utarova D.A., Kuspanov Zh.B., Daulbayev Ch.B., Abdikarimova U.A. Investigation of the Effect of SrTiO ₃ Heat Treatment on the Photocatalytic Efficiency of the \	
Decomposition of an Amphoteric Antibiotic.....	239
Issayeva U.B., Akhmetova G.S., Praliyev K.D., Malmakova A.E., Seilkhanov T.M. 1-Benzyl-4-(p-Fluorobenzoyloxyimino)Piperidine Hydrochloride as a Candidate for	
an Anti-Infective Agent.....	252
Kamunur K., Yskak M., Mussapyrova L. Effect of Chemical Modification of Sodium Lignosulfonate on Flotation Properties in the	
Barite – Calcite System.....	264
Kononov A., Kamunur K., Mussapyrova L., Assylkhanova D., Batkal A. Obtaining and Studying the Inorganic Flocculant Al–Fe–Mn Based on Modified Bentonite.....	276
Kurmangaliyeva A.1, Akhmetova F.2, Kareshova Zh.1, Iskakov R. PDMA-Modified Tagan Bentonite for Hydrogen Production in Catalytic Conversion	
of Hydrocarbons.....	292
Kurtebayeva A.A., Silvia Álvarez-Torrellas., Noor Haida Mohd Kaus., Gomes H.T., Kalmakhanova M.S. Corn-Cob-Derived Fe-Modified Activated Carbons for Paracetamol and Sulfamethoxazole	
Removal by Adsorption and Oxidative Treatment.....	307
Nadirov R.K., Nurtazina N.D., Ryskaliyeva R.G. Response Surface Modelling and Optimisation of Ilmenite Flotation Using a Modified	
Lignosulphonate Reagent.....	334
Nefedov A.N., Taikenova A.T., Imashev B.K., Nurislamov R.M., Leontyeva X. Quantum Computing in the Modeling of Corrosion Processes.....	350
Nurkenov O.A., Fazylov S.D., Syzdykov A.K., Kabiyeve S.K., Zhaslan R.K. Synthesis and Structural Study of 3,5-Dimethylisoxazole Sulfone Derivatives with Secondary	
Amines.....	365
Orazbekova R.S., Tungatarova S.A., Baizhumanova T.S., Kaumenova G.B., Zhumabek M. Influence of Reaction Mixture Composition in Steam Reforming of Bioethanol on a High-Entropy	
Oxide Catalyst.....	382
Ryskaliyeva R.G., L.K. Beisembayeva, Osserov T.B. Hydrocyclone Classification of Balkhash Processing Plant Tailings.....	398
Sass A.S., Torlopov I.I., Rakhmetova K.S., Kenzin E.N., Zhurinov M. Formation and Maturation of Phosphate Coatings on Steel from an Alcohol-Based	
Phosphating Solution.....	418
Sdikova G.Zh., Dalabayeva N.S., Balkembay A.S., Sarova N.B., Zhaltyrbayeva N.K. Effect of Electrolyte Formulation on the Characteristics of Zinc-Based	
Electroplated Coatings.....	435
Seitkaliyeva N., Kussainova G., Zhursumbayeva M., Mohamad Ibrahim M.N., Abdiyev K. Study of the Flocculation Properties of Itaconic Acid-Based Copolymers.....	448

Sergazina S.M., Nurmukhanbetova N.N., Ostretsova I.B., Kamze A.R., Kassenova N.B. Comprehensive Assessment of Natural Drinking Water Quality and Statistical Analysis of Physicochemical Parameters.....	460
Talgatkyzy A., Nazhipkyzy M., Otenov A., Seitkazinova A., Issanbekova A. Wood Waste-Derived Organosolv Lignin-Based Carbon Nanofibers For Energy Storage Applications.....	475
Toktabayeva A.K., Makhayeva D.N., Rakhmetullayeva R.K., Rvaidarova G.O., Issenova G.D. Synthesis, Structure, and Physicochemical Properties of Sulfur-Containing Composites Based on Aniline, p-Phenylenediamine, Phenol, and Formaldehyde.....	498
Yeshmanova G.B., Smagulov D.U. Effect of Silicon-Based Particles on the Formation and Composition of PEO Coatings.....	517
Zhortarova A.A., Kubicek V., Ibrayev M.K., Panshina S.Y., Seidakhmetova R.B. N-Phosphorylation of Amino-thiazoles and Amino-Thiadiazoles with P(III)- and P(V)-Reagents: Synthesis, Structure, and Biological Activity.....	538
Zhussupova A., Tyumentseva O., Antonyuk V. Comparative Study of the Kinetics and Energy Characteristics of Planetary Milling of Copper Smelting Dump Slag and Granulated Lead-Smelting Slag.....	552

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

Әлиұлы А., Калтаев А.

Гидродинамикалық модельдеу негізінде ортадан тепкіш сорғыларды масштабтауда ұқсастық заңдарының қолданылуын бағалау.....14

Баратов А.Ғ., Сайлаубек А., Серік А.С.

SrTaO_2N негізіндегі тар тыйым салынған аймақты фотокатализаторды алу және зерттеу.....33

Нұрбаев Б., Дмитриева Е., Кемелбекова А.

Пайдаланылған литий-ионды аккумуляторлардан литийді селективті шаймалаудың заманауи әдістері.....45

Сейтов А.Н., Аманжолов Т.Е.

Минералданған орталарға арналған жұмыс дөңгелегіндегі ортадан тепкіш ағыстың бірөлшемді физикалық–гидродинамикалық модельдерін салыстырмалы талдау.....60

Сыздыкова А.М., Серикбаев Н.С., Кутум Б.Б.

Кенетейлген бесінші ретті Кортевег-де Фриз тендеуінің локалды кодам типті түрлендіруі мен интегралдану шектері.....83

Уалиханова У.А., Үсіпқызы Т., Алтаева Г.С., Разина О.В.

Экрандалған $f(T)$ – гравитация моделінің есебі.....101

Жадыранова А.А., Цыба П.Ю., Исмаил Ү.Қ., Ержан Б.

Дивергенциясыз бәсеңдеу параметрі, DESI DR2 және космикалық хронометрлер деректері бойынша кинематикалық шектеулер.....123

Жеңіскан Қ., Беков С.С., Сыздыкова А.М.

Хаббл тұрақтысын реконструкциялауға Гаусстық процестер параметрлерінің әсері.....146

ХИМИЯ

Амангелді Б., Жаникулов Н., Таймасов Б., Айтүреев М., Даулетияров М.

Ақ цемент клинкерлерінің күйдіру процестерін және ақтығын зерттеу.....155

Байсалова Г.Ж., Бауыржанова Г.Б., Нияз Г.А., Талтенов А.А., Айнабаев А.А.

Газ хроматография-масс-спектрометрия әдісімен кәдімгі теңгежапырақ өсімдігінің этанолды сығындыларының химиялық құрамын зерттеу.....169

Бишимбаев В.К., Капсаямов Б.А.

Шиелі және Жаңақорған аудандарындағы уранды күкірт қышқылымен шаймалаудың жер асты суларына әсерінің гидрогеохимиялық көрсеткіштері.....183

Дарменбаева А.С., Аубакирова Р.А., Нурғалиева Д.А., Абылкасова Г.Е., Абильмажинова Г.А.

Полимер-металл функционалдық материалдардың құрылымдық-морфологиялық ерекшеліктері.....205

Дюсебаева М.А., Берганаева А.Е., Ибрагимова Н.А., Утаралиев Д.М., Берганаева Г.Е.

