

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, 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 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

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 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, 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

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), 71–82

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.226>

UDC 621.039.3; 29.19.17

© **I. Khromushin***, **T. Aksenova**, **E. Slyamzhanov**, **K. Munasbaeva**, 2023

Institute of Nuclear Physics of the Ministry of Energy of the Republic of
Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: i.khromushin@inp.kz

COMPARATIVE ANALYSIS OF PROTON CONDUCTORS BASED ON BARIUM CERATE AND LANTHANUM SCANDATE

Khromushin Igor Valerievich — Candidate of Physics and Math Sciences, Head of the Laboratory

E-mail: i.khromushin@inp.kz. ORCID: 0000-0003-1127-7462;

Aksenova Tatyana Ivanovna — Candidate of Physics and Math Sciences, Leading Researcher

E-mail: aksenova@inp.kz. ORCID: 0000-0001-8519-1851;

Slyamzhanov ErasyI Kairatuly — Engineer

E-mail: e.slyamzhanov@inp.kz

Munasbayeva Karlygash — Kizaibayevna – Candidate of Physics and Math Sciences, Senior
Researcher

E-mail: munasbaeva@inp.kz. ORCID: 0000-0003-0819-9141.

Abstract. The direct conversion of hydrogen chemical energy into electrical energy is carried out in fuel cells (FC), which consist of an ion-conducting electrolyte and electrodes. Solid oxide proton conductors with a perovskite structure are the perspective materials for use as electrolytes in fuel cells. However, the efficiency of fuel cells based on them is not high enough, leading to the high cost of generated electricity. Therefore, the task of choosing the most effective electrolyte material is urgent. Comparative studies of the properties of proton conductors based on barium cerate and lanthanum scandate have been carried out. The research was carried out using modern methods of analysis and mathematical processing. A necessary condition for the appearance of proton conductivity in perovskites is the presence of oxygen vacancies in the anion sublattice. Particular attention is paid to studying the ability of an electrolyte to intercalate protons during the dissociative dissolution of water. It has been shown that the concentration of protons depends on the composition of the material, the type of dopant cation, as well as the method of oxygen vacancies formation in the lattice. It was found that the samples of barium cerate and lanthanum scandate, with equal doping levels, are capable of intercalating the same number of protons. In the case of oxygen vacancies formation in lanthanum scandate by creating a deficiency in one of the cations, the concentration of intercalated protons sharply decreases, despite the fact

that with this method 1.5 times more oxygen vacancies should be formed than with acceptor doping. Analysis of the obtained results indicates the significant role of negative defects of the $V_{La}^{''}$ type, which interact with positively charged oxygen vacancies and, probably, block their participation in the process of H_2O dissolution.

Keywords: proton conductors, barium cerate, lanthanum scandate, acceptor doping, thermal desorption

Acknowledgments. The work was performed under financial support of the State Institution “Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan” within the framework of the Scientific-Technical Program BR18574073.

© И. Хромушин*, Т. Аксенова, Е. Слямжанов, К. Мунасбаева, 2023

ҚР ЭМ Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан Республикасы,

Қазақстан, Алматы.

E-mail: i.khromushin@inp.kz

БАРИЙ ЦЕРАТЫ ЖӘНЕ ЛАНТАН СКАНДАТЫ НЕГІЗІНДЕГІ ПРОТОНДЫ ӨТКІЗГІШТЕРДІ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ

Хромушин Игорь Валерьевич — физика-математика ғылымдарының кандидаты, Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

E-mail: i.khromushin@inp.kz. ORCID: 0000-0003-1127-7462;

Аксенова Татьяна Ивановна — физика-математика ғылымдарының кандидаты, Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

E-mail: aksenova@inp.kz. ORCID: 0000-0001-8519-1851;

Слямжанов Ерасыл Кайратұлы — инженер, Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

E-mail: