

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

2023 • 3



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, Корея 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 Нұрәліұлы, 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 Искендерович, 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 Асава Дар, профессор Колледжа восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет восточной медицины Университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), Н = 21

ЦЕПЕТКИН 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 Жабгаевич, 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, Казахстанско-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

RAMANKULOV 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>

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

ISSN 2224-5227

Volume 3. Number 347 (2023), 83–93

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.227>

UDC 547.447

© A. Abdrakhmanova^{1*}, N. Omarova², A. Sabitova¹, 2023

¹Shakarim University Semey, Semey, Kazakhstan;

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: zzzk2014@mail.ru

THE EFFECT OF THE COMPOSITION OF ELECTROLYTES ON THE ELECTROCHEMICAL PARAMETERS OF ANODE-FREE LITHIUM- ION BATTERIES

Abdrakhmanova Azhar Bayurzhanovna — 1st year PhD student, Chemical technology and ecology department, Shakarim University of Semey, 071412, Semey, Glinka street, 20A, Kazakhstan

E-mail: zzzk2014@mail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1196-6081>;

Sabitova Alfira Nurzhanovna — PhD, Head of Chemical technologies and Ecology department, Shakarim University of Semey, 071412, Semey, Glinka street, 20A, Kazakhstan

E-mail: alfa-1983@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3360-7998>;

Omarova Nuriya Moldagalieva — candidate of biological sciences, associate professor, Chemistry department, Eurasian National University named after L.N. Gumilev, 010008, Astana, Kazhimukana street, 13, Kazakhstan

E-mail: omarova_nm@enu.kz; <https://orcid.org/0000-0001-6074-7104>.

Abstract. Anode-free lithium-ion batteries accumulate 60 % more energy per unit volume than conventional lithium-ion cells. However, these elements, as a rule, quickly lose capacity and have a short cycle life, and their practical implementation is hindered by significant problems, such as the growth of lithium dendrites and low Coulomb cycling efficiency. The development of electrolytic systems with optimal structure and composition contributes to the development of lithium power supplies, including their electrochemical characteristics. In lithium-ion batteries, the electrolyte acts as a medium for the transfer of lithium ions between electrodes during charge-discharge processes. For this reason, this component is necessary for the operation of these devices. It is necessary to take into account that electrolytic systems include components in the form of additives, solvents and salts. Electrolyte solutions based on a combination of fluorinated and traditional carbonate solvents were studied in anode-free lithium-ion cells using copper foil as the anode and $\text{Li}_{1.05}\text{Ni}_{0.33}\text{Mn}_{0.33}\text{Co}_{0.33}\text{O}_2$ as the cathode. Excellent performance characteristics were achieved by replacing traditional alkyl carbonate solvents in electrolyte solutions

with a mixture with fluorinated co-solvents. The use of fluoroethylene carbonate has significantly improved the cyclic behavior of elements charged up to 4.5 V. The improvement achieved is due to the formation of stable and protective surface films on cathode particles due to unique surface reactions that are possible due to the nature of fluorinated solvent molecules. Surface films formed on lithium cathodes of transition metal oxide isolate the active mass, which has a high reactivity with respect to electrophilic alkyl carbonates, from ongoing side reactions with solution particles. The exceptional electrochemical stability of these electrolyte solutions makes them suitable for other non-anode lithium-ion cells.

Keywords: anode-free lithium-ion batteries, electrolytes, lithium-ion batteries, fluoroethylene carbon, dimethoxyethane, lithium difluorine(oxalato) borate

Funding: This study did not receive external funding.

Acknowledgements: *The authors express their gratitude to the staff of the energy storage prototyping laboratory (Russia, Moscow region, Dubna) for conducting the necessary analyzes.*

Conflict of interest: No conflict of interest.

© А. Абдрахманова¹, Н. Омарова², А. Сабитова¹, 2023

¹КЕАҚ Шәкәрім университеті, Семей, Қазақстан;

²Л.Н. Гумилева атындағы Еуразия ұлттық университеті., Астана, Қазақстан.

E-mail: zzzk2014@mail.ru

ЭЛЕКТРОЛИТ ҚҰРАМЫНЫҢ АНОДЫ ЖОҚ ЛИТИЙ-ИОНДЫ ЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІ

Абдрахманова Ажар Бауыржанқызы — PhD студент. Химиялық технология және экология кафедрасы, Шәкәрім атындағы университет, 071412, Семей, Глинка к-сі, 20а, Қазақстан
E-mail: zzzk2014@mail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1196-6081>;

Сабитова Альфира Нұржанқызы — PhD, химиялық технологиялар және экология кафедрасының меңгерушісі, Шәкәрім университеті Семей қ., 071412, Семей, Глинка к-сі, 20а, Қазақстан
E-mail: alfa-1983@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3360-7998>;

Омарова Нурия Молдағалиқызы — биология ғылымдарының кандидаты, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің химия кафедрасының доценті, 010008, Астана, Қажымұқан көшесі, 13, Қазақстан
E-mail: omarova_nm@enu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-6074-7104>.

Аннотация. Анодсыз литий-ионды аккумуляторлар дәстүрлі литий-ионды аккумуляторларға қарағанда көлем бірлігіне 60% - ға артық энергия жинайды. Алайда, бұл элементтердің кемшіліктері де бар: сыйымдылығын тез жоғалтады және жұмыс ету мерзімі қысқа болып саналады, сонымен қатар литий дендриттерінің өсуі және кулондық тиімділігінің көрсеткіштерінің төмен болуы сияқты маңызды мәселелер оларды практикада қолдануға кедергі келтіреді. Оңтайлы құрылымы мен құрамы бар электролиттік

жүйелерді әзірлек литийлі қуат көздерінің, соның ішінде олардың электрохимиялық сипаттамаларының дамуына ықпал етеді. Литий-ионды аккумуляторларда электролит заряд-разряд процестері кезінде электродтар арасында литий иондарын тасымалдау ортасы ретінде қызмет атқарады. Осы себепті бұл компонент қуат көздерінің жұмыс істеуі үшін маңызды болып табылады. Электролиттік жүйелердің құрамына еріткіш, тұз және қосымша түріндегі компоненттер кіретінін ескеру қажет. Фторланған және дәстүрлі карбонатты еріткіштердің қоспасының негізінде дайындалған электролит ерітінділері анодсыз литий-ионды элементтерде зерттелді. Анод ретінде мыс фольгасы мен катод ретінде $\text{Li}_{1,05}\text{Ni}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{O}_2$ негізінде дайындалған электродтар қолданылды. Электролит ерітінділеріндегі дәстүрлі алкил карбонатты еріткіштерді фторланған еріткіштермен ауыстыру арқылы жоғары көрсеткіштерге қол жеткізілді. Еріткіш ретінде фторэтилен карбонатын қолдану 4,5 В - қа дейін зарядталған элементтердің цикл санын айтарлықтай арттырды. Жұмыста келтірілген нәтижелер фторланған еріткіш молекулаларының табиғаты арқасында мүмкін болатын бірегей беттік реакциялардың арқасында катод бөлшектерінде тұрақты және қорғаныш беттік қабықшалардың пайда болуымен түсіндіріледі. Өтпелі металл оксидінен туратын литийленген катодтарда түзілетін беттік қабықшалар электрофильді алкил карбонаттарына қатысты жоғары реактивтілікке ие болатын белсенді массаны ерітінді бөлшектерімен пайда болатын жағымсыз реакциялардан оқшаулайды. Бұл электролит ерітінділерінің ерекше электрохимиялық тұрақтылығы оларды басқа анодсыз литий-ионды аккумуляторларда қолдануға жол ашады.

Түйін сөздер: анодсыз литий-ионды аккумуляторлар, электролиттер, литий-ионды аккумуляторлар, фторэтиленкарбонат, диметоксиэтан, литий дифтор(оксалато) бораты

Қаржыландыру: Бұл зерттеу сыртқы қаржыландыруды алған жоқ.

Алғыс: Авторлар қажетті зерттеулер жүргізгені үшін энергия жинақтағыштарды прототиптеу зертханасының (Ресей, Мәскеу облысы, Дубна қаласы) қызметкерлеріне алғыстарын білдіреді.

Мүдделер қақтығысы: Мүдделер қақтығысы жоқ.

© А. Абдрахманова¹, Н. Омарова², А. Сабитова¹, 2023

¹НАО Университет Шакарима г. Семей, Семей, Казахстан;

²Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
Астана, Казахстан.

E-mail: zzzk2014@mail.ru

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗАНОДНЫХ ЛИТИЙ-ИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Абдрахманова Ажар Бауыржановна — PhD студент, кафедра химической технологии и экологии, Университет Шакарима г. Семей, 071412, Семей, ул. Глинки, 20А, Казахстан
E-mail: zzzk2014@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1196-6081>;

Сабитова Альфира Нуржановна — PhD, заведующая кафедрой химических технологий и экологии, Университет Шакарима г. Семей, 071412, Семей, ул. Глинки, 20А, Казахстан
E-mail: alfa-1983@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3360-7998>;

Омарова Нурия Молдагалиевна — кандидат биологических наук, доцент кафедры химии Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, 010008, Астана, ул. Кажимукана, 13, Казахстан
E-mail: omarova_nm@enu.kz, <https://orcid.org/0000-0001-6074-7104>.

Аннотация. Безанодные литий-ионные аккумуляторы накапливают на 60 % больше энергии на единицу объема, чем обычные литий-ионные элементы. Однако эти элементы, как правило, быстро теряют емкость и имеют короткий срок службы, а также, их практическому внедрению препятствуют значительные проблемы, такие как рост литиевых дендритов и низкая кулоновская эффективность циклирования. Разработка электролитических систем с оптимальной структурой и составом способствует развитию литиевых источников питания, в том числе и их электрохимических характеристик. В литий-ионных аккумуляторах электролит действует как среда для переноса ионов лития между электродами во время процессов заряда-разряда. По этой причине этот компонент необходим для работы таких устройств. Обязательно нужно учитывать, что электролитические системы включают в себя компоненты в виде добавки, растворителя и соли. Растворы электролитов на основе комбинации фторированных и традиционных карбонатных растворителей были исследованы в безанодных литий-ионных элементах с использованием в качестве анода медную фольгу и $\text{Li}_{1.05}\text{Ni}_{0.33}\text{Mn}_{0.33}\text{Co}_{0.33}\text{O}_2$ в качестве катода. Отличные эксплуатационные характеристики были достигнуты за счет замены традиционных алкилкарбонатных растворителей в растворах электролитов на смесь с фторированными соразтворителями. Использование фторэтиленкарбоната значительно улучшило циклическое поведение элементов, заряженных до 4,5 В. Достигнутое улучшение объясняется образованием стабильных и защитных поверхностных пленок на частицах катода благодаря уникальным поверхностным реакциям, которые возможны благодаря природе молекул фторированного растворителя. Поверхностные пленки, образующиеся на

литированных катодах из оксида переходного металла, изолируют активную массу, которая обладает высокой реакционной способностью по отношению к электрофильным алкилкарбонатам, от продолжающихся побочных реакций с частицами раствора. Исключительная электрохимическая стабильность этих растворов электролита делает их подходящими для других безанодных литий-ионных элементов.

Ключевые слова: безанодные литий-ионные аккумуляторы, электролиты, литий-ионные аккумуляторы, фторэтиленкарбонат, диметоксиэтан, дифтор (оксалат) борат лития

Финансирование: данное исследование не получало внешнего финансирования.

Благодарность: авторы выражают свою благодарность сотрудникам лаборатории прототипирования накопителей энергии (Россия, Московская область, город Дубна) за проведение необходимых анализов.

Конфликт интересов: конфликта интересов нет.