Galega officinalis L. өсімдігінің N-бутанолдық фракциясы арқылы күміс нанобөлшектерін жасыл синтездеу.....223

Дюсембекова С.Б., Утарова Д.А., Құспанов Ж.Б., Даулбаев Ч.Б., Әбдікәрімова Ұ.Ә. Термиялық өңделген SrTiO ₃ фотокатализаторларының екідайлы антибиотикті тиімді ыдыратуын зерттеу.....	239
Исаева Ұ.Б., Ахметова Г.С., Пірәлиев Қ.Ж., Малмакова А.Е., Сейлханов Т.М. Жұқпалы ауруларға қарсы кандидат ретінде 1-бензил-4-(П-фторбензоилоксиимино) пиперидин гидрохлориді.....	252
Қамұнұр Қ., Ысқақ М., Мусапирова Л. Барит–кальцит жүйесіндегі натрий лигносульфонатының флотациялық қасиеттеріне химиялық модификацияның әсері.....	264
Кононов А., Қамұнұр Қ., Мусапирова Л., Асылханова Д., Батқал А. Модификацияланған бентонит негізіндегі Al–Fe–Mn бейорганикалық флокулянтын алу және зерттеу.....	276
Қурманғалиева А.1, Ахметова Ф., Карешова Ж., Исаков Р. Көмірсутектердің каталитикалық конверсиясы арқылы сутек алуға арналған ПДМА-модификацияланған таған бентониті.....	292
Қуртебаева А.А., Álvarez-Torrellas S., Noor Haida Mohd Kaus., Gomes H.T., Калмаханова М.С. Жүгері собықтарынан алынған темірмен модификацияланған белсендірілген көмірлермен парацетамол мен сульфаметоксазолды адсорбциялық-тотығу жолымен жою.....	307
Надиров Р.К., Нуртазина Н.Д., Рыскалиева Р.Г. Модификацияланған лигносульфонатты реагентті қолдану арқылы ильменит флотациясының жауап бетін модельдеу және оңтайландыру.....	334
Нефедов А.Н., Тайекенова А.Т., Имашев Б.К., Нурисламов Р.М., Леонтьева К.А. Коррозиялық процестерді модельдеудегі кванттық есептеулер.....	350
Нүркенов О.А., Фазылов С.Д., Сыздықов А.К., Қабиева С.Қ., Жаслан Р.К. Екіншілік аминдермен 3,5-диметилизоксазолдың сульфотуындыларын синтездеу және құрылымдық зерттеу.....	365
Оразбекова Р.С., Тунгатарова С.А., Байжұманова Т.С., Кауменова Г.Б., Жұмабек М. Жоғары энтропиялық оксид катализаторы қатысында биоэтанолдың бу риформингісіне реакциялық қоспа құрамының әсері.....	382
Рыскалиева Р.Г., Бейсембаева Л.К., Осеров Т.Б. Балқаш байыту фабрикасының байыту қалдықтарын гидроциклондық классификациялау.....	398
Сасс А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Кензин Э.Н., Жұрынов М. Спирт негізіндегі фосфаттау ерітіндісінен болат бетінде фосфатты жабындардың қалыптасуы және жетілуі.....	418
Сдикова Г.Ж., Далабаева Н.С., Балкембай А.С., Сарова Н.Б., Жалтырбаева Н.К. Мырыш негізіндегі гальваникалық қаптамалардың қасиеттеріне электролит құрамының әсері.....	435

Сейтқалиева Н., Құсаинова Г., Жүрсімбаева М., Мохамад Ибрагим М.Н., Әбдиев Қ. Итакон қышылы негізіндегі сополимерлердің флокуляциялық қасиеттерін зерттеу.....	448
Сергазина С.М., Нұрмұханбетова Н.Н., Острцова И.Б., Камзе А.Р., Касенова Н.Б. Табиғи ауыз су сапасын кешенді бағалау және физика-химиялық көрсеткіштерге статистикалық талдау.....	460
Талгатқызы Ә., Нажиқызы М., Өтенов Ә., Сейтқазинаова Ә., Исанбекова А. Ағаш қалдықтарынан алынған органосольв лигнин негізіндегі көміртеккі талшықтарды энергия сақтау жүйелерінде қолдану.....	475
Тоқтабаева Ә.Қ., Махаева Д.Н., Рахметуллаева Р.Қ., Рвайдарова Г.О., Исенова Г.Д. Анилин, п-фенилендиамин, фенол және формальдегид негізіндегі күкіртқұрамды композиттердің синтезі, құрылымы және физика-химиялық қасиеттері.....	498
Ешманова Г.Б., Смағұлов Д.У. Кремний негізіндегі бөлшектердің ПЭО жабындарының қалыптасуы мен құрамына әсері.....	517
Жортарова А.А., Kubicek V., Ибраев М.Қ., Паньшина С.Ю., Сейдахметова Р.Б. Р(III) және Р(V) реагенттерімен аминотиазолдар мен аминок-тиадиазолдарды N-фосфорлирлеу: синтезі, құрылымы және биологиялық белсенділігі.....	538
Жұсупова А., Тюменцева О., Антонюк В. Үйінді мыс балқыту шлагы мен қорғасын балқытудың түйіршіктелген шлагын планетарлық ұнтақтау кинетикасы мен энергетикасын салыстырмалы зерттеу.....	552

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Әлиұлы А., Калтаев А.

Оценка применимости законов подобия при масштабировании центробежных насосов на основе гидродинамического моделирования.....14

Баратов А.Г., Сайлаубек А., Серік А.С.Получение и исследование узкозонного фотокатализатора на основе SrTaO_2N33**Нұрбаев Б., Дмитриева Е., Кемелбекова А.**

Современные методы селективного выщелачивания лития из отработанных литий-ионных аккумуляторов.....45

Сейтов А.Н., Аманжолов Т.Е.

Сравнительный анализ одномерных физико-гидродинамических моделей центробежного течения в рабочем колесе для минерализованных сред.....60

Сыздыкова А.М., Серикбаев Н.С., Кутум Б.Б.

Локальные преобразование типа кодамы и пределы интегрируемости расширенного уравнения Кортевега-де Фриза пятого порядка.....83

Уалиханова У.А., Усипкызы Т., Алтаева Г.С., Разина О.В.Расчёт экранированной модели $f(T)$ -гравитации.....101**Жадыранова А.А., Цыба П.Ю., Исмаил У.Қ., Ержан Б.**

Дивергентно-свободный параметр замедления, кинематические ограничения по данным DESI DR2 и космических хронометров.....123

Женискан К., Беков С.С., Сыздыкова А.М.

Влияние параметров Гауссового процесса на реконструкцию постоянной Хаббла.....146

ХИМИЯ

Амангелди Б., Жаникулов Н., Таймасов Б., Айтурсев М., Даулетияров М.

Исследование процессов обжига и белизны клинкеров белых цементов.....155

Байсалова Г.Ж., Бауыржанова Г.Б., Нияз Г.А., Талтенов А.А., Айнабаев А.А.

Изучение химического состава этанольных экстрактов манжетки обыкновенной методом газ хроматографии-масс-спектрометрии.....169

Бишимбаев В.К., Капсалямов Б.А.

Гидрогеохимические индикаторы воздействия сернокислотного выщелачивания урана на подземные воды районов Шиели и Жанакоргана.....183

Дарменбаева А.С., Аубакирова Р.А., Нургалиева Д.А., Абылкасова Г.Е., Абилямажинова Г.А.

