

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

2024 • 2



ҚАЙЫРЫМДЫЛЫҚ ҚОРЫ  
**HALYK**  
CHARITY FOUNDATION

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ  
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

# БАЯНДАМАЛАРЫ

## ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»  
ЧФ «ХАЛЫҚ»

## REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
«Halyk» Private Foundation

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK



## ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в *Astana IT University*, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «*USTEM Robotics*» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «*Almaty Digital Ustaz*».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и Wos и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,  
Благотворительный Фонд «Халык»!**

Б А С Р Е Д А К Т О Р :

**БЕНБЕРИН Валерий Васильевич**, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Президенті Іс Басқармасы Медициналық орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 11

Р Е Д А К Ц И Я Л Ы Қ А Л Қ А :

**РАМАЗАНОВ Тілекқабил Сәбитұлы**, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 26

**РАМАНҚҰЛОВ Ерлан Мирхайдарұлы**, (бас редактордың орынбасары), профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Ph.D биохимия және молекулалық генетика саласы бойынша Ұлттық биотехнология орталығының бас директоры (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 23

**САНГ-СУ Квак**, Ph.D (биохимия, агрохимия), профессор, Корей биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), Н = 34

**БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы**, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Еуразия ұлттық университеті. Л.Н. Гумилев (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 12

**ӘБИЕВ Руфат**, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны онтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), Н = 14

**ЛЮКШИН Вячеслав Нотанович**, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «PERSONA» халықаралық клиникалық репродуктология орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 8

**СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич**, биология ғылымдарының докторы, профессор, Чуваш республикасының еңбек сіңірген ғылым қайраткері, «Чуваш мемлекеттік аграрлық университеті» Федералдық мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесі Акушерлік және терапия кафедрасының меңгерушісі, (Чебоксары, Ресей), Н = 23

**ФАРУК Асана Дар**, Хамдар аль-Маджида Хамдар университетінің шығыс медицина факультеті, Шығыс медицинасы колледжінің профессоры, (Карачи, Пәкістан), Н = 21

**ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович**, медицина ғылымдарының докторы, Монтана штаты университетінің профессоры (Монтана, АҚШ), Н = 27

**КАЛАНДРА Пьетро**, Ph.D (физика), нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), Н = 26

**МАЛЫМ Анна**, фармацевтика ғылымдарының докторы, профессор, Люблин медицина университетінің фармацевтика факультетінің деканы (Люблин, Польша), Н = 22

**БАЙМҰҚАНОВ Дастан Асылбекұлы**, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі, "Мал шаруашылығы және ветеринария ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС мал шаруашылығы және ветеринарлық медицина департаментінің бас ғылыми қызметкері (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 1

**ТИГИНЯНУ Ион Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), Н = 42

**КАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрділұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 7

**БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы**, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

**QUEVEDO Hernando**, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), Н = 28

**ЖУСНОВ Марат Абжанұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 7

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), Н = 5

**ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 5

**ХАРИН Станислав Николаевич**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

**ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 12

«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»

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

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № KZ93VPY00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *өсімдік шаруашылығы, экология және медицина саласындағы биотехнология және физика ғылымдары.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28; 219 бөл.; тел.: 272-13-19

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

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:**

**БЕНБЕРИН Валерий Васильевич**, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), Н = 11

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович**, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 26

**РАМАНКУЛОВ Ерлан Мирхайдарвич**, (заместитель главного редактора), профессор, член-корреспондент НАН РК, Ph.D в области биохимии и молекулярной генетики, Генеральный директор Национального центра биотехнологии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 23

**САНГ-СУ Квак**, доктор философии (Ph.D, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), Н = 34

**БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендрович**, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Нур-Султан, Казахстан), Н = 12

**АБНЕВ Руфат**, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), Н = 14

**ЛЮКШИН Вячеслав Нотанович**, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного клинического центра репродуктологии «PERSONA» (Алматы, Казахстан), Н = 8

**СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич**, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Чувашской Республики, заведующий кафедрой морфологии, акушерства и терапии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (Чебоксары, Чувашская Республика, Россия), Н = 23

**ФАРУК Асана Дар**, профессор Колледжа восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет восточной медицины Университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), Н = 21

**ЦЕЛЕТКИН Игорь Александрович**, доктор медицинских наук, профессор Университета штата Монтана (США), Н = 27

**КАЛАНДРА Пьетро**, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), Н = 26

**МАЛЫМ Анна**, доктор фармацевтических наук, профессор, декан фармацевтического факультета Люблинского медицинского университета (Люблин, Польша), Н = 22

**БАЙМУКАНОВ Дастанбек Асылбекович**, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент НАН РК, главный научный сотрудник Департамента животноводства и ветеринарии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 1

**ТИГИНЯНУ Ион Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), Н = 42

**КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 7

**БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич**, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 10

**QUEVEDO Hemando**, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), Н = 28

**ЖУСУПОВ Марат Абжанович**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 7

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), Н = 5

**ТАКИБАЕВ Нургали Жаббаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 5

**ХАРИН Станислав Николаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстано-Британский технический университет (Алматы, Казахстан), Н = 10

**ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 12

**Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»**

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

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы). Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № **KZ93VPY00025418**, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *биотехнология в области растениеводства, экологии, медицины и физические науки.*

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28; ком. 219; тел. 272-13-19

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

## EDITOR IN CHIEF:

**BENBERIN Valery Vasilievich**, Doctor of Medicine, Professor, Academician of NAS RK, Director of the Medical Center of the Presidential Property Management Department of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan), H = 11

## EDITORIAL BOARD:

**RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich**, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 26

**RAMANKULOVA Erlan Mirkhaidarovich**, (Deputy Editor-in-Chief), Professor, Corresponding Member of NAS RK, Ph.D in the field of biochemistry and molecular genetics, General Director of the National Center for Biotechnology (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 23

**SANG-SOO Kwak**, PhD in Biochemistry, Agrochemistry, Professor, Chief Researcher, Plant Engineering Systems Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), H = 34

**BERSIMBAEV Rakhmetkazhi Iskendirovich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 12

**ABIYEV 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), H = 14

**LOKSHIN Vyacheslav Notanovich**, Professor, Academician of NAS RK, Director of the PERSONA International Clinical Center for Reproductology (Almaty, Kazakhstan), H = 8

**SEMENOV Vladimir Grigorievich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Chuvash Republic, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University (Cheboksary, Chuvash Republic, Russia), H = 23

**PHARUK Asana Dar**, professor at Hamdard al-Majid College of Oriental Medicine. Faculty of Oriental Medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan), H = 21

**TSHEPETKIN Igor Aleksandrovich**, Doctor of Medical Sciences, Professor at the University of Montana (Montana, USA), H = 27

**CALANDRA Pietro**, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy), H = 26

**MALM Anna**, Doctor of Pharmacy, Professor, Dean of the Faculty of Pharmacy, Lublin Medical University (Lublin, Poland), H = 22

**BAIMUKANOV Dastanbek Asylbekovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the NAS RK, Chief Researcher of the department of animal husbandry and veterinary medicine, Research and Production Center for Livestock and Veterinary Medicine Limited Liability Company (Nur-Sultan, Kazakhstan), H=1

**TIGHINEANU Ion Mikhailovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), H = 42

**KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich**, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 7

**BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich**, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

**QUEVEDO Hemando**, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), H = 28

**ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 7

**KOVALEV Alexander Mikhailovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine), H = 5

**TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 5

**KHARIN Stanislav Nikolayevich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

**DAVLETOV Askar Erbulanovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 12

**Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.**

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

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (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 No. **KZ93VPY00025418**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *biotechnology in the field of crop research, ecology and medicine and physical sciences.*

Periodicity: 4 times a year. Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

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

# CHEMISTRY

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC  
OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 2. Number 350 (2024), 116–126

<https://doi.org/10.32014/2024.2518-1483.283>

UDC 541.13

© **B.S. Abzhalov**<sup>1\*</sup>, **A.B. Bayeshov**<sup>2</sup>, **A.K. Mamyrbekova**<sup>1</sup>,  
**S.A. Dzhumadullayeva**<sup>1</sup>, **M.O. Altynbekova**<sup>1</sup>, 2024

<sup>1</sup>Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, Kazakhstan;

<sup>2</sup>D.V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [bagdat.abzhalov@ayu.edu.kz](mailto:bagdat.abzhalov@ayu.edu.kz)

## INFLUENCE OF AC FREQUENCY AND DENSITY ON THE ELECTROCHEMICAL BEHAVIOR OF BISMUTH ELECTRODE IN AN ACID MEDIUM

**Abzhalov B.S.** — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Chemistry, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, Kazakhstan

E-mail: [bagdat.abzhalov@ayu.edu.kz](mailto:bagdat.abzhalov@ayu.edu.kz). <https://orcid.org/0000-0001-7983-2392>;

**Bayeshov A.B.** — Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of the Republic of Kazakhstan, Head of the Laboratory of Electrochemical technologies of the D.V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan

E-mail: [bayeshov@mail.ru](mailto:bayeshov@mail.ru). <https://orcid.org/0000-0003-0745-039X>;

**Mamyrbekova A.K.** — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Laboratory Disciplines, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, Kazakhstan

E-mail: [aizhan.mamyrbekova@ayu.edu.kz](mailto:aizhan.mamyrbekova@ayu.edu.kz). <https://orcid.org/0000-0003-2798-9755>;

**Dzhumadullayeva S.A.** — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Chemistry, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, Kazakhstan

E-mail: [sveta.jumadullayeva@ayu.edu.kz](mailto:sveta.jumadullayeva@ayu.edu.kz). <https://orcid.org/0000-0003-2673-2915>;

**Altynbekova M.O.** — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Ecology and Chemistry, Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkistan, Kazakhstan

E-mail: [minash.altynbekova@ayu.edu.kz](mailto:minash.altynbekova@ayu.edu.kz) <https://orcid.org/0000-0002-8856-1990>.

**Abstract.** There is a significant literature on the use of various forms of transient current for electrochemical machining of non-ferrous and ferrous metals. This interest is due to the fact that alternating current affects the state of the near-electrode space (equalizing pH, removing diffusion restrictions, changing the composition of discharged particles, etc.). This causes nonstationary potential values and changes in the conditions of electrooxidation and electroreduction. It can be used advantageously to obtain the desired product with the required properties. In this work, the electrochemical behavior of bismuth in aqueous solutions

under the influence of alternating current in an acidic environment was studied. The technique used was the electrochemical dissolution of bismuth in an aqueous solution of hydrochloric acid under the influence of a sinusoidal alternating current. The results and subsequent discussion focused on the effect of AC frequency and density on the dissolution current efficiency of the bismuth electrode. It has been shown that an increase in the frequency of the current on the bismuth electrode leads to a decrease in the effective current efficiency of the dissolution of the bismuth electrode from 37.1 % to 26.8 %. It was found that the bismuth electrode dissolves to form Bi (III) ions. As a result of the studies, it was found that with increasing frequency and density of alternating current, the current efficiency decreases. The results of the experiments were processed using mathematical processing. These data were used to derive regression equations describing the dependence of the effective current efficiency on the electrolysis parameters.

**Keywords:** bismuth, titanium, electrolyte, electrode processes, effective current density, alternating current, electrolysis

© **Б.С. Абжалов<sup>1</sup>, А.Б. Бешов<sup>2</sup>, А.К. Мамырбекова<sup>1</sup>,  
С.А. Жұмаділлаева<sup>1</sup>, М.О. Алтынбекова<sup>1</sup>, 2024**

<sup>1</sup>Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан;

<sup>2</sup>Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы, Қазақстан.

E-mail: bagdat.abzhalov@ayu.edu.kz

## **ҚЫШҚЫЛ ОРТАДА ВИСМУТ ЭЛЕКТРОДЫНЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІНЕ АЙНЫМАЛЫ ТОКТЫҢ ЖИЛІГІ МЕН ТЫҒЫЗДЫҒЫНЫҢ ӘСЕРІ**

**Абжалов Б.С.** — химия ғылымдарының кандидаты, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті Экология және химия кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Түркістан, Қазақстан

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

**Бешов А.Б.** — химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты Электрохимиялық технология лабораториясының меңгерушісі, Алматы, Қазақстан

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

**Мамырбекова А.К.** — химия ғылымдарының кандидаты, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті Зертханалық пәндер кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Түркістан, Қазақстан

E-mail: aizhan.mamyrbekova@ayu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-2798-9755>;

**Жұмадуллаева С.А.** — химия ғылымдарының кандидаты, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті Экология және химия кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Түркістан, Қазақстан

E-mail: sveta.jumadullayeva@ayu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0003-2673-2915>;

**Алтынбекова М.О.** — химия ғылымдарының кандидаты, Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті Экология және химия кафедрасының қауымдастырылған профессоры,



Түркістан, Қазақстан

E-mail: minash.altynbekova@ayu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-8856-1990>.