Введение

Безанодные литий-ионные аккумуляторы — это тип литий-ионных аккумуляторных батарей, которые используются во многих устройствах, включая мобильные телефоны, планшеты, ноутбуки и электрические автомобили. Они получили свое название из-за отсутствия отрицательного электрода (анода), что означает, что электроды в аккумуляторе состоят только из положительного электрода (катода) и электролита. Этот вид аккумуляторов обычно обеспечивает более высокую плотность энергии и длительный срок службы, чем другие типы аккумуляторов. Они также имеют быструю скорость зарядки и дополнительную безопасность благодаря отсутствию лития на аноде, который может стать причиной возгорания.

Безанодные литий-металлические элементы обеспечивают на 60 % более высокую плотность энергии, чем литий-ионные элементы. В качестве примера рассмотрим безанодный и литий-ионный элемент. В обоих элементах используется один и тот же катод $\text{Li}[\text{Ni}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{Co}_{0.2}]\text{O}_2$ (NMC532), но вместо графитового анода элемент без анода накапливает заряд в виде металлического лития с гальваническим покрытием. В безанодных элементах используется нулевой избыток лития — 100 % лития поступает с положительного электрода (катода) (Neudecker и др., 2000; Qian и др., 2016). Многие литий-металлические элементы, о которых сообщается в литературе, на самом деле менее энергоёмки, чем литий-ионные элементы, из-за значительного количества используемого избыточного лития (Albertus и др., 2018; Liu и др., 2019). Более того, использование литиевой фольги толщиной более 60 мкм делает литий-металлические элементы менее энергоёмкими, чем литий-ионные элементы. Более того, отказ от использования литиевой фольги снизит затраты и повысит совместимость с существующей инфраструктурой производства элементов (Schmuck и др., 2018).

При нулевом избытке лития безанодные элементы часто быстро теряют емкость. Обычным явлением является срок службы менее 20 циклов, снижающий до 80 % первоначальной производительности (Qian и др., 2016; Abrha и др., 2019). Выход из строя элемента может быть связан с потерей лития в результате побочных реакций литиевого электролита, приводящих к образованию межфазного слоя твердого электролита (Solid Electrolyte Interface – SEI) и электрически изолированного лития (Aurbach и др., 2002; Lin и др., 2017; Fang и др., 2019). Оба механизма приводят к образованию "мертвого" лития и усугубляются морфологией с большой площадью поверхности, которая имеет тенденцию формироваться в обычных электролитах (Aurbach и др., 2002; Ding и др., 2013; Wood и др., 2016; López и др., 2009). Оптимизация электролита [Rodriguez и др., 2020; Ren и др., 2019; Chen и др., 2018] и применение механического давления (Wilkinson и др., 1991; Louli и др., 2019; Yin и др., 2018; Niu и др., 2019) относятся к числу стратегий, применяемых для увеличения срока службы, поскольку они способствуют плотной морфологии лития. Помимо срока службы, безопасность электрохимических ячеек остается актуальной проблемой. Проблемы безопасности литий-металлических элементов были изучены еще с 1980-х годов. Безопасность часто обсуждается в литературе, но редко проверяется в реальных условиях. В некоторых работах упоминается применение "негорючих" электролитов, поскольку пропитанные электролитом сепараторы не загораются при воздействии пламени.

Выбор типа электролита зависит от конкретных требований проекта, включая безопасность, энергетическую плотность, стоимость и температурный диапазон эксплуатации. Электролиты играют важную роль в работе литий-ионных аккумуляторов, и их разработка и усовершенствование продолжают с целью улучшения характеристик и надежности этих аккумуляторов.

В настоящей работе было проведено сравнение электрохимических показателей безанодных литий-ионных элементов с разными растворами электролитов, была использована соль дифтор(оксалато)борат лития (LiDFOB) в смеси растворителей, таких как фторэтиленкарбонат (FEC) и диметоксиэтан (DME), пропиленкарбонат (PC) и диметоксиэтан. Растворы электролитов на основе комбинации фторированных и традиционных карбонатных растворителей были исследованы в безанодных литий-ионных элементах с использованием в качестве анода медную фольгу и $\text{Li}_{1.05}\text{Ni}_{0.33}\text{Mn}_{0.33}\text{Co}_{0.33}\text{O}_2$ в качестве катода.

Дифтор (оксалато)борат лития (LiDFOB) является актуальной солью, используемая в литий-ионных аккумуляторах. Этот электролит широко применяется благодаря своим химическим свойствам, которые способствуют улучшению производительности и стабильности аккумуляторов. Приведены некоторые ключевые характеристики и преимущества дифтор(оксалато)бората лития:

- Химическая структура: LiDFOB представляет собой соль лития,

содержащую фтор, оксалат и бор. Его химическая формула обычно выглядит так: Li₂DFOB.

- Термическая стабильность: LiDFOB имеет высокую термическую стабильность, что делает его подходящим для работы в широком диапазоне температур.

- Химическая стабильность: Этот электролит хорошо растворим в органических растворителях и обеспечивает стабильность химических процессов внутри аккумулятора.

- Высокая электропроводность: LiDFOB способствует хорошей электропроводности и ионной мобильности внутри аккумулятора, что позволяет быстро заряжать и разряжать аккумулятор.

- Низкая токсичность: Он считается относительно безопасным с химической точки зрения, что важно для безопасности использования аккумуляторов.

- Поддержание циклической стабильности: LiDFOB способствует долговечности аккумуляторов и сохранению их емкости на протяжении многих циклов зарядки и разрядки.

Целью данной работы является разработка безанодных литий-ионных элементов с применением растворов электролитов с разными составами и изучение их влияния на электрохимические показатели элемента.

Материалы и методы

Используемые материалы: N-метил-2-пирролидин, поливинилденфторид (Solef 5130, Solvay company) литий никель марганец оксид кобальта (NMC111) (GN-P198-H, Gelon LIB Group,) углеродная сажа Timcal Super C45, углеродные нанотрубки Tuball Coat_E H₂O 0,4% (Окисл, РФ), медная фольга (Китай)

Положительный электрод был приготовлен на основе литий никель марганец оксид кобальта Li_{1,05}Ni_{0,33}Mn_{0,33}Co_{0,33}O₂ (NMC111). Процесс замеса электродной пасты приведен ниже:

- 1) При постоянном механическом перемешивании на магнитной мешалке при 60° С в N-метил-2-пирролидин добавляли полимер связующий поливинилденфторид (Solef 5130) и оставляли перемешиваться до визуального растворения полимера в течении 2 часов.