Структурно-морфологические особенности полимер-металлических функциональных материалов.....205

Дюсебаева М.А., Берганаева А.Е., Ибрагимова Н.А., Утаралиев Д.М., Берганаева Г.Е. Зеленый синтез серебряных наночастиц с использованием N-бутанольной фракции Galega Officinalis L.....	223
Дюсембекова С.Б., Утарова Д.А., Куспанов Ж.Б., Даулбаев Ч.Б., Абдикаримова У.А. Исследование влияния термической обработки SrTiO ₃ на фотокаталитической эффективности разложения амфотерного антибиотика.....	239
Исаева У.Б., Ахметова Г.С., Пралиев К.Д., Малмакова А.Е., Сейлханов Т.М. Гидрохлорид 1-бензил-4-(п-фторбензоилоксиимино) пиперидина в качестве кандидата в противомикробное средство.....	252
Қамұнұр Қ., Ысқақ М., Мұсапирова Л. Влияние химической модификации лигносульфоната натрия на его флотационные свойства в системе барит–кальцит.....	264
Кононов А., Қамұнұр Қ., Мұсапирова Л., Асылханова Д., Батқал А. Получение и исследование неорганического флокулянта Al–Fe–Mn на основе модифицированного бентонита.....	276
Курмангалиева А., Ахметова Ф., Карешова Ж., Исаков Р. ПДМА-модифицированный таганский бентонит для получения водорода при каталитической конверсии углеводородов.....	292
Қуртебаева А.А., Álvarez-Torrellas S., Noor Haida Mohd Kaus., Gomes Н.Т., Калмаханова М.С. Модифицированные железом активированные угли из кукурузных початков для адсорбционно-окислительного удаления парацетамола и сульфаметоксазола.....	307
Надиров Р.К., Нуртазина Н.Д., Рыскалиева Р.Г. Моделирование поверхности отклика и оптимизация флотации ильменита с использованием модифицированного лигносульфонатного реагента.....	334
Нефедов А.Н., Тайекенова А.Т., Имашев Б.К., Нурисламов Р.М., Леонтьева К.А. Квантовые вычисления в моделировании коррозионных процессов.....	350
Нуркенов О.А., Фазылов С.Д., Сыздыков А.К., Кабиева С.К., Жаслан Р.К. Синтез и структурное исследование сульфопроизводных 3,5-диметилизоксазола совторичными аминами.....	365
Оразбекова Р.С., Тунгатарова С.А., Байжұманова Т.С., Кауменова Г.Б., Жұмабек М. Влияние состава реакционной смеси в паровом риформинге биоэтанола на высокоэнтропийном оксидном катализаторе.....	382
Рыскалиева Р.Г., Бейсембаева Л.К., Осеров Т.Б. Гидроциклонная классификация хвостов обогащения Балхашской обогажительной фабрики.....	398
Сасс А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Кензин Э.Н., Журинов М. Формирование и созревание фосфатных покрытий на стали из фосфатирующего раствора на основе спирта.....	418

Сдикова Г.Ж., Далабаева Н.С., Балкембай А.С., Сарова Н.Б., Жалтырбаева Н.К. Влияние состава электролита на свойства гальванических покрытий на основе цинка.....	435
Сейткалиева Н., Кусаинова Г., Журсумбаева М., Мохамад Ибрагим М.Н., Абдиев К. Исследование флокулирующих свойств сополимеров на основе итаконовой кислоты.....	448
Сергазина С.М., Нурмуханбетова Н.Н., Острцова Н.Б., Камзе А.Р., Касенова Н.Б. Комплексная оценка качества природной питьевой воды и статистический анализ физико-химических показателей.....	460
Талгаткызы А., Нажибкизы М., Отенов А., Сейтказинова А., Исанбекова А. Углеродные волокна на основе органосольв лигнина, полученного из древесных отходов, для применения в системах хранения энергии.....	475
Токтабаева А.К., Махаева Д.Н., Рахметуллаева Р.К., Рвайдарова Г.О., Исенова Г.Д. Синтез, структура и физико-химические свойства серосодержащих композитов на основе анилина, п-фенилендиамина, фенола и формальдегида.....	498
Ешманова Г.Б., Смагулов Д.У. Влияние частиц на основе кремния на формирование и состав ПЭО покрытий.....	517
Жортарова А.А., Kubicek V., Ибраев М.К., Панышина С.Ю., Сейдахметова Р.Б. N-фосфорилирование аминотиазолов и аминок-тиадиазолов с помощью реагентов Р(III) и Р(V): синтез, структура и биологическая активность.....	538
Жусупова А., Тюменцева О., Антонюк В. Сравнительное исследование кинетики и энергетики планетарного измельчения отвального медеплавильного шлака и гранулированного шлака свинцовой плавки.....	553

ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES
ISSN 2224-5227
Volume 3.
Number 359 (2026), 435-447

<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.485>

UDC: 621.357
IRSTI: 31.15.33

©Sdikova G.Zh.¹, Dalabayeva N.S.^{2*}, Balkembay A.S.³, Sarova N.B.⁴,
Zhaltyrbayeva N.K.⁴, 2026.

¹M. Utemisov West Kazakhstan University, Oral, Kazakhstan;

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

³Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebayev, Atyrau, Kazakhstan;

⁴Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan.

*Email: nazgulds81@gmail.com

EFFECT OF ELECTROLYTE FORMULATION ON THE CHARACTERISTICS OF ZINC-BASED ELECTROPLATED COATINGS

Sdikova Guliya — Candidate of Chemical Sciences, Senior Lecturer, M. Utemisov West Kazakhstan University, Oral, Kazakhstan,

E-mail: sdikova.guliya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7949-1521>;

Dalabayeva Nazgul — Candidate of Chemical Sciences, Senior Lecturer, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: nazgulds81@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6824-2100>;

Balkembay Akku — Master's degree, lecturer, Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebayev, Atyrau, Kazakhstan,

E-mail: akku.balkimbay@aogu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0003-1189-0045>;

Sarova Nurbanu — Candidate of Chemical Sciences, Senior Lecturer, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: sarova.n@kaznmu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7541-2224>;

Zhaltyrbayeva Nazym — Master, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: nazzhaltyrbayeva@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-3453-8544>.

Abstract. This article examines the most effective electrolytes used in the galvanizing process and determines the effect of electrolyte compositions No. 1 and 2 on the properties and quality of zinc-based galvanic coatings. The electrolyte properties for producing zinc-based galvanic coatings were determined using an electrochemical method. The experiment utilized 12X18H10T steel plates. The surface of the plates prepared for coating application was prepared in accordance with GOST 15612-2013. At the beginning of the experiment, mechanical treatment reduced the plate surface roughness and eliminated some imperfections, resulting in a metallic luster. Before applying the galvanic coatings, the steel plate surface was chemically degreased. The experiment was used to calculate the mass of metal collected on the cathode,

the surface area of the product, the volume of deposited metal, the thickness of the deposited metal, the electrolysis time, and the current density. During the experiment, the compositions of acid electrolytes No. 1 and No. 2 and the hydrolysis mode were selected. Electrolyte No. 1 exhibited uneven coating and dendrite formation on the plate surface due to the lack of surfactants and uneven temperature. Sulfate electrolyte No. 2 produced a uniform, even coating on the metal plate, which can be explained by the sufficient surfactant content (dextrin) and elevated temperature. Galvanizing produced a galvanic coating that protected against corrosion. In accordance with the test methodology, electrolyte No. 2 produced a coating 41 microns thick. It was established that the quality of galvanic coatings depends on the electrolyte composition, its temperature, current density, and the presence of surfactants (dextrin, gelatin, wood glue).

Keywords: galvanic coatings; steel; metal products; corrosion; galvanizing; electrochemical method; electrolyte

For citations: Sdikova G.Zh., Dalabayeva N.S., Balkembay A.S., Sarova N.B., Zhaltyrbayeva N.K. *Effect of Electrolyte Formulation on the Characteristics of Zinc-Based Electroplated Coatings. Academic Journal of Chemistry. 2026. No.000. Pp. 435-447. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.485>*

©Сдикова Г.Ж.¹, Далабаева Н.С.^{2*}, Балкембай А.С.³, Сарова Н.Б.⁴,
Жалтырбаева Н.К.⁴, 2026.