**Аннотация.** Түсті және қара металдарды электрохимиялық өңдеу үшін әртүрлі формадағы стационарлы емес токтарды қолдану бойынша айтарлықтай әдебиеттер бар. Бұл қызығушылық айнымалы токтың электродтық кеңістіктің күйіне әсер етуіне байланысты (рН теңестіру, диффузиялық шектеулерді жою, разрядталған бөлшектердің құрамын өзгерту және т.б.). Бұл стационарлық емес потенциал мәндерін және электрліу тотығу және электрлік тотықсыздану жағдайларының өзгеруін тудырады. Оны қажетті қасиеттері бар қажетті өнімді алу үшін тиімді пайдалануға болады. Бұл жұмыста қышқыл ортадағы айнымалы ток әсерінен сулы ерітінділердегі висмуттың электрохимиялық қасиеттері зерттелді. Жүргізілген жұмыста синусоидалы айнымалы токтың әсерінен висмутты тұз қышқылының сулы ерітіндісінде электрохимиялық еріту қарастырылды. Нәтижелер мен кейінгі талқылаулар висмут электродының еруінің тиімді ток тығыздығына айнымалы ток жиілігі мен ток тығыздығының әсерін қарастыруға арналды. Висмут электродындағы ток жиілігінің жоғарылауы висмут электродының еруінің тиімді ток тиімділігінің 37,1 %-дан 26,8 %-ға дейін төмендеуіне әкелетіні көрсетілген. Висмут электродының  $V_i$  (III) иондарын түзе отырып ерітіндігі анықталды. Зерттеулер нәтижесінде айнымалы токтың жиілігі мен ток тығыздығы артқан сайын тиімді ток бойынша шығымының төмендейтіні анықталды. Тәжірибе нәтижелері математикалық есептеулер арқылы өңделді. Бұл деректер тиімді ток шығымының электролиз параметрлеріне тәуелділігін сипаттайтын регрессия теңдеулерін шығару үшін пайдаланылды.

**Түйін сөздер:** висмут, титан, электролит, электродтық процестер, тиімді ток тығыздығы, айнымалы ток, электролиз

© Б.С. Абжалов<sup>1</sup>, А.Б. Баешов<sup>2</sup>, А.К. Мамырбекова<sup>1</sup>,  
С.А. Джумадуллаева<sup>1</sup>, М.О. Алтынбекова<sup>1</sup>, 2024

<sup>1</sup>Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан;

<sup>2</sup>Институт топлива, катализа и электрохимии имени Д.В. Сокольского, Алматы, Казахстан.

E-mail: bagdat.abzhalov@ayu.edu.kz

## ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ И ПЛОТНОСТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ВИСМУТОВОГО ЭЛЕКТРОДА В КИСЛОЙ СРЕДЕ

**Абжалов Б.С.** — кандидат химических наук, ассоциированный профессор кафедры «Экология и химия» Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан

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

**Баешов А.Б.** — доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, Заведующий лабораторией электрохимической технологии института топлива, катализа и электрохимии имени Д.В. Сокольского, Алматы, Казахстан

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

**Мамырбекова А.К.** — кандидат химических наук, ассоциированный профессор кафедры Лабораторных дисциплин Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан

E-mail: aizhan.mamyrbekova@ayu.edu.kz. <https://orcid.org/0000-0003-2798-9755>;

**Джумадуллаева С.А.** — кандидат химических наук, ассоциированный профессор кафедры «Экология и химия» Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан

E-mail: sveta.jumadullayeva@ayu.edu.kz. <https://orcid.org/0000-0003-2673-2915>;

**Алтынбекова М.О.** — кандидат химических наук, ассоциированный профессор кафедры «Экология и химия» Международного казахско-турецкого университета имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан

E-mail: minash.altynbekova@ayu.edu.kz <https://orcid.org/0000-0002-8856-1990>.

**Аннотация.** Существует значительная литература по использованию различных форм нестационарного тока для электрохимической обработки цветных и черных металлов. Такой интерес обусловлен тем, что переменный ток влияет на состояние приэлектродного пространства (выравнивание pH, снятие диффузионного ограничения, изменение состава разряжающихся частиц и т.д.). Это вызывает нестационарность значения потенциала и изменение условий электроокисления и электровосстановления. Его можно выгодно использовать для получения желаемого продукта с необходимыми свойствами. В настоящей работе было исследовано электрохимического поведения висмута в водных растворах под действием переменного тока в кислой среде. Используемая методика заключалась в электрохимическом растворении висмута в водном растворе соляной кислоты под действием синусоидального переменного тока. Результаты и последующее обсуждение были сосредоточены на влиянии частоты и плотности переменного тока на выход по току растворения висмутового электрода. Показано, что увеличение частоты тока на висмутовом электроде приводит к снижению эффективного выхода по току растворения висмутового электрода с 37,1 % до 26,8 %. Установлено, что висмутовый электрод растворяется с образованием ионов  $\text{Bi}(\text{III})$ . В результате проведенных исследований установлено, что с увеличением частоты и плотности переменного тока выход по току снижается. С помощью математической обработки обработаны результаты проведенных экспериментов. Эти данные были использованы для вывода уравнений регрессии, описывающих зависимость эффективного выхода по току от параметров электролиза.

**Ключевые слова:** висмут, титан, электролит, электродные процессы, эффективная плотность тока, переменный ток, электролиз

### **Introduction**

Bismuth is a metal that is widely used in a number of areas of modern production, including metallurgy, pharmacology, electrical engineering, and

others. In order to produce new materials, including non-ferrous metals and bismuth-based alloys, it is necessary to significantly improve the efficiency of the production process and metallurgical processes, to utilise raw materials in an integrated and full manner, and to develop new technological processes that are both environmentally friendly and effective (Marcus & Oudar, 2002). The successful completion of these tasks is contingent upon a comprehensive examination of the theoretical underpinnings of the physicochemical properties of metals and their combinations, the implementation of fundamental research, and the development of highly effective technologies that leverage contemporary advancements in physics and chemistry (Barakat et al., 1983).

Until recently, reagent methods have been employed in the processing of bismuth and its compounds, as well as bismuth ingots, which are utilized in a multitude of technological fields and the extraction of valuable components from them (Abzhalov & Abdivaliev, 2017). The use of electrochemical methods in solving these technological problems, the development of new effective methods for the processing of bismuth and its compounds and their production in medicine and veterinary medicine can be promising (Abzhalov, Tuleshova & Baeshov, 2022). The use of electrochemical environmentally friendly methods allows you to create waste-free, low-waste technologies, reduce reagent consumption and simplify the technological scheme (Abzhalov et al., 2016).

In recent years, there has been a significant increase in the study of the electrochemical properties of metals and their compounds in the non-stationary mode. This is due to the fact that the results of the theory and practice of electrolysis in non-stationary mode can facilitate an in-depth study of the mechanism of electrochemical processes in the system, the implementation of new technological methods and, in many cases, the elimination of passivation of the electrode and the activation of the anode melting process (Kostin, Kublanovskii & Zabludovskii, 1989).

In this context, the study of the electrochemical properties of bismuth in aqueous solutions in a non-stationary mode of electrolysis is of great theoretical and practical importance. Based on the research, there is an opportunity to develop fundamentally new methods for the synthesis of essential bismuth compounds and the separation of bismuth from used alloys (Shavlov & Ryabtseva, 2007).

### **Materials and methods**

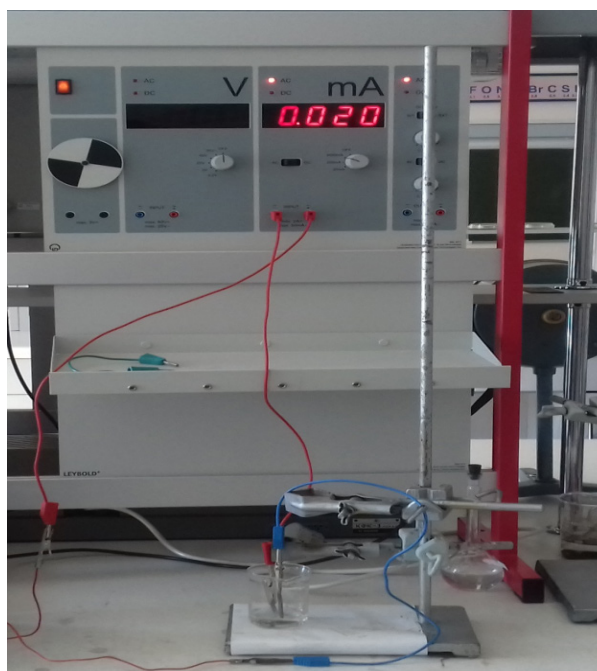
In the case of using alternating current for the electrosynthesis of substances, when scaling the process, it is necessary to take into account the peculiarities of the passage of alternating current through the electrolyte solution and between the electrodes. It is mandatory to preserve the experimentally found value of current density and interelectrode distance.

During the electrolysis with alternating current was used a metal bismuth electrode and a small area titanium wire, designed in the form of a rectangular plate with a working surface of 0.001 m<sup>2</sup>.

The bismuth and titanium electrodes, except for the work surface, were covered with organic glass to make them easier to work with during the experiment. This allows the electrodes to be completely immersed in the electrolyte. The electrodes were placed at a distance of 20 mm from each other (Cho et al., 2023).

The polarization of the electrodes with alternating current was performed using a German Leybold sinusoidal alternating current source (Figure 1).

A potential barrier appears at the interface between the metal and the semiconductor or two semiconductors. The contact potential difference is equal to the difference in the work output of the two contacting materials. In accordance with the condition of thermodynamic equilibrium, the process of charge carrier exchange commences immediately upon contact between the metal and the semiconductor, and continues until the electrochemical potential levels have been levelled. The resulting double electric layer prevents further flow of charge carriers (Chuai et al., 2022). In the metal, the thickness of this layer is very small in comparison with the field in the semiconductor.



*Figure 1* - LEYBOLD alternating current power source: (6644071 Demonstrations of electrochemistry)

The electrochemical behaviour of bismuth in a solution of hydrochloric acid was initially investigated under the influence of a symmetric alternating current of 50 Hz (Sandnes et al., 2007). These experiments were conducted in a glass electrochemical cell, with the electrode spaces remaining unsegregated. The duration of the main experiments was 30 minutes. A bismuth plate with a working

surface area of  $12 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$  and a titanium wire were employed as the electrodes. The current output (CO) of metal dissolution was determined from the weight loss of the electrode, with the calculation for the anode half-cycle of the alternating current (Majidzade & Aliyev, 2021). The effect of such parameters as the current density on a titanium electrode on the current yield of bismuth dissolution was investigated (Javadova et al., 2023).

### Results and discussion

The investigation of the electrochemical dissolution of a bismuth electrode under alternating current polarization in a pair with a titanium electrode yielded the results depicted in Figures 2 and 3.

The results are explained by the characteristics of the rectifying contact of titanium dioxide-electrolyte, as well as high dielectric permittivity of titanium dioxide (Barakat et al., 1983).

Titanium dioxide is an n-type indirect-gap semiconductor with a very wide band gap, which is the reason for the long lifetime of minority carriers. The equation describing the transient process of resorption of minority carriers is as follows:

$$\frac{dQ}{dt} = -i(t) - \frac{Q}{\tau} \quad (1)$$

It is well established that the electrical conductivity of a material is directly proportional to the concentration of current carriers.

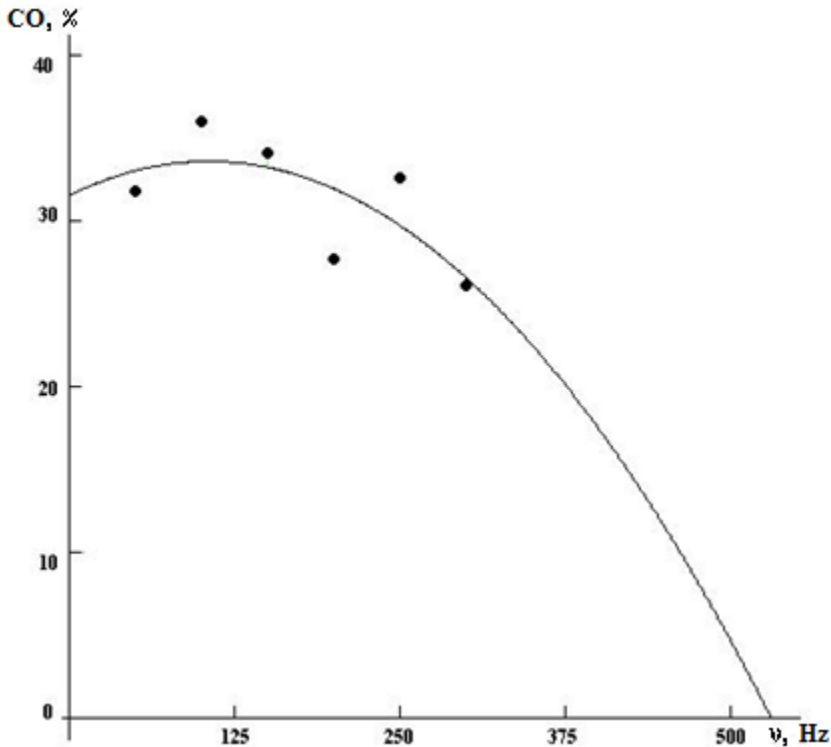


Figure 2 Illustrates the dependence of the CO on the frequency of the applied voltage:  
 $J_{Bi} = 100 \text{ A/m}^2$ ,  $J_{Ti} = 44 \text{ kA/m}^2$ ,  $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $C = 1 \text{ n}$ .