- 2) В N-метил-2-пирролидин добавляли углеродные нанотрубки и диспергировали с помощью ультразвуковым гомогенизатором Bandelin Sonopuls HD 3100 15 минут с интервалами 5 мин для охлаждения разогретого раствора.

- 3) Затем смешивали получившийся раствор полимера с суспензией нанотрубок и диспергировали 5-10 минут ультразвуковым гомогенизатором Bandelin Sonopuls HD 3100.

- 4) В полученную смесь при постоянном механическом перемешивании верхнеприводной мешалкой без нагрева постепенно добавляли вторую проводящую добавку, углеродную сажу и активный материал NMC111 и оставляли на перемешивание в течении 40 минут.

- 5) Полученную смесь гомонезировали для получения гомогенной пасты.

- 6) Механическое перемешивание электродной пасты на верхнеприводной

мешалке длилось не менее 12 часов, при скорости 1500об/мин., далее пасту помещали в вакуумный миксер на 20 минут для удаления остатков кислорода.

Нанесение катодной пасты проводили методом намазной технологии ракельным станком Doctor blade Coater с толщиной влажного покрытия 800 мкм. Сушку электродных покрытий проводили при 60°C в течение 12 часов.

В качестве отрицательного электрода была использована медная фольга, предварительно обработанная в плазме с целью удаления молекулярных следов различного рода загрязнений в плазменной установке низкого давления Diener Atto. Для удаления остатков влаги вырезанные отрицательные электроды выдерживали в сушильном вакуумном шкафу BINDER VD-23 в течение двух часов при 120°C и давлении примерно 1 мбар, затем транспортировали в перчаточный бокс для сборки ячеек без какого-либо воздействия воздуха. Сепаратор был использован – Celgard 2300.

Сборку ячеек кнопочного типа из готовых электродов с форм-фактором 2032 проводили в перчаточном боксе СПЕКС ГБ02М в атмосфере аргона с уровнем влажности менее 0,1 миллионных долей и концентрацией кислорода менее 1,0 миллионных долей. Кнопочные элементы питания формировали гидравлическим прессом МТИ-MSK-110.

Электрохимические исследования образцов формата 2032 были проведены методом гальваностатического зарядно-разрядного циклирования на восьмиканальном анализаторе источников питания МТИ BST8-МА в диапазоне напряжений 3–4,5 В. Данный прибор предназначен для тестирования портативных аккумуляторов, а также исследования ресурса электродных материалов. Напряжение пересчитывали относительно Li^+/Li на основании кривых заряда/разряда отрицательных электродов, полученных в ячейках с металлическим литием на таких же плотностях тока. Удельную емкость нормировали на массу активного материала.

Результаты и обсуждение

Для исследования концепции безанодных литий-ионных элементов были собраны образцы типа 2032 $\text{Cu}||\text{NMC111}$ с медным анодным токосъемником и электродом на основе $\text{Li}_{1,05}\text{Ni}_{0,33}\text{Mn}_{0,33}\text{Co}_{0,33}\text{O}_2$ с номинальной площадью поверхности 1,6 мАч/см² в качестве катода. Два разных электролита — электролит с составом 1 М LiDFOB в PC:DME в об. соотношении 3:7 и электролит с составом 1М LiDFOB в FEC:DME об. соотношении 3:7 — использовались для оценки характеристик элемента. Для обоих электролитов элементы на основе $\text{Cu}||\text{NMC111}$ имели первоначальную зарядную емкость $\approx 1,71$ мАч что соответствует удельной емкости 148 мАчг⁻¹ (теоретическая емкость положительного электрода на основе NMC111 составляет 170 мАчг⁻¹). Это указывает на то, что степень извлечения ионов Li^+ из катода на основе NMC111 в процессе начального заряда была эквивалентна независимо от состава электролита. Однако, для ячейки с электролитом на карбонатной основе последующий процесс разряда восстанавливал только $\approx 25\%$ заряда общий гальванический литий. О плохой обратимости лития в

карбонатном электролите говорится во многих современных исследованиях, например элемент на основе $\text{Cu}||\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ возвращал только 23 % нанесенного лития обратно. Катод – $x\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ при использовании электролита 1,2М гексафторфосфат лития в смеси растворителей этиленкарбоната и этилметилкарбоната $\text{LiPF}_6\text{-EC/EMC}$ (3:7 по массе). Эта огромная потеря емкости связана как с деградацией активного литиевого материала, так и с образованием межфазного слоя с высоким импедансом на поверхности металлического лития, когда нанесённый литий активно реагирует с карбонатными растворителями и солью LiPF_6 . В карбонатных электролитах литий обычно вырастает в дендритные или моховые структуры с большим отношением поверхности к объему. Во время процесса зачистки металлический литий, заключенный в межфазный слой твердого электролита (SEI), становится электрически изолированным и, таким образом, электрохимически неактивным, то есть «мертвым литием», который недоступен для последующих процессов нанесения покрытия/зачистки. Это приводит к быстрому увеличению импеданса ячейки из-за накопления мертвого лития, и полная дисфункция ячейки происходит после определенного цикла. На рисунке 1 представлены электрохимические исследования безанодных литиевых элементов методом гальваностатического зарядно-разрядного циклирования.