¹М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті, Орал, Қазақстан;

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

³С.Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті, Атырау, Қазақстан;

⁴Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан.

*Email: nazgulds81@gmail.com

МЫРЫШ НЕГІЗІНДЕГІ ГАЛЬВАНИКАЛЫҚ ҚАПТАМАЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ЭЛЕКТРОЛИТ ҚҰРАМЫНЫҢ ӘСЕРІ

Сдикова Гулия — химия ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, М.Өтемісов атындағы Батыс Қазақстан университеті, Орал, Қазақстан,

E-mail: sdikova.guliya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7949-1521>;

Далабаева Назгуль — химия ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: nazgulds81@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6824-2100>;

Балкембай Акқу — магистр, оқытушы, С.Өтебаев атындағы Атырау мұнай және газ университеті, Атырау, Қазақстан,

E-mail: akku.balkimbay@aogu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0003-1189-0045>;

Сарова Нұрбану — химия ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: sarova.n@kaznmu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7541-2224>;

Жалтырбаева Назым — магистр, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: nazzhaltyrbayeva@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-3453-8544>.



Аннотация. Мақалада мырыштау процесінде қолданылатын ең тиімді электролиттер қарастырылып, мырыш негізіндегі гальваникалық қаптамалардың қасиеттеріне №1 және 2 электролиттер құрамының әсері және олардың қасиеттері анықталды. Электрохимиялық әдіспен гальваникалық қаптамаларды дайындауға арналған электролиттің қасиеттері анықталды. Гальваникалық қаптамаларды алуда электрохимиялық әдістің көмегімен электролиттер құрамының өзгерісінің әсері зерттелді. Тәжірибе кезінде 12X18H10T маркалы болаттан жасалған таспалар қолданылды, ал жабуға дайындалған бөліктің беті МемСТ 15612-2013 сәйкес өңдеу тазалығына ие болды. Біріншіден механикалық дайындық кезінде беттік қабаттың кедір-бұдырлығы азайтылды, сондай-ақ кейбір кемшіліктері жойылды және беттік қабатқа металдық жылтырлық берілді.

Гальваникалық қаптаманы алу үшін болат таспалардың беті химиялық майсыздандырылды. Тәжірибе барысында катодта жиналған металл массасы, бұйымның беттік ауданы, шөгілген металл көлемі, шөгілген металл қалыңдығы, электролиз уақыты, ток тығыздығы есептелді. Қышқылды мырыштау кезіндегі №1 және №2 электролит құрамы мен гидролиз режимі көрсетілді. №1 электролит құрамында БАЗ қатыспауының және температураның бірқалыпты болмауының әсерінен қаптаманың біркелкі болмауы және дендриттердің түзілуі байқалды. №2 электролит бойынша құрамындағы декстриннің жеткілікті мөлшері мен температураны көтеру кезінде пайда болған болат таспаның біртекті қаптама алынды. Коррозиядан қорғайтын, декоративті де максатта қолдануға тиімді мырыш негізіндегі гальваникалық қаптама алынды. Әдістемеге сәйкес, мырыштау процесі нәтижесінде №2 электролит бойынша 41 мкм таспа қалыңдығы алынды. Қаптаманың сапасы электролиттің құрамына, оның температурасына, ток тығыздығына және БАЗ (декстрин, желатин, ағаш желімі) болуына байланысты өзгеріске ұшырайтыны анықталды.

Түйін сөздер: гальваникалық қаптама; болат; металлбұйымдар; коррозия; мырыштау; электрохимиялық әдіс; электролит

©Сдикова Г.Ж.¹, Далабаева Н.С.^{2*}, Балкембай А.С.³, Сарова Н.Б.⁴,
Жалтырбаева Н.К.⁴, 2026.

¹Западно-Казахстанский университет имени М. Утемисова, Уральск, Казахстан;

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

³Атырауский университет нефти и газа имени С.Утебаева, Атырау, Казахстан;

⁴Казахский национальный педагогический университет имени Абая,
Алматы, Казахстан.

*Email: nazgulds81@gmail.com

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЭЛЕКТРОЛИТА НА СВОЙСТВА ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЦИНКА

Сдикова Гулия — кандидат химических наук, старший преподаватель, Западно-Казахстанский университет имени М. Утемисова, Уральск, Казахстан,
E-mail: sdikova.guliya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7949-1521>;

Далабаева Назгуль — кандидат химических наук, старший преподаватель, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,
E-mail: nazgulds81@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6824-2100>;

Балкембай Акку — магистр, преподаватель, Атырауский университет нефти и газа имени С.Утебаева, Атырау, Казахстан.

E-mail: akku.balkimbay@aogu.edu.kz, <https://orcid.org/0009-0003-1189-0045>;

Сарова Нұрбану — кандидат химических наук, старший преподаватель, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан,

E-mail: sarova.n@kaznmu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7541-2224>;

Жалтырбаева Назым — магистр, Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан,

E-mail: nazzhaltyrbayeva@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-3453-8544>.

Аннотация. В статье рассмотрен наиболее эффективный состав электролитов, используемых в процессе цинкования металлических пластин, определено влияние состава электролитов №1 и 2 на свойства и качество гальванических покрытий на основе цинка. Электрохимическим методом определены свойства электролита для цинкования гальванических покрытий. В ходе эксперимента были использованы стальные пластины марки 12Х18Н10Т, поверхность пластин, подготовленных к нанесению покрытий была подготовлена в соответствии с ГОСТ 15612-2013. В начале эксперимента, с помощью механической обработки была уменьшена шероховатость поверхности пластины, а также устранены некоторые недостатки, в результате чего поверхностному слою был придан металлический блеск. Перед применением гальванических покрытий поверхность стальных пластин подвергали химическому обезжириванию. В ходе эксперимента была рассчитана масса металла, собранного на катоде, площадь поверхности изделия, объем осажденного металла, толщина осажденного металла, время электролиза, плотность тока. В ходе эксперимента подобран состав кислотного электролита №1 и №2 и режим гидролиза. В электролите №1 отмечено неравномерное покрытие и образование дендритов на поверхности пластины под влиянием отсутствия ПАВ и неравномерного температурного режима. В результате использования сульфатного электролита №2 получено однородное равномерное покрытие металлической пластины, что можно объяснить влиянием достаточного содержания ПАВ (декстрин) и повышения температуры. В соответствии с методикой испытаний в результате использования электролита №2 получено гальваническое покрытие на основе цинка, защищающее от коррозии, толщиной 41 мкм. Установлено, что качество гальванических покрытий зависит от состава электролита, его температуры, плотности тока и наличия поверхностно-активных веществ (декстрин, желатин, столярный клей).

Ключевые слова: гальванические покрытия; сталь; металлоизделия; коррозия; цинкование; электрохимический метод, электролит

Кіріспе. Қазіргі таңда машина жасау, мұнай-газ өнеркәсібі, энергетика, көлік және құрылыс салаларында қолданылатын металл конструкцияларының ұзақ мерзімді сенімділігі олардың коррозиялық төзімділігіне тікелей байланысты.

Атмосфералық, өндірістік және теңіздік ортада қолданылатын болат бұйымдар электрохимиялық коррозияға ұшырап, олардың пайдалану мерзімі айтарлықтай қысқарады. Сондықтан металдардың коррозиядан қорғанысын қамтамасыз ететін жаңа технологияларды жетілдіру қазіргі химияның материалтану мен электрохимия ғылымы саласындағы маңызды бағыттарының бірі болып табылады.

Гальваникалық қаптамалар металл бетінің физика-химиялық қасиеттерін жақсартудың ең тиімді әдістерінің бірі болып саналады. Электрохимиялық тұндыру нәтижесінде алынған гальваникалық қаптамалар металдың механикалық беріктігін арттырады, коррозияға төзімділігін, тозуға беріктігін және декоративтік қасиеттерін де жақсартады.

Мырыштың электрохимиялық потенциалы темірге қарағанда теріс болғандықтан, болатты анодтық қорғау механизмі арқылы сенімді қорғайды. Гальваникалық қаптаманың бетінде механикалық зақым пайда болған жағдайда мырыш анод ретінде еріп, болаттың коррозиясын баяулатады. Сондықтан мырыштау технологиясы мұнай-газ құбырларын, құрылыс конструкцияларын, автомобиль бөлшектерін және әртүрлі машина жасау бұйымдарын қорғаудың тиімді әдістің бірі болып табылады (Abbott et al., 2019; Boivin et al., 2025).

Соңғы жылдары мырыш қаптамаларын алу технологияларын жетілдіру мақсатында электролит құрамын жетілдіруға ерекше назар аударылуда. Электролитке енгізілетін органикалық және бейорганикалық қосылыстар металдың кристалдану кинетикасына әсер етіп, жабынның құрылымы мен қасиеттерін өзгертеді. Әсіресе декстрин, желатин және басқа да беттік-белсенді заттар катод бетінде адсорбцияланып, кристалдардың бағытталған өсуін реттейді. Нәтижесінде жабынның түйіршік өлшемі кішірейіп, бетінің тегістігі артып, ішкі кернеулер азаяды.

Қазіргі ғылыми әдебиеттерде мырыш қаптамаларын кешенді зерттеу үшін электрохимиялық әдістермен қатар физикалық және физика-химиялық талдау тәсілдері кеңінен қолданылады. Олардың қатарына рентгендік фазалық талдау (XRD), инфрақызыл Фурье-спектроскопия (FTIR), сканерлеуші электрондық микроскопия (SEM), энергия-дисперсиялық спектроскопия (EDS), электрохимиялық импеданстық спектроскопия (EIS) және потенциодинамикалық поляризация әдістері жатады. Бұл әдістер жабынның фазалық құрамын, морфологиясын, элементтік құрамын және коррозиялық тұрақтылығын кешенді бағалауға мүмкіндік береді.

Осы зерттеуде мырыш негізіндегі гальваникалық қаптамалардың қасиеттеріне электролит құрамының әсері электрохимиялық әдістер арқылы қарастырылды. Алынған нәтижелер қазіргі ғылыми әдебиеттердегі мәліметтермен салыстырылып, электролит құрамын жетілдірудің қаптама сапасына әсері ғылыми тұрғыдан талданды. Зерттеу нәтижелері болашақта физикалық және физика-химиялық талдау әдістерін қолдана отырып кешенді зерттеулер жүргізуге ғылыми негіз болады (Feng et al., 2017).

Материалдар мен зерттеу әдістері. Гальваникалық қаптамалардың сапасын

анықтайтын негізгі операциялар бөлшектердің бетін қаптауға дайындаумен байланысты болып табылады. Барлық ақаулы қаптамалардың 70% дейін бөлшектерді дайындау сапасының төмендігімен байланысты екені анықталды (Umer et al., 2025). Сондықтан жоғары сапалы қаптамаларды дайындау операциялары дәл орындалғанда және жалпы талаптар сақталған жағдайда ғана мүмкін болады. Қаптау әрқашан бөлікті өндірудің технологиялық процесінің соңғы операциясы болып табылады (Beltowska-lehman et al., 2002). Сондықтан дәнекерлеу, термиялық және механикалық өңдеу жұмыстары бұрын жасалуы керек, ал жабуға дайындалған бөліктің беті сыздада қарастырылған МемСТ 15612-2013 сәйкес өңдеу тазалығына ие болуы керек. Қапталатын беттерден бұрандаларды, қабықтарды, қабыршақты, бұрын қолданылған қаптамалардың қабатын және металл емес қосындыларды алып тастау керек. Қаптамадан кейін түзету оның тұтастығы мен тегістігін бұзатын ойықтар, жіптердің зақымдалуы және басқа ақаулардың болуына жол берілмейді. Егер ашық жерлер бар болса, онда химиялық төзімді материалдармен тиісті түрде қорғалуы керек (Jothi et al., 2013). Бөлшектерді жабудың толықтығы мен біркелкілігінің шарттары ең жақсы болатындай етіп орналастырылуы қажет. Жабылатын бөлшектердің беті мұқият майсыздандырылуы керек, содан кейін таза ағынды сумен жуылады. Әрқашан бөлшектердің бетінде болатын оксидтерді шөгу немесе тұздау арқылы жою керек. Оксидтердің болуы металл бөлшектерге қаптаманың адгезиясының беріктігін айтарлықтай төмендетеді. Кейін бөліктерді суық ағынды сумен мұқият шаю керек (Nuno et al., 2017). Өңдеу және жуғаннан кейін бөлшектерді дереу гальваникалық қаптамаға арналған ванналарға салу керек.

Өндірісте конструктивті материалдар ретінде кеңінен қолданылатын алюминий, кадмий, титан құймалары, коррозияға берік қалайы, молибден, вольфрам секілді материалдардың беттік қабатында қалыпты жағдайда тотық қабықшалары оңай түзілетіндіктен, мұндай материалдардың беттік қабатына гальваникалық қаптаманы отырғызу түзілген тотық қабықшаларынан айырылғаннан кейін ғана мүмкін болады. Сондықтанда әрбір металдың және құйманың беттік қабатын алдын ала дайындалу қажет. Гальваникалық қаптаманы қаптау алдында бөлшектің беттік қабатын дайындаудың белгілі механикалық, химиялық, электрохимиялық түрлері бар.

Жұмыс барысына әрбір тәжірибе үш тәуелсіз қайталаумен жүргізілді, әр үлгі үшін үш параллель өлшеу орындалды. Тәжірибелік қателік стандартта ауытқу мен салыстырмалы қателікті есептеу арқылы бағаланды. Нәтижелердің қайталанымдылығы тәжірибе шарттарының (температура, ылғалдылық, тәжірибе ұзақтығы, реактивтердің тазалық дәрежесі мен концентрациясы) бірдей сақталуы, стандартталған әдістеме, калибрленген жабдық пайдалану арқылы қамтамасыз етілді (сенімділік деңгейі - 95%). Кездейсоқ факторлардың әсерін азайту үшін үлгілерді дайындау мен өлшеулерді жүргізудің бірыңғай тәртібі қолданылды.

Нәтижелер мен талқылаулар. Тәжірибе кезінде 12X18H10T маркалы болаттан жасалған таспалар қолданылды, алдымен егеуқұм қағазымен механикалық өңделінді, кейін сызаттардан арылу мақсатында дистелденген

сумен әбден жуылды. Натрий гидроксидінің ерітіндісімен 60-80°C температурада майсыздандырылып, күкірт қышқылымен тазартылды.

Майсыздандыру қаптамалардың сапасына (олардың адгезиясына) үлкен әсер етеді. Ластанған бетте электрохимиялық қаптамалар мүлдем пайда болмайды немесе бөлшектің бетіне үздіксіз, нашар жабысады (Zhang et al., 2023; Bhat et al., 2020). Электролиттің құрамын таңдағанда оның электр өткізгіштігін, эмульгациялау және ылғалдандыру қабілетін, сондай-ақ катод материалына әсерін ескеру қажет. 1 - кестеге сәйкес электрохимиялық майсыздандыруға арналған ерітіндінің құрамы көрсетілген.

Кесте 1. Электрохимиялық майсыздандыруға арналған ерітінді құрамы.