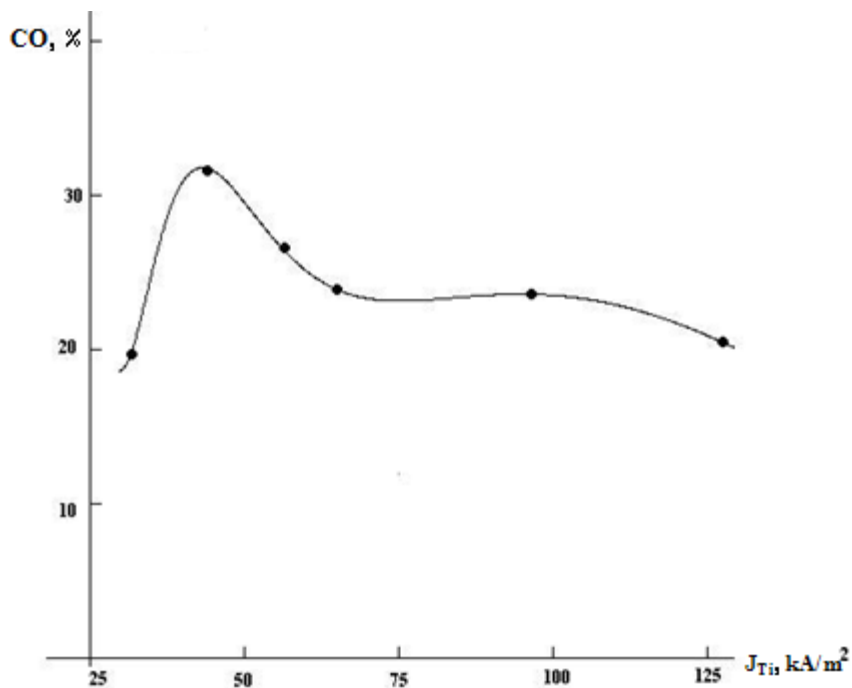


Figure 3 - Dependence of CO on the effective current density on titanium:

$J_{Bi} = 100 \text{ A/m}^2$ ,  $C = 1 \text{ n}$ ,  $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\nu = 50 \text{ Hz}$ .

$$\sigma = kQ \quad (2)$$

Thus, taking into account Ohm's law for the chain segment,

$$i(t) = \sigma \cdot U(t) \quad (3)$$

we find the connection between the concentration of charge carriers, voltage and current

$$i(t) = kQU(t) \quad (4)$$

After substituting (4) into (1), we obtain

$$\frac{dQ}{dt} = -kQU(t) - \frac{Q}{\tau} = -Q \left( kU(t) + \frac{1}{\tau} \right) \quad (5)$$

From the obtained expression, it can be seen that the time constant of the transient process is dependent on the applied electric voltage. The applied electric stress can be directly proportional to the density of the effective current on the titanium electrode (Yang & Hu, 2005). Assuming that the current density is sufficiently large,

$$\tau' = \delta/J \quad (6)$$

A theoretical derivation of the current-current dependences on the current density on the titanium electrode and the frequency was conducted using a rough model of the sharp cut, as illustrated in Figure 4.

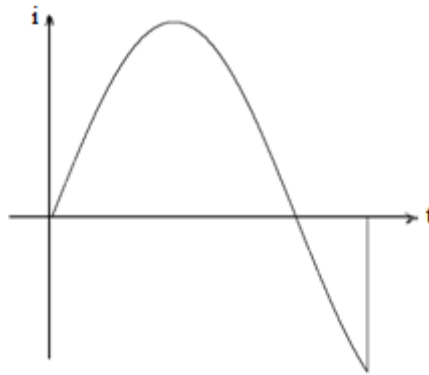


Figure 4 - To the derivation of formula (8).

The mathematical model is a response function that connects the optimization parameter characterizing the results of the experiment with the variable parameters that are varied during the experiments. Assuming the shape of the current as a sinusoid with a cut, we easily find the average current:

$$\int_{\tau'}^{\tau'/2} \sin \omega t \, dt = -\frac{1}{\omega} (\cos \pi - \cos \omega \tau') \quad (7)$$

$$1 + \cos \omega \tau' = 2 \cos^2 \left( \frac{\omega \tau'}{2} \right) \quad (8)$$

Intuitively chosen formula

$$CO = C \cdot \cos^2 \left( \frac{\pi}{2} \frac{\omega}{\sqrt{\omega^2 + \sigma j^2}} \right) \quad (9)$$

where  $\sigma$  and  $C$  are constants.

In addition to the resorption time of minority charge carriers, the inertia of

the rectifying transition is due to the high dielectric constant of titanium dioxide, which is influenced by the shunting capacitance of the capacitor formed (Motoyama, Fukunaka & Kikuchi, 2005).

If we take into account only the shunt capacitance, then the frequency dependence is described by the formula

$$CO = \frac{K}{\sqrt{1 + (\omega\tau)^2}} \quad (10)$$

## Conclusion

It was thus demonstrated that the current efficiency is dependent on the frequency and density of the alternating current, as well as the effective output of the dissolution current of the bismuth electrode. The results of the conducted studies indicated that an increase in the frequency of the variable on the bismuth electrode results in a decrease in the current output, from 37.1 % to 26.8 %. It was also established that the bismuth electrode dissolves to form Bi (III) ions (Agapescu et al., 2013). The results of the experiments, which were carried out with the help of mathematical processing, were used to derive regression equations that describe the dependence of the effective current efficiency on the parameters of electrolysis.

## REFERENCES

- Abzhalov B.S. & Abdivaliev R.T. (2017). Research of dissolution of bismuth in water solutions of hydrochloric acid at polarization by an industrial alternating current. — *Bulletin of Karaganda University. Series: Chemistry*. (2). — 52–58.
- Abzhalov B.S., Tuleshova, E.Z., & Baeshov, A.B. (2022). Method for Producing Bismuth Oxychloride. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. — 56(6). — 978–981. <https://doi.org/10.1134/S004057952206001X>
- Abzhalov, B.S., Baeshov A.B., Jumadullayeva S.A., Altinbekova M.O., Abdivaliev R.T. & Abduvaliyeva U.A. (2016). Dissolution of Bismuth in water solutions of nitric acid at polarization by asymmetrical current. — *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology*. — 2(416). — 109–113.
- Agapescu C., Cojocaru A., Cotarta A. & Visan T. (2013). Electrodeposition of bismuth, tellurium, and bismuth telluride thin films from choline chloride–oxalic acid ionic liquid. — *Journal of Applied Electrochemistry*. — 43. — 309–321.
- Barakat Y., David D., Beranger G. & Coddet C. (1983). Composition and Conduction Properties of Titanium Oxides Electroformed in Different Electrolytes. — *Physical Chemistry of the Solid State: Applications to Metals and Their Compounds*. — 421–428.
- Cho H.D., Lee J., Kim D.Y., Chung S.Y. & Lee J.K. (2023). Enhanced Photoresponse of High Crystalline Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> Thin-Films Using Patterned Substrates. — *ACS Applied Materials & Interfaces*. — 15(18). — 22274–22281.
- Chuai Y.H., Zhu C., Yue D. & Bai Y. (2022). Epitaxial growth of Bi<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> infrared transparent conductive film and heterojunction diode by molecular beam epitaxy. — *Frontiers in Chemistry*. — 10. — 847972.
- Kostin N.A., Kublanovskii V.S. & Zabludovskii V.A. (1989). Impul'snyi elektroliz. *Pulse Electrolysis*. — *Kiev: Naukova Dumka*.
- Marcus P. & Oudar J. (Eds.). (2002). *Corrosion mechanisms in theory and practice*. — Pp. 243–286. — New York: Marcel Dekker.



- Majidzade V.A. & Aliyev A.S. (2021). Electrodeposition of  $\text{Ni}_3\text{Bi}_2\text{Se}_2$  thin semiconductor films. — *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*. — 40(4). — 1023–1029.
- Motoyama M., Fukunaka Y. & Kikuchi S. (2005). Bi electrodeposition under magnetic field. — *Electrochimica acta*. — 51(5). — 897–905.
- Javadova S.P., Majidzade V.A., Jafarova S.F., Aliyev T.A., Aliyev A.S. & Tagiyev D.B. (2023). Electrochemical behavior of Bismuth ions in citrate solutions. — *Azerbaijan Chemical Journal*. — (4). — 5–12.
- Shavlov A.V. & Ryabtseva A.A. (2007). The mechanism of metal corrosion acceleration in ice caused by structural transformations and crystallization of water. — *Russian Journal of Physical Chemistry A*. — 81(7). — 1035–1040.
- Sandnes E., Williams, M.E., Bertocci, U., Vaudin, M.D., & Stafford, G.R. (2007). Electrodeposition of bismuth from nitric acid electrolyte. *Electrochimica acta*. — 52(21). — 6221–6228.
- Yang M. & Hu Z. (2005). Electrodeposition of bismuth onto glassy carbon electrodes from nitrate solutions. — *Journal of electroanalytical chemistry*. — 583(1). — 46–55.

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

<b>М.Б. Альбатырова, А.Ж. Алибек, А.С. Жетписбаева</b> РУТНОН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ФИЗИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫ МОДЕЛЬДЕУ.....	7
<b>Н. Бейсен, Э. Кеведо, С. Тоқтарбай, М. Жакипова, М. Алимкулова</b> Q-МЕТРИКА ҚИСЫҚТЫҒЫНЫҢ МЕНШІКТІ МӘНДЕРІ.....	17
<b>Г. Бекетова, Н. Жантурина*, З. Аймағанбетова, А. Бекешев</b> ЦЕЗИЙГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ҚОСАРЛАНҒАН ГАЛОИДТЫ ПЕРОВСКИТТЕРДІҢ ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....	31
<b>С.Б. Дубовиченко, Н.А. Буркова, А.С. Ткаченко, Д.М. Зазулин</b> ЖАЛПЫ БӨЛІМДЕРІ ЖӘНЕ ПРОЦЕСС ҚАРҚЫМЫ $n^{12}C$ .....	43
<b>А. Касымов, А. Адылканова, А. Бектемисов, К. Астемесова, Г. Турлыбекова</b> ГИБРИДТІ КҮН КОЛЛЕКТОРЫНДА ҚОЛДАНУҒА АРНАЛҒАН БИДИСТИЛЬДЕНГЕН СУ НЕГІЗІНДЕГІ $TiO_2/Al_2O_3$ ГИБРИДТІ НАНОСҰЙЫҚТЫҢ ТҮТҚЫРЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	52
<b>А.Е. Кемелбекова, Д.М. Мухамедшина, К.А. Мить, Р.С. Мендыханов, К.К. Елемесов</b> СИРЕК ЖЕР МЕТАЛДАРЫН НЕГІЗІНДЕГІ ФОТОСЕЗІМТАЛ ҚҰРЫЛЫМДАРДЫ ЖАСАУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ.....	63
<b>Е.Т. Кожажулов, Д.М. Жексебай, С.А. Сарманбетов, Н.М. Үсіпов, К.Т. Көпбай</b> АҚПАРАТТЫҚ ЭНТРОПИЯНЫҢ НЕГІЗІНДЕ САНДЫҚ МОДУЛЯЦИЯНЫ АНЫҚТАУ.....	73
<b>Е.М. Мырзакулов, А.С. Бұланбаева</b> ҚАРА ҚҰРДЫМ ШЕШІМДЕРІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ТЕРМОДИНАМИКАСЫ.....	84
<b>Д.М. Насирова, В.О. Курмангалиева, А.А. Ғазизова</b> ШАҒЫН ЖҰЛДЫЗДАРДАҒЫ ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІ.....	95
<b>А. Серебрянский, А. Халикова</b> МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНЫП ШОЛУ ЖӘНЕ МОНИТОРИНГТІ ФОТОМЕТРЛІК БАҚЫЛАУЛАРЫНАН АЙНЫМАЛЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫ ІЗДЕУ.....	103

ХИМИЯ

<b>Б.С. Абжалов, А.Б. Башов, А.К. Мамырбекова, С.А. Жұмаділлаева, М.О. Алтынбекова</b> ҚЫШҚЫЛ ОРТАДА ВИСМУТ ЭЛЕКТРОДЫНЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІНЕ АЙНЫМАЛЫ ТОКТЫҢ ЖИЛПІ МЕН ТЫҒЫЗДЫҒЫНЫҢ ӘСЕРІ.....	116
<b>Е.Г. Гилязов, Д.К. Кулбатыров, М.Д. Уразгалиева, К.Р. Мақсот</b> ТІКЕЛЕЙ АЙДАУДАН АЛЫНҒАН БЕНЗИННІҢ ОКТАН САНЫН АРТТЫРАТЫН ОКСИГЕНАТТАРДЫҢ ТИІМДІЛІГІ.....	127