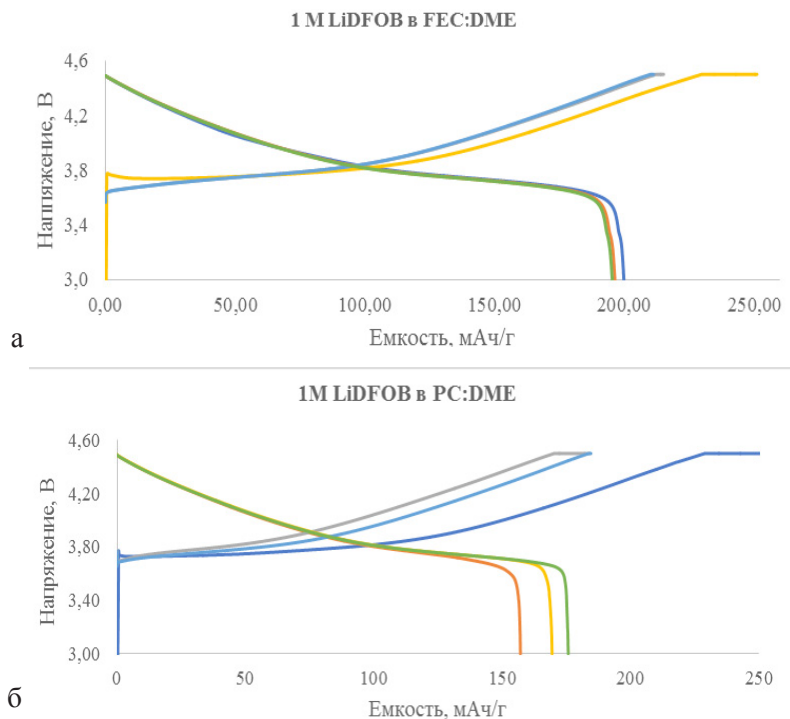


Рис. 1. Зарядно-разрядные кривые первых трех циклов безанодных литиевых элементов с электролитами: а) 1 М LiDFOB в FEC:DME в об. 3:7; б) 1M LiDFOB в PC:DME в об. 3:7.

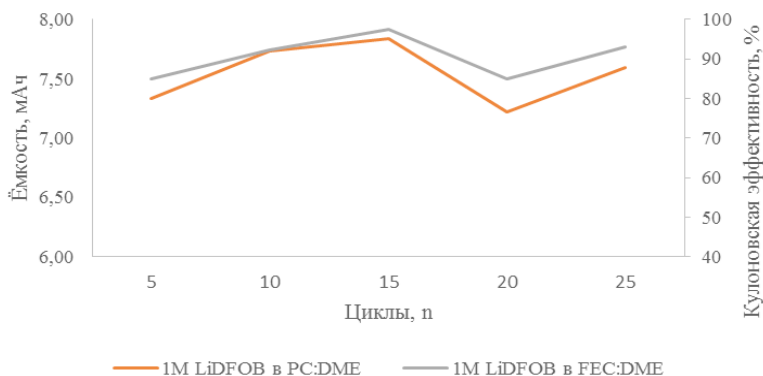


Рис. 2. Зависимость кулоновской эффективности от количества циклов

Исследования показывают, что элемент с электролитом 1M LiDFOB в FEC:DME в об. 3:7 сохраняет стабильность и имеет разрядную емкость ≈ 200 мАч/г, в то время как образец с электролитом этой же соли в смеси растворителей PC:DME имеет емкость 170 мАч/г. Улучшенные электрохимические показатели первого образца с добавлением FEC объясняются образованием стабильных и защитных поверхностных пленок на частицах катода благодаря уникальным поверхностным реакциям, которые возможны благодаря природе молекул фторированного растворителя. Поверхностные пленки, образующиеся на литированных катодах из оксида переходного металла, изолируют активную массу, которая обладает высокой реакционной способностью по отношению к электрофильным алкилкарбонатам, от продолжающихся побочных реакций с частицами раствора.

Кулоновская эффективность — одна из важнейших характеристик безанодных литиевых аккумуляторов, обозначающая относительный объем сохраняемого на аноде лития после полного цикла заряда-разряда. Кулоновская эффективность исследуемых образцов составляет ≈ 96 % для образцов с электролитом 1M LiDFOB в FEC:DME и 92 % для состава 1M LiDFOB в PC:DME. Это говорит о том, что относительный объем сохраняемого на аноде лития после цикла заряда-разряда составляет 96 % после 50 циклов.

Закключение

Используя два разных состава электролита в данной работе продемонстрировано, что эффективная работа безанодного литий-ионного аккумулятора (Cu||NMC111) с улучшенными характеристиками циклирования образцов с добавлением фторэтиленкарбоната в состав электролита по сравнению с тем, что достижимо при использовании обычного электролита на основе пропиленкарбоната и диметоксиэтана. Ключевым преимуществом использования этого электролита является обратимость процесса нанесения/снятия литиевого покрытия (96% цикличности кулоновской эффективности). Проведенная работа также доказывает, что кулоновская эффективность безанодных аккумуляторов может быть улучшена за счет

применения протокола медленной зарядки/быстрой разрядки, что приводит к исключительно высокой кулоновской эффективности- более 99,8 %. Непосредственно образующийся литий (во время зарядки) в значительной степени стабилизируется благодаря минимизации реакций между покрытым литием и концентрированным электролитом.

REFERENCES

- Neudecker B.J., Dudney N.J. & Bates J.B. (2000). – 'Lithium-free' thin-film battery with in situ plated Li anode, *J. Electrochem. Soc.* 47: 517. DOI:10.1149/1.1393226
- Qian J. et al. (2016). Anode-free rechargeable lithium metal batteries. *Adv. Funct. Mater.* 26: 7094–7102. <https://doi.org/10.1002/adfm.201602353> (in Eng.)
- Albertus P., Babinec S., Litzelman S., Newman A. (2018). Status and challenges in enabling the lithium metal electrode for high-energy and low-cost rechargeable batteries. *Nat. Energy* 3:16–21. <https://doi.org/10.1038/s41560-017-0047-2> (in Eng.)
- Liu J. et al. (2019). Pathways for practical high-energy long-cycling lithium metal batteries. *Nat. Energy* 4: 180–186. <https://doi.org/10.1038/s41560-019-0338-x> (in Eng.)
- Schmuck R., Wagner R., Hörpel G., Placke T., Winter M. (2018). Performance and cost of materials for lithium-based rechargeable automotive batteries. *Nat. Energy* 3: 267–278. <http://dx.doi.org/10.1038/s41560-018-0107-2> (in Eng.)
- Abrha L.H. et al. (2019). – $\text{Li}_7\text{La}_{2.75}\text{Ca}_{0.25}\text{Zr}_{1.75}\text{Nb}_{0.25}\text{O}_{12}@\text{LiClO}_4$ composite film derived solid electrolyte interphase for anode-free lithium metal battery. *Electrochim. Acta* 325: 134825. <http://dx.doi.org/10.1016/j.electacta.2019.134825> (in Eng.)
- Aurbach D., Zinigrad E., Cohen Y., Teller H. (2002). A short review of failure mechanisms of lithium metal and lithiated graphite anodes in liquid electrolyte solutions. *Solid State Ion.* 148: 405–416. [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-2738\(02\)00080-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-2738(02)00080-2) (in Eng.)
- Lin D., Liu Y., Cui Y. (2017). –Reviving the lithium metal anode for high-energy batteries. *Nat. Nanotechnol.* 12: 194–206. <https://doi.org/10.1038/nnano.2017.16> (in Eng.)
- Fang C. et al. (2019). –Quantifying inactive lithium in lithium metal batteries. *Nature* 572: 511–515 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1481-z> (in Eng.)
- Ding F. et al. (2013). Effects of carbonate solvents and lithium salts on morphology and Coulombic efficiency of lithium electrode. *J. Electrochem. Soc.* 160: A1894–A1901. <http://dx.doi.org/10.1149/2.100310jes> (in Eng.)
- Wood K. et al. (2016). Dendrites and pits: untangling the complex behavior of lithium metal anodes through operando video microscopy. *ACS Cent. Sci.* 2: 790–801. <http://dx.doi.org/10.1021/acscentsci.6b00260> (in Eng.)
- López C.M., Vaughey J.T., Dees D.W. (2009). Morphological transitions on lithium metal anodes. *J. Electrochem. Soc.* 156: A726. <https://doi.org/10.1149/1945-7111/ac62c4> (in Eng.)
- Rodriguez R. et al. (2020). –Separator-free and concentrated LiNO_3 electrolyte cells enable uniform lithium electrodeposition. *J. Mater. Chem. A.* 8: 3999-4006. <https://doi.org/10.1039/C9TA10929C> (in Eng.)
- Ren X. et al. (2019). Enabling high-voltage lithium-metal batteries under practical conditions. *Joule* 3: 1662–1676. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2019.05.006> (in Eng.)
- Chen S. et al. (2018). High-voltage lithium-metal batteries enabled by localized high-concentration electrolytes. *Adv. Mater.* 30: 1–7. <https://doi.org/10.1002/adma.201706102> (in Eng.)
- Wilkinson D.P., Blom H., Brandt K., Wainwright D. (1991). – Effects of physical constraints on Li cyclability. *J. Power Sources* 36: 517–527 (1991). [https://doi.org/10.1016/0378-7753\(91\)80077-B](https://doi.org/10.1016/0378-7753(91)80077-B) (in Eng.)
- Louli A.J. et al. (2019). Exploring the impact of mechanical pressure on the performance of anode-free lithium metal cells. *J. Electrochem. Soc.* 166: A1291–A1299. <http://dx.doi.org/10.1149/2.0091908jes> (in Eng.)
- Yin X. et al. (2018). Insights into morphological evolution and cycling behaviour of lithium metal anode under mechanical pressure. *Nano Energy* 50: 659–664. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nanoen.2018.06.003> (in Eng.)
- Niu C. et al. (2019). Highenergy lithium metal pouch cells with limited anode swelling and long stable cycles. *Nat. Energy* 4: 551–559 (2019). <https://www.doi.org/10.1038/s41560-019-0390-6> (in Eng.)

**МАЗМУНЫ
ФИЗИКА**

М.С. Есенаманова, Ж.С. Есенаманова, А.Е. Глепбергенова, М. Махамбет, Н.Б. Байтемирова ГИДРОПОНИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫДАҒЫ ҚЫШҚЫЛДЫҚ ПЕН ЭЛЕКТР ӨТКІЗГІШТІК ШАМАЛАРЫНЫҢ ӨЗАРА БАЙЛАНЫСЫ.....	7
Е.А. Жақанбаев, В.Н. Володин, Ю.Ж. Тулеушев ГАФНИЙ-КАДМИЙ ЖҮЙЕСІНДЕГІ НАНОБӨЛШЕКТЕРДІҢ БАЛҚУ ТЕМПЕРАТУРАСЫН ЖӘНЕ БАЛҚЫМА-КРИСТАЛ ШЕКАРАСЫНДАҒЫ БЕТТІК КЕРІЛҮДІ АЗАЙТУ.....	20
А.С. Ларионов, А.С. Диков, Л.А. Дикова, С.О. Ақаев, Р.В. Кирьянов СУТЕКТІ САҚТАУ ҮШІН ҰЗАҚ ПАЙДАЛАНУДАН КЕЙІН КОНТЕЙНЕР МАТЕРИАЛЫН ЗЕРТТЕУ.....	28
Е.М. Мырзакулов, Г.Т. Ергалиева БАРДИН-ЯНГ-МИЛЛС ҚАРА ҚҰРДЫМДАРЫНЫҢ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМЫ.....	36
В.М. Терещенко 8 ^m -10 ^m СПЕКТРОФОТОМЕТРЛІК СТАНДАРТТАР.VI. +40° АЙМАҚ.....	47
А.Ж. Тыңенгулова, К.А. Катпаева MN НЕГІЗІНДЕ ӨТПЕЛІ МЕТАЛДАР КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНДАҒЫ ФОТОАКТИВАЦИЯНЫҢ БАСТАПҚЫ КЕЗЕҢІН ЗЕРТТЕУ.....	58
И. Хромущин, Т. Аксенова, Е. Слямжанов, К. Мунасбаева БАРИЙ ЦЕРАТЫ ЖӘНЕ ЛАНТАН СКАНДАТЫ НЕГІЗІНДЕГІ ПРОТОНДЫ ӨТКІЗГІШТЕРДІ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	71
ХИМИЯ	
А. Абдрахманова, Н. Омарова, А. Сабитова ЭЛЕКТРОЛИТ ҚҰРАМЫНЫҢ АНОДЫ ЖОҚ ЛИТИЙ-ИОНДЫ ЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІ.....	83
М.Ә. Дәуренбек ШЕТЕЛДІК ЗЕРТТЕУЛЕР АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАЗАРТУ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ШЕҢБЕРІНДЕ ПАЙДАЛАНЫЛАТЫН СУЛЬФИДТЕРДІҢ КЕШЕНДІ ҚОСЫЛЫСТАРЫ ТУРАЛЫ.....	94
С.Ж. Егембердиева, Н.Х. Халдаров, М.Н. Рахимов БУТИЛ СПИРТТЕРІНІҢ ӨРТҮРЛІ ӘДІСТЕРМЕН СИНТЕЗІНЕ КЕШЕНДІ ШОЛУ.....	106
А.Т. Кабылбекова, Е. Тілеуберді ПОЛИМЕРҚҰРАМДЫ ТҰРМЫСТЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫҢ БИТУМ ТОТЫҚТЫРУҒА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ: ШОЛУ.....	119
З.И. Кобжасарова, М.К. Касымова, Г.Э. Орымбетова ҚҰРАМЫ БАЙЫТЫЛҒАН НАННЫҢ ЖАҢА ТҮРІН ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАУ.....	134
А. Қуандықова, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Б. Жакибаев ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ КЛИНКЕРІН АЛУДА АШІСАЙ МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ЗАУЫТЫНЫҢ КЛИНКЕРІН РЕТТЕУШІ ҚОСПА РЕТІНДЕ ҚОЛДАНУДЫ ЗЕРТТЕУ.....	146
Г.М. Мадыбекова, Б.Ж. Муталиева, Э.М. Туркеева, А.Б. Исаева ПРОБИОТИКАЛЫҚ МИКРООРГАНИЗМДЕРДІҢ ТУРАҚТЫЛЫҒЫ МЕН ӨМІР СҮРУІН АРТТЫРУ ҮШІН МИКРОКАПСУЛДАУ.....	157
Ж.Ш. Рахимбердиева, С.Д. Арыстанова, У.Т. Жуматаева ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ӨңІРІНІҢ <i>ARTEMISIA L.</i> ТУЫСЫНЫҢ ТҮРЛЕРІНІҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ.....	172
Н. Сағдоллина, М. Ибраева, Ж. Мукажанова, М. Ozturk <i>ASTERACEAE</i> ТҰҚЫМДАСЫНА ЖАТАТЫН КЕЙБІР ӨСІМДІКТЕРДІҢ ҚЫШҚЫЛДЫҚ ҚҰРАМЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	181
А.С. Унгарбаева, А.Т. Кабылбекова, Е. Тілеуберді, Х.И. Акбаров АУЫР МҰНАЙДЫҢ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН КОКС АЛУ ӘДІСТЕРІНЕ ШОЛУ.....	191
А.А. Шинибекова, Х.Л. Диаз де Туеста, Б.К. Масалимова ТАБИҒИ РЕСУРСТАРДАН КӨМІРТЕКТІ МАТЕРИАЛДАРДЫ АЛУ: ШОЛУ.....	210

СОДЕРЖАНИЕ
ФИЗИКА

М.С.Есенаманова, Ж.С.Есенаманова, А.Е.Тлепбергенова, Махамбет М., Байтемирова Н.Б. ВЗАИМОСВЯЗЬ ВЕЛИЧИН КИСЛОТНОСТИ И ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ В ГИДРОПИОННОЙ УСТАНОВКЕ.....	7
Е.А. Жаканбаев, В.Н. Володин, Ю.Ж. Тулеушев ПОНИЖЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ПЛАВЛЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ И ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ НА ГРАНИЦЕ РАСПЛАВ – КРИСТАЛЛ В СИСТЕМЕ ГАФНИЙ – КАДМИЙ.....	20
А.С. Ларионов, А.С. Диков, Л.А. Дикова, С.О. Акаев, Р.В. Кирьянов ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛА КОНТЕЙНЕРА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА.....	28
Е.М. Мырзакулов, Г.Т. Ергалиева ТЕРМОДИНАМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЧЕРНЫХ ДЫР БАРДИНА-ЯНГА-МИЛЛСА.....	36
В.М. Терещенко СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ 8 ^m -10 ^m . VI. ЗОНА +40°	47
А.Ж. Тычenguлова, К.А. Катпаева ИССЛЕДОВАНИЕ НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ФОТОАКТИВАЦИИ В КАТАЛИЗАТОРАХ ПЕРЕХОДНЫХ МЕТАЛЛОВ НА ОСНОВЕ MN.....	58
И. Хромушин, Т. Аксенова, Е. Слямжанов, К. Мунасбаева СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОТОННЫХ ПРОВОДНИКОВ НА ОСНОВЕ ЦЕРАТА БАРИЯ И СКАНДАТА ЛАНТАНА.....	71
ХИМИЯ	
А. Абдрахманова, Н. Омарова, А. Сабитова ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЭЛЕКТРОЛИТОВ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗАНОДНЫХ ЛИТИЙ-ИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	83
М.А. Дауренбек О ЗАРУБЕЖНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ СУЛЬФИДОВ В РАМКАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД.....	94
С.Ж. Егембердиева, Н.Х. Халдаров, М.Н. Рахимов КОМПЛЕКСНЫЙ ОБЗОР СИНТЕЗА БУТИЛОВЫХ СПИРТОВ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ.....	106
А.Т.Кабылбекова, Е.Тілеуберді ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРОСОДЕРЖАЩИХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА ОКИСЛЕНИЕ БИТУМА: ОБЗОР.....	119
З.И. Кобжасарова, М.К. Касымова, Г.Э. Орымбетова РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА НОВОГО ВИДА ХЛЕБА С ОБОГАЩЕННЫМ СОСТАВОМ.....	134
А. Куандыкова, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Б. Жакипбаев ИССЛЕДОВАНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КЛИНКЕРА АШЧИСАЙСКОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ЗАВОДА В КАЧЕСТВЕ ДОБАВКИ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА.....	146
Г.М. Мадыебекова, Б.Ж. Муталиева, Э.М. Туркеева, А.Б. Исаева МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЕ ПРОБИОТИЧЕСКИХ МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ СТАБИЛЬНОСТИ И ВЫЖИВАЕМОСТИ.....	157
Ж.Ш. Рахимбердиева, С.Д. Арыстанова У.Т. Жуматаева ФИТОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ВИДОВ РОДА <i>ARTEMISIA L.</i> ЮЖНОГО КАЗАХСТАНСКОГО РЕГИОНА.....	172
Н. Сагдоллина, М. Ибраева, Ж. Мукажанова, М. Ozturk СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КИСЛОТНОГО СОСТАВА НЕКОТОРЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ СЕМЕЙСТВА <i>ASTERACEAE</i>	181
А.С. Унгарбаева, А.Т. Кабылбекова, Е.Тілеуберді, Х.И. Акбаров ОБЗОР МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ КОКСА ИЗ ОСТАТКОВ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ.....	191
А.А. Шинибеева, Х.Л. Диаз де Туеста, Б.К. Масалимова ОБЗОР: РАЗРАБОТКА УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ.....	210