Ерітінді компоненттері	Майсыздандыратын ерітінді құрамы, г/л		
	Үздіксіз ванналарға арналған болат бөлшектері үшін	Болат сымдары мен құбырлар үшін	Түсті металдар үшін
NaOH	20 - 40	50 - 150	-
Na ₃ PO ₄	20 - 40	-	20 - 40
NaHCO ₃	20 - 40	-	20 - 40
Na ₂ O · SiO ₂	3 - 5	30 - 80	3 - 5
Температура, °C	60 - 80	60 - 80	60 - 80
Ток тығыздығы, А/дм ²	2 - 10	40	2 - 10

Тазалау процесін жүргізудің кері әдісімен анодты өңдеу уақыты әдетте катодты өңдеу уақытының 1/5-1/15 құрайды. Ваннадағы жұмыс кернеуі 2,5-3 В- тан жоғары болуы керек (майсыздандыру ванналарындағы судың ыдырау кернеуі); әдетте 6-12 В кернеуі бар түзеткіштер қолданылады (Hani et al., 2020; Feng et al., 2017). Электр энергиясын үнемдеу үшін электродтар арасындағы қашықтық минималды болу керек және әдетте 0,05 - 0,15 м құрайды (Byk et al., 2008; Bhat et al., 2021). Екінші электрод ретінде анодты майсыздандыру кезінде - болат (катод), катодты және кері майсыздандыру кезінде - коррозияға төзімді болат, никельмен қапталған көміртекті болат таспалары қолдануға болады.

Тәжірибе барысында қолданылған таспаны электрохимиялық тазарту үшін 60 - 62 мл концентренген күкірт қышқылы қолданылды. Электрохимиялық тазарту майсыздандыру процесінен соң орындалады, себебі, механикалық және майсыздандырылған таспаның бетінде толық тазартылмаған бөлшектердің болуының әсерінен күкірт қышқылында электрохимиялық ұяшықта тазарту процесі жүргізіледі (Yang et al., 2021; Kishika et al., 2025).

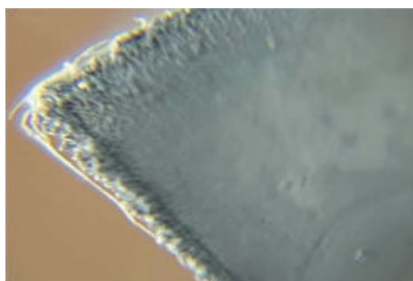
Гальваникалық қаптамаларды қолданар алдында бөлшектердің бетін химиялық майсыздандыру, әдетте, электрохимиялық майсыздандырудан бұрын болады; ол негізінен бөлшектерде қалың май қабаты болған кезде қолданылады. Майларды жоюдың химиялық әдісі олармен органикалық еріткіштердің немесе сілтілік ерітінділердің өзара әрекеттесуіне негізделген, бұл олардың еруіне, сабындануына немесе эмульсиялардың пайда болуына әкеледі (García et al., 2026).

Эксперимент барысында қолданылған болат таспалары мырышпен қапталған үлгілердің қолданылған электролит құрамына сай алынған нәтижелері 2 кестеде көрсетілген.

Кесте 2. Қышқылды мырыштау кезіндегі электролит құрамы мен гидролиз режимі.

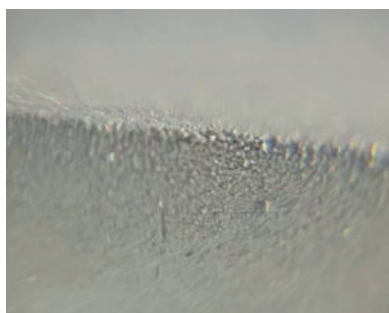
Құрамы, г/л	№1	№2
Мырыш сульфаты, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	30	30
Натрий сульфаты, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	7,0	7,5
Ашудастар, $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	7,0	7,5
Декстрин	-	1,5
pH	3,6-4,4	3,0-4,0
t, °C	15-20	30

2 кестеде №1 және №2 электролиттердің құрамына сәйкес БАЗ әсерінен қаптаманың біркелкі болмауы және температураның бірқалыпты болмауы әсерінен дендриттердің түзілуі байқалды. Алынған қаптаманың кемшіліктерін 100-еселі микроскоппен түсірген 1-суреттен байқауға болады.



Сурет 1. Болат таспаның №1 мырыштау электролиті нәтижесіндегі үлгісі.

№2 электролит бойынша құрамындағы декстриннің жеткілікті мөлшері мен температураны көтеру кезінде пайда болған болат таспаның біртекті қаптамасы алынды, оны 2 - суреттен байқауға болады.



Сурет 2. Болат таспаның №2 мырыштау электролиті нәтижесіндегі үлгісі.

Мырыш қаптамасының қалыңдығын есептеулер нәтижесі келесіде көрсетілген. Мырыш электрохимиялық эквиваленті $C = 1,22 \text{ г/см}^3$ және стандартты үлестік салмағына $7,13 \text{ г/см}^3$. Катодта жиналған металл массасы $0,781 \text{ г}$ болды. №1 электролитке батырылған таспа бетінің ауданы: $28,181 \text{ см}^2$, №2 электролитке батырылған таспа бетінің ауданы: $26,6901 \text{ см}^2$. Шөгілген металл массасы $0,109 \text{ см}^3$. Шөгілген металл қалыңдығын, қапталатын металл бұйымының беттік ауданы мен тұнған металдың көлемі белгілі болған жағдайда, шөгілген металл №2 электролитке батырылған таспаның қалыңдығы 41 мкм тен болды. Ал, №1 электролитке батырылған таспаның бетіне шөгілген қалыңдығы 38 мкм болды. Жүргізілген жұмыстың нәтижесіне сәйкес жасалынған есептеуден соң қаптама қалыңдығының оңтайлы, көбірек қапталауына мүмкіндік берді. Металлдың шөгілдіруге 65 мин уақыт кетті. №2 электролитке батырылған ток тығыздығы $0,022 \text{ А/дм}^2$, №1 электролитке батырылған таспаның бетіне шөгілген ток тығыздығы: $0,021 \text{ А/дм}^2$. Тәжірибенің бірден - бір мақсаты, белгілі бір электролит құрамының әсерін анықтау әрі ол электролиттік сапалылығы мен қалыңдығының 40 мкм жоғары болуын қамтамасыз ету.

Электролит температурасының жоғарылауы диффузиялық процестердің қарқындылығын арттырып, металл иондарының катод бетіне жеткізілуін жеңілдетеді. Соның нәтижесінде қаптаманың өсу жылдамдығы тұрақтанып, оның құрылымы біркелкі қалыптасады. Сонымен қатар декстриннің енгізілуі кристалдардың бағытталған өсуін шектеп, жабынның тығыздығын арттырады. Бұл алынған тәжірибелік нәтижелермен де сәйкес келеді: №2 электролит арқылы алынған жабынның қалыңдығы жоғары және морфологиясы біркелкі болды. Мырыш қаптамасының жоғары қорғаныш және анодтық қасиетіне, сондай-ақ, қолжетімділігіне байланысты өндірістің көптеген салаларында кеңінен қолданады. Мырыш қаптамасын тұндыруға әртүрлі электролиттер қолданады.

Тәжірибеден 3-кестеге сәйкес мырыш қаптамасының электролит құрамының өзгеруі әсерінен пайда болған ақауларды анық көруге болады. Мырыш қаптамасында көрсетілген декстринсіз алынған қаптамада қабыршақталған таспаның бар болуын байқауға болады. Декстрин бұл БАЗ, ол таспаға электролит әсерінен пайда болатын қаптамалардың қасиетіне, құрамына кері әсерін тигізбей, керісінше, қаптаманың болат таспасына ыңғайлы әрі тез қапталуына оң әсерін тигізеді. Декстринді $1,5 - 3 \text{ г}$ көлемінде алып, ыстық суда араластырады. Дайын болған ерітіндіні электролитке қосады.

Зерттеу нәтижелері мырыш негізіндегі гальваникалық қаптамалардың сапасы электролит құрамына, технологиялық режимдерге және БАЗ қатысуына тікелей тәуелді екенін көрсетті. Электролиттің физика-химиялық қасиеттерінің өзгеруі электрохимиялық тұну процесінің кинетикасына әсер етіп, алынған гальваникалық қаптаманың құрылымын айтарлықтай өзгертеді.

Зерттеу барысында қолданылған №1 және №2 электролиттердің салыстырмалы талдауы олардың құрамындағы БАЗ (декстрин) қаптама сапасының артуына ықпал ететінін көрсетті. Декстрин катод бетінде адсорбцияланып, мырыш кристалдарының бағытталған өсуін тежейді және жана кристалдану

орталықтарының түзілуін қамтамасыз етеді. Нәтижесінде жабынның түйіршікті құрылымы ұсақталып, оның тығыздығы жоғарылайды.

Сонымен қатар температураның жоғарылауы электролит ерітіндісіндегі иондардың диффузиялық қозғалысын жылдамдатады. Бұл өз кезегінде мырыш иондарының катод бетіне жеткізілу қарқындылығын арттырып, электрохимиялық тұну процесінің тұрақты жүруіне жағдай жасайды. Сондықтан №2 электролит жағдайында алынған қаптаманың беті біркелкі болып қалыптасып, дендриттік құрылымдардың түзілуі айтарлықтай төмендеді.

Ал №1 электролитте БАЗ болмауы әсерінен катод бетінде токтың таралуы біркелкі болмады. Мұндай жағдайда металдың жекелеген аймақтарында тұну жылдамдығы артып, дендриттердің түзілуіне әкеледі. Дендриттердің пайда болуы қаптаманың кеуектілігін жоғарылатып, оның қорғаныш қасиеттерін төмендетуі мүмкін.

Тәжірибе барысында алынған 38 және 41 мкм қаптама қалыңдықтары технологиялық талаптарға сәйкес келеді. Қалыңдықтың артуы жабынның коррозиядан қорғау уақытын ұлғайтады. Дегенмен жабынның сапасын тек қалыңдығымен ғана бағалау жеткіліксіз. Оның құрылымы, адгезиясы, біркелкілігі және ішкі кернеуі де маңызды көрсеткіштер болып табылады.

Жұмыс барысында алынған нәтижелердің әдебиеттегі деректермен сәйкес келетіні анықталды, яғни сульфатты электролитке 1,5 г/л декстрин қосу және температураны 30 °C дейін көтеру дендриттердің түзілуін азайтып, біркелкі жабынның қалыптасуына әкелетінін көруге болады. №2 электролитті пайдаланған кезде, құрамында декстрин болмаған № 1 электролитпен салыстырған кезде, мырыш жабынының қалыңдығы 38 мкм-41 мкм дейін артуы байқалды. Алынған деректер Фенг және т.б. (2017), Эбботт және т.б. (2019), Нуно және т.б. (2017) авторларының жарияланған зерттеулерімен және органикалық қоспалардың катод бетіне адсорбцияланатынын, мырыш кристалдарының бағытталған өсуін шектейтінін әрі біртекті жабынның түзілуіне ықпал ететінін көрсететін басқа да қазіргі халықаралық әдебиеттерде жарияланған зерттеулермен сәйкес келеді.

Тәжірибе жүзінде 12X18H10T маркалы болат таспалары үшін декстрин мен қышқылды сульфатты электролит температурасының мырыш жабынының қалыңдығы мен морфологиялық біртектілігіне тигізетін әсері анықталды. 30°C температурада 1,5 г/л декстрин қолдану кезінде қалыңдығы 41 мкм түзілген біртекті жабын алуға жіне дендриттік ақаулардың қарқындылығын азайтуға мүмкіндік беретіні анықталды. Негізінен электролиттердің басқа түрлері мен мырыш қаптамаларына бағытталған зерттеулерден өзгеше түрде, бұл зерттеу барысында қолжетімді сульфатты электролиттен таза мырыш жабынын тұндырудың оңтайлы шарттары анықталады.

Алынған нәтижелер соңғы жылдары жүргізілген жұмыстарда органикалық қоспалардың электрод бетіне адсорбцияланып, кристалдардың өсу механизмін өзгертетіні және жабынның біркелкілігін арттыратыны көрсетілген. Мұндай құбылыстар қышқылды сульфатты электролиттер үшін де тән болып табылады.

Осы зерттеу нәтижелері өндірістік жағдайда қолданылатын мырыштау

технологиясын оңтайландыруға мүмкіндік береді. Электролит құрамын дұрыс таңдау металл шығынын азайтып, электр энергиясының тиімді пайдаланылуына және алынатын жабын сапасының жоғарылауына ықпал етеді. Бұл әсіресе мұнай-газ өнеркәсібінде, теңіз құрылымдарында және агрессивті ортада пайдаланылатын металл конструкциялары үшін маңызды.

Бұйым немесе кез - келген бөлшектердің беттік ауданын металмен қаптау кезінде жұмыс режимін орнату және ток тығыздығының қажетті мөлшерін таңдау үшін, қапталатын бөлшектің беттік ауданы есептелінетін болады. Бұл бөлшектердің ауданы алдымен бөлек есептеледі, ары қарай жиынтықталады.

Бөлшекті қаптау техникалық шарттармен қарастырылады, белгілі бір қалыңдықтағы металды қорғау қабатын алу үшін арнайы формулалар арқылы есептеледі, сондай - ақ, тамшылату әдісі арқылы да анықтауға болады. Қажетті қалыңдықты алу үшін қажетті уақытты және электролиздің белгілі бір уақытында пайда болған тұнбаның қалыңдығын анықтау қажет. Мырыштау электролитін 3-кестеден көруге болады.

Қаптаманың сапасы электролиттің құрамына, оның температурасына және ток тығыздығына байланысты өзгеріске ұшырайтыны анықталды. БАЗ (декстрин, желатин, ағаш желімі) пайдалану барысында потенциалының арту мүмкіндігіне ие болып, берік қаптама қабатын алуға септігін тигізді. БАЗ қолданылмаған жағдайда кез - келген қаптаманың таспа бетіндегі жылтырлығының болмайтыны көрінді. Ток шамадан тыс берілген кезде таспа майда түйіршіктермен қапталып, қарайып кететіндігі анықталды.

Кесте 3. Мырыштау электролиттерінің құрамы мен жұмыс режимдері.

Тәжірибе реті	Құрамы, г/л	t, °C	t, мин	Ток, А/дм ²	m, г
Объект массасы	-	-	-	-	16,321
Механикалық өңдеу	Тегістеу қағазы	-	-	-	16,319
Майсыздандыру	H ₂ SO ₄ ерітіндісі	18	10	0,60	16,319
Мырыштау	m(ZnSO ₄ · 7H ₂ O) = 30 г m(Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O) = 7,5 г m(KAl(SO ₄) ₂ · 12H ₂ O) = 7,5 г Декстрин = 1,5 г	20	50	0,66	16,566

Мақсатқа сәйкес металлбұйымдарының гальваникалық қаптау процесін талдау үшін әдебиеттік шолу жасалынып, талданды. Мырыштау процестерінде қолданылатын ең тиімді қышқылды сульфатты электролиттер қасиетіне қарай анықталды. Мырыштау процесінде қолданылатын электролиттердің құрамындағы қоспаларға арналған әдістемеге қоспаларға арналған әдістемеге сай, электролит құрамының әсері анықталды, мырыштау процесі нәтижесінде №2 сульфатты электролит бойынша 41 мкм таспа қалыңдығы алынды.