<b>Д.Ж. Калиманова, А.К. Мендигалиева, А.Б. Медетова, О.С. Сембай</b> ХИМИЯ САБАҚТАРЫНДА ЭЛЕКТРОНДЫҚ БІЛІМ РЕСУРСТАРЫН, ОЙЫН ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНЫП ОҚУШЫЛАРДЫҢ НӘТИЖЕЛЕРІН ЖИЫНТЫҚ БАҒАЛАУ.....	140
<b>Л.М. Калимолдина, Г.С. Султангазиева, С.О. Абилкасова</b> АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНЫҢ СУ РЕСУРСТАРЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ЗАТТАРМЕН ЛАСТАНУ ДЕҢГЕЙІН ЗЕРТТЕУ.....	152
<b>Б.К. Кенжалиев, А.К. Койжанова, М.Б. Ерденова, Д.Р. Магомедов, К.М. Смаилов</b> ҮЙІНДІ КЕНДЕРДЕН МЫС АЛУДЫ БИОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ТОТЫҚТЫРУ ӘДІСТЕРІМЕН ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....	167
<b>Г.М. Мадыбекова, Т.Т. Туребаева, Б.Ж. Муталиева, Д.М. Лесбекова, А.Б. Исаева</b> БЕЛСЕНДІ АГЕНТТЕРДІ ЖЕТКІЗУ ҮШІН МИКРОКАПСУЛЯЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРДІ ҚОЛДАНУДЫҢ АРТЫҚШЫЛЫҚТАРЫ МЕН ПОЦЕНЦИАЛЫ: ШОЛУ.....	183
<b>Б.К. Масалимова, Б. Джанекова, С.М. Наурызкулова</b> NI-RU ҚҰРАМДЫ КҮРДЕЛІ ОКСИДТЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН КОМПОЗИТТЕР ҚҰРАМЫН ЭНЕРГОДИСПЕРСТІ СПЕКТРОСКОПИЯ ӘДІСІМЕН САНДЫҚ ХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ.....	198
<b>С. Тұрғанбай, А.И. Ильин, Д.А. Аскарова, А.Б. Джумагазиева, З.С. Ашимханова</b> ӨРТҮРЛІ СҮЙЫЛТУЛАРДАҒЫ АФС ЕРІТІНДІЛЕРІНДЕГІ ФИЗИКА- ХИМИЯЛЫҚ ТЕПЕ-ТЕНДІКТІ ЗЕРТТЕУ.....	209
<b>А.М. Усербаева, Р.Г. Рыскалиева</b> ХИМИЯ ПӘНІНЕН ОҚУ-ӘДІСТЕМЕЛІК КЕШЕН ҚҰРАСТЫРУДЫҢ ҒЫЛЫМИ ПЕДАГОГИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ.....	228
<b>С.Д. Фазылов, О.А. Нұркенов, Ж.С. Нұрмағанбетов, Р.Е. Бәкірова, М.Ж. Жұрынов</b> ЦИКЛОДЕКСТРИНДЕР ХИМИЯЛЫҚ ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ СУПРАМОЛЕКУЛАЛЫҚ КОНТЕЙНЕРЛЕРІ РЕТІНДЕ.....	241

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

<b>М.Б. Альбатырова, А.Ж. Алибек, А.С. Жетписбаева</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PYTON.....	7
<b>Н. Бейсен, Э. Кеведо, С. Токтарбай, М. Жакипова, М. Алимкулова</b> СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КРИВИЗНЫ Q-МЕТРИКИ.....	17
<b>Г. Бекетова, Н. Жантурина, З. Аймаганбетова, А. Бекешев</b> ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДВОЙНЫХ ГАЛОИДНЫХ ПЕРОВСКИТОВ НА ОСНОВЕ ЦЕЗИЯ.....	31
<b>С.Б. Дубовиченко, Н.А. Буркова, А.С. Ткаченко, Д.М. Зазулин</b> ПОЛНЫЕ СЕЧЕНИЯ И СКОРОСТЬ РАДИАЦИОННОГО $n^{12}\text{C}$ ЗАХВАТА.....	43
<b>А. Касымов, А. Адылканова, А. Бектемисов, К. Астемесова, Г. Турлыбекова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОСТНЫХ СВОЙСТВ ГИБРИДНОЙ НАНОЖИДКОСТИ $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ НА ОСНОВЕ БИДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ВОДЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ГИБРИДНОМ СОЛНЕЧНОМ КОЛЛЕКТОРЕ.....	52
<b>А.Е. Кемелбекова, Д.М. Мухамедшина, К.А. Мить, Р.С. Мендыханов, К.К. Елемесов</b> СОЗДАТЬ И ИССЛЕДОВАТЬ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	63
<b>Е.Т. Кожугулов, Д.М. Жексебай, С.А. Сарманбетов, Н.М. Усипов, К.Т. Копбай</b> ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЦИФРОВОЙ МОДУЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ.....	73
<b>Е.М. Мырзакулов, А.С. Буланбаева</b> РЕШЕНИЯ РЕГУЛЯРНОЙ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ И ИХ ТЕРМОДИНАМИКА.....	84
<b>Д.М. Насирова, В.О. Курмангалиева, А.А. Газизова</b> ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В КОМПАКТНЫХ ЗВЕЗДАХ.....	95
<b>А. Серебрянский, А. Халикова</b> ПОИСК ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД В МОНИТОРИНГОВЫХ И ОБЗОРНЫХ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	103

ХИМИЯ

<b>Б.С. Абжалов, А.Б. Башов, А.К. Мамырбекова, С.А. Джумадуллаева, М.О. Алтынбекова</b> ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ И ПЛОТНОСТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ВИСМУТОВОГО ЭЛЕКТРОДА В КИСЛОЙ СРЕДЕ.....	116
<b>Е.Г. Гиладжов, Д.К. Кулбатыров, М.Д. Уразгалиева, К.Р. Мақсот</b> ЭФФЕКТИВНОСТИ ОКСИГЕНАТОВ НА ПОВЫШЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА ПРЯМОГОННОГО БЕНЗИНА.....	127

<b>Д.Ж. Калиманова, А.К. Мендигалиева, А.Б. Медетова, О.С. Сембай</b> СУММАТИВНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧАЩИХСЯ НА УРОКАХ ХИМИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, ИГРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	140
<b>Л.М. Калимолдина, Г.С. Султангазиева, С.О.Абилкасова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ГОРОДА АЛМАТЫ.....	152
<b>Б.К. Кенжалиев, А.К. Койжанова, М.Б. Ерденова, Д.Р. Магомедов, К.М. Смаилов</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДИ ИЗ ОТВАЛЬНЫХ РУД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОХИМИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОКИСЛЕНИЯ.....	167
<b>Г.М. Мадыбекова, Т.Т. Туребаева, Б.Ж. Муталиева, Д.М. Лесбекова, А.Б. Исаева</b> ПРЕИМУЩЕСТВА И ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ДОСТАВКИ АКТИВНЫХ АГЕНТОВ: ОБЗ ОР.....	183
<b>Б.К. Масалимова, Б. Джанекова, С.М. Наурзкулова</b> КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТАВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ NI-RU – СОДЕРЖАЩИХ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ МЕТОДОМ ЭНЕРГОДИСПЕРСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ.....	198
<b>С. Тұрғанбай, А.И. Ильин, Д.А. Аскарова, А.Б. Джумагазиева, З.С. Ашимханова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ РАВНОВЕСИЙ В РАСТВОРАХ АФС ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РАЗВЕДЕНИЯХ.....	209
<b>А.М. Усербаева, Р.Г. Рыскалиева</b> НАУЧНО – ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОСТАВЛЕНИЯ УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ХИМИИ.....	228
<b>С.Д. Фазылов, О.А. Нуркенов, Ж.С. Нурмаганбетов, Р.Е. Бакирова, М.Ж. Журинов</b> ЦИКЛОДЕКСТРИНЫ КАК СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ КОНТЕЙНЕРЫ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	241

**CONTENTS**

**PHYSICAL**

<b>M.B. Albatyrova, A.Zh. Alibek, A.S. Zhetpisbayeva</b> MODELING PHYSICAL PHENOMENA USING PYTHON.....	7
<b>N. Beissen, H. Quevedo, S. Toktarbay, M. Zhakipova, M. Alimkulova</b> CURVATURE EIGENVALUES OF THE Q-METRIC.....	17
<b>G. Beketova, N. Zhanturina, Z. Aimaganbetova, A. Bekeshev</b> OPTICAL PROPERTIES OF DOUBLE HALIDE PEROVSKITES BASED ON CESIUM.....	31
<b>S.B. Dubovichenko, N.A. Burkova, A.S. Tkachenko, D.M. Zazulin</b> TOTAL CROSS-SECTIONS AND RATE OF $n^{12}\text{C}$ RADIATIVE CAPTURE.....	43
<b>A. Kassymov, A. Adylkanova, A. Bektemissov, K. Astemessova, G. Turlybekova</b> INVESTIGATION OF VISCOSITY PROPERTIES OF $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ HYBRID NANOFLUID BASED ON BIDISTILLED WATER FOR USE IN A HYBRID SOLAR COLLECTOR.....	52
<b>A.E. Kemelbekova, D.M. Mukhamedshina, K.A. Mit', R.S. Mendykanov, A.K. Shongalova</b> CREATING AND RESEARCH ON PHOTSENSITIVE STRUCTURES USING RARE EARTH METALS.....	63
<b>Y.T. Kozhagulov, D.M. Zhexebay, S.A. Sarmanbetov, N.M. Ussipov, K.T. Kopbay</b> IDENTIFICATION OF DIGITAL MODULATION BASED ON INFORMATIONAL ENTROPY.....	73
<b>Y. Myrzakulov, A. Bulanbayeva</b> A REGULAR BLACK HOLE SOLUTIONS AND THEIR THERMODYNAMICS.....	84
<b>D.M. Nassirova, V.O. Kurmangaliyeva, A.A. Gazizova</b> SOURCES OF ENERGY IN COMPACT STARS.....	95
<b>A. Serebryanskiy, A. Khalikova</b> SEARCH FOR VARIABLE STARS IN MONITORING AND SURVEY PHOTO- METRIC OBSERVATIONS USING MACHINE LEARNING METHODS.....	103

**CHEMISTRY**

<b>B.S. Abzhalov, A.B. Bayeshov, A.K. Mamyrbekova, S.A. Dzhumadullayeva, M.O. Altynbekova</b> INFLUENCE OF AC FREQUENCY AND DENSITY ON THE ELECTROCHEMI- CAL BEHAVIOR OF BISMUTH ELECTRODE IN AN ACID MEDIUM.....	116
<b>Y.G. Gilazhov, D.K. Kulbatyrov, M.D. Urazgalieva, K.R. Maksot</b> EFFICIENCY OF OXYGENATES ON INCREASE OF OCTANE NUMBER OF STRAIGHT-RUN GASOLINE.....	127
<b>D. Zh. Kalimanova, A. K. Mendigaliyeva, A.B. Medetova, O.S. Sembay</b> SUMMATIVE ASSESSMENT OF STUDENTS' RESULTS IN CHEMISTRY LESSONS USING ELECTRONIC EDUCATIONAL RESOURCES, GAME	

TECHNOLOGIES.....	140
<b>L.M. Kalimoldina, G.S. Sultangazieva, S.O. Abilkasova</b> STUDY OF CHEMICAL POLLUTION LEVEL IN WATER RESOURCES OF ALMATY CITY.....	152
<b>B.K. Kenzhaliev, A.K. Koizhanova, M.B. Yerdenova, D.R. Magomedov, K.M. Smailov</b> OPTIMIZATION OF COPPER EXTRACTION FROM WASTE ORES USING BIOCHEMICAL AND CHEMICAL OXIDATION METHODS.....	167
<b>G.M. Madybekova, T.T. Turebayeva, B.Zh. Mutaliev, D.M. Lesbekova, A.B. Issayeva</b> ADVANTAGES AND POTENTIAL OF USING MICROCAPSULATION METHODS FOR DELIVERY OF ACTIVE AGENTS: A REVIEW.....	183
<b>B.K. Massalimova, B. Janekova, S.M. Naurzkulova</b> QUANTITATIVE CHEMICAL ANALYSIS OF THE COMPOSITION OF COMPOSITES BASED ON NI-RU-CONTAINING COMPLEX OXIDES BY ENERGY-DISPERSED SPECTROSCOPY.....	198
<b>S. Turganbay, A.I. Ilin, D. Askarova, A.B. Jumagaziyeva, Z. Ashimkhanova</b> STUDY OF PHYSICOCHEMICAL EQUILIBRIA IN API SOLUTIONS AT DIFFERENT DILUTIONS.....	209
<b>A.M. Userbayeva, R.G. Ryskaliyeva</b> SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL FOUNDATIONS OF THE PREPARATION OF AN EDUCATIONAL AND METHODOLOGICAL COMPLEX IN CHEMISTRY.....	228
<b>S.D. Fazylov, O.A. Nurkenov, Zh.S. Nurmaganbetov, R.E. Bakirova, M.J. Jurinov</b> CYCLODEXTRINS AS SUPRAMOLECULAR CONTAINERS OF CHEMICAL COMPOUNDS.....	241

## **Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

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](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.

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>**

Подписано в печать 15.06.2024.

Формат 60x88<sup>1/8</sup>. Бумага офсетная. Печать - ризограф.

19,0 п.л. Тираж 300. Заказ 2.