PHYSICAL SCIENCES

M. Yessenamanova, Zh. Yessenamanova, A. Tlepbergenova, M. Makhambet, N. Baitemirova THE RELATIONSHIP BETWEEN THE VALUES OF ACIDITY AND ELECTRICAL CONDUCTIVITY IN A HYDROPONIC INSTALLATION.....	7
Y.A. Zhakanbaev, V.N. Volodin, Yu.Zh. Tuleushev DECREASING THE MELTING TEMPERATURE OF NANOPARTICLES AND SURFACE TENSION AT THE MELT-CRYSTAL BOUNDARY IN THE HAFNIUM-CADMIUM SYSTEM.....	20
A.S. Larionov, A.S. Dikov, L.A. Dikova, S.O. Akayev, R.V. Kiryanov RESEARCH OF CONTAINER MATERIAL AFTER LONG-TERM USAGE FOR HYDROGEN STORAGE.....	28
Y. Myrzakulov, G. Yergaliyeva THERMODYNAMIC STRUCTURE OF BARDEEN-YANG-MILLS BLACK HOLES.....	36
V.M. Tereschenko SPECTROPHOTOMETRIC STANDARDS 8 ^m - 10 ^m . VI. ZONE +40°.....	47
A.Z. Tychengulova, K.A. Katpayeva INVESTIGATION OF THE INITIAL STAGE OF PHOTOACTIVATION IN MN-BASED TRANSITION METAL CATALYSTS.....	58
I. Khromushin, T. Aksenova, E. Slyamzhanov, K. Munasbaeva COMPARATIVE ANALYSIS OF PROTON CONDUCTORS BASED ON BARIUM CERATE AND LANTHANUM SCANDATE.....	71
CHEMISTRY	
A. Abdrakhmanova, N. Omarova, A. Sabitova THE EFFECT OF THE COMPOSITION OF ELECTROLYTES ON THE ELECTROCHEMICAL PARAMETERS OF ANODE-FREE LITHIUM-ION BATTERIES.....	83
M.A. Daurenbek ABOUT FOREIGN RESEARCH OF COMPLEX SULFIDE COMPOUNDS AS PART OF THEIR USE IN WASTEWATER PURIFICATION TECHNOLOGIES.....	94
S. Yegemberdiyeva, N. Khaldarov, M. Rakhimov A COMPREHENSIVE REVIEW ON BUTYL ALCOHOLS SYNTHESIS THROUGH DIFFERENT METHODS.....	106
A.T. Kabyzbekova, Ye. Tileuberdi STUDY OF THE INFLUENCE OF POLYMER-CONTAINING HOUSEHOLD WASTE ON BITUMEN OXIDATION: REVIEW.....	119
Z. Kobzhasarova, M. Kassymova, G. Orymbetova DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF A NEW TYPE OF BREAD WITH AN ENRICHED COMPOSITION.....	134
A. Kuandykova, N. Zhanikulov, B. Taimasov B. Zhakipbayev INVESTIGATION OF THE USE OF CLINKER OF THE ASHCHISAI METALLURGICAL PLANT AS ADDITIVE IN THE PRODUCTION OF PORTLANDCEMENT CLINKER.....	146
G.M. Madybekova, B.Zh. Mutaliyeva, E.M. Turkeyeva, A.B. Issayeva MICROCAPSULATION OF PROBIOTIC MICROORGANISMS TO INCREASE THEIR STABILITY AND SURVIVAL.....	157
Zh.Sh. Rakhimberdiyeva, S.D. Arystanova U.T. Zhumataeva FITOCHEMICAL COMPOSITION OF SPECIES OF THE GENUS ARTEMISIA L. IN THE SOUTHERN KAZAKHSTAN REGION.....	172
N. Sagdollina, M. Ibrayeva, Zh. Mukazhanova, M. Ozturk COMPARATIVE ACIDIC COMBINATION ANALYSIS OF SELECTED <i>ASTERACEAE</i> FAMILY SPECIES.....	181
A.S. Ungarbayeva, A.T. Kabyzbekova, Ye. Tileuberdi, Kh.I. Akbarov REVIEW OF METHODS FOR OBTAINING COKE FROM HEAVY OIL WASTES.....	191
A.A. Shinibekova, J.L. Diaz de Tuesta, B.K. Massalimova REVIEW: DEVELOPMENT OF CARBON-BASED MATERIALS FROM NATURAL RESOURCES.....	210

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). 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

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

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

Подписано в печать 30.09.2023.

Формат 60x88^{1/8}. Бумага офсетная. Печать - ризограф.

22,0 п.л. Тираж 300. Заказ 3.