Кесте 4. №1-2 электролит құрамының мырыш қаптамасының қасиеттеріне әсері.

Параметр	№1 электролит	№2 электролит	Әсері
Температура, °C	15–20	30	Температураның жоғарылуы кристаллдардың біркелкі өсуіне ықпал етеді
БАЗ (декстрин), г/л	-	1,5	Қаптаманың тегістігі мен адгезиясын жақсартады
pH	3,6–4,4	3,0–4,0	Электролит тұрақтылығын қамтамасыз етеді
Қаптама қалыңдығы, мкм	38	41	Қорғаныш қасиеті жоғарылайды
Морфология	Дендриттер түзіледі	Біркелкі	Қаптама сапасы артады

Қорытынды. Зерттеу барысында қышқылды (сульфатты) электролиттердің жоғары тиімділігі мен ток бойынша шығымының жоғары екендігі анықталды. №2 сульфатты электролит құрамын жетілдіру арқылы мақсатты түрде 41 мкм қалыңдықтағы сапалы әрі біркелкі мырыш қаптамасы алынды. Бұдан металл бұйымдарын коррозиядан сенімді қорғауды қамтамасыз ететін оңтайлы қаптама қалыңдығы алынғандығын көруге болады. №2 электролит құрамына БАЗ (декстриннің) енгізілуі кристалдану орталықтарының санын арттырып, мырыштың электрохимиялық тұну процесін тұрақтандырады. Декстрин молекулалары катод бетіне адсорбцияланып, металл кристаллдарының бағытталған өсуін тежейді. Нәтижесінде жабынның құрылымы майда түйіршікті болып қалыптасып, дендриттердің түзілу ықтималдығы төмендейді. Бұл құбылыс қазіргі электрохимиялық қаптамаларға арналған әдебиеттердегі нәтижелермен сәйкес келеді. Болашақта алынған мырыш негізіндегі гальваникалық қаптамаларының құрамы мен қасиеттері жан-жақты бағалау үшін FTIR, XRD, SEM, EDS, AFM, EIS коррозиялық сынақтарды жүргізу жоспарлануда. Бұл зерттеулер электролит құрамының және қаптаманың фазалық құрамы мен микроморфологиясына әсерін нақтылауға мүмкіндік береді.

Электролит құрамына енгізілген қоспалардың әсерін әдістемелік тұрғыдан талдау барысында, олардың мырыш қабатының кристалдық құрылымын реттеудегі рөлі анықталды. Қоспалардың үйлесімді концентрациясы қаптаманың адгезиялық қасиетін жақсартып, тесікшілік пен ішкі кернеуді азайтты. Қорытындылай келе, таңдап алынған электролит құрамы мен технологиялық режимдер металл беттерін гальваникалық қаптаудың жоғары өндірістік тиімділігін және алынған өнімнің механикалық беріктігін толықтай қамтамасыз етеді.

References

- Abbott A.P., Harris R.C., Ryder K.S. (2019) Influence of additives on the electrodeposition of zinc from a deep eutectic solvent. *Electrochimica Acta*. – Vol. 297. – P. 355-364. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2019.02.090> (in Eng).
- Beltowska E., Ozga P., Swiatek Z., Lupi C. (2002) Electrodeposition of Zn–Ni protective coatings from sulfate–acetate baths. *Surface and Coatings Technology*. – Vol. 156. – P.163-169. [https://doi.org/10.1016/S0257-8972\(01\)01614-0](https://doi.org/10.1016/S0257-8972(01)01614-0) (in Eng.).

Bhat R.S., Manjunatha K.B., Shankara R.P., Venkatakrishna K., Hegde A.Ch. (2020) Electrochemical studies on the corrosion resistance of Zn–Ni–Co coating from acid chloride bath. *Appl Phys.* – Vol. 126. – P. 772. <https://doi.org/10.1007/s00339-020-03958-9> (in Eng.).

Boivin D., Jagodar A., Brault P., Vaubois T., Menou E., Aspe B., Caillard A., Andreazza P., Cavarroc-Weimer M., Thomann A.L. (2025) Phase formation prediction in magnetron sputtered Cu(Ti) Zn thin films: numerical vs experimental approaches. *J. Appl Phys.* – Vol. 137. – P.1-11. <https://doi.org/10.1063/5.0253997> (in Eng.).

Byk T.V., Gaevskaya T.V., Tsybul'skaya L.S. (2008) Effect of electrodeposition conditions on the composition, microstructure, and corrosion resistance of Zn-Ni alloy coatings. *Surface and Coatings Technology.* – Vol. 202. – P. 4791-4797. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2008.05.058> (in Eng.).

Feng Z., Li Q., Zhang J. (2017) A review of organic additives in zinc electrodeposition process (performance and evaluation). *Hydrometallurgy.* – Vol. 174. – P. 258-273. <https://doi.org/10.1016/J.Hydromet.2017.06.004> (in Eng.).

García M., Torres E., Ruiz V. (2026) Influence of cations size and charge on Zn electrodeposition from deep eutectic solvents. *Electrochimica Acta.* – Vol. 520. – P. 145678. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2025.148002> (in Eng.).

Hani K.I. (2020) Electrodeposition of a mirror zinc coating from a choline chloride-ethylene glycol-based deep eutectic solvent modified with methyl nicotinate. *Journal of Electroanalytical Chemistry.* – Vol. 878. – P. 114667. <https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2020.114737> (in Eng.).

Jothi S., Jianshe L., Wei S. (2013) Electroless nickel, alloy, composite and nano coatings. *Journal of Alloys and Compounds.* – Vol. 571. – P. 183-204. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2013.03.107> (in Eng.).

Kishika A., Ankur S., Komal Sh.A. (2025) Electrodeposited Zn-Ni alloy nanocoatings: structure, performance, and sustainable applications. *Environmental Systems Research.* – Vol. 14. – P. 41. <https://doi.org/10.1186/s40068-025-00441-3> (in Eng.).

Nuno M.P., Carlos M.P., João P., Araújo A., Fernando S. (2017) Zinc electrodeposition from deep eutectic solvent containing organic additives. *Journal of Electroanalytical Chemistry.* – Vol. 785. – P.132-140 DOI:10.1016/j.jelechem.2017.08.019 (in Eng.).

Umer D., Muhammad W., Tanveer I. (2025) Characterization and corrosion analysis of zinc coating by electrodeposition using acid chloride electrolyte solution. *Results in Surfaces and Interfaces.* – Vol. 18. – P. 100245. <https://doi.org/10.1016/j.rsufi.2025.100588> (in Eng.).

Yang Q., Liang G., Guo Y. (2021) Zn electrode/electrolyte interfaces of Zn batteries: A mini review. *Electrochemistry Communications.* – Vol. 124. – P. 106929. <https://doi.org/10.1016/j.elecom.2020.106898> (in Eng.).

Zhang N., Cheng Y., Liu Y. (2023) Toward stable and highly reversible zinc anodes for aqueous batteries via electrolyte engineering. *Journal of Energy Chemistry.* – Vol. 79. – P. 412-428. <https://doi.org/10.1016/j.jechem.2023.04.006> (in Eng.).

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty)

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 National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described 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 National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan 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 originality detection service Cross Check <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 National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Requirements for articles design for publication in the journal are available on the websites:

www.nauka-nanrk.kz

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

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

Managing Editor: T. Apendiev
Editors: D.S. Alenov, A. Shormakova
Computer layout: G.D. Zhadyranova

Signed for print: September 29, 2026
Format: 70×90 1/16. 34.5 printed sheets. Order No. 3.

*«Central Asian Academic Research Center» LLP
Almaty, Shevchenko Street, 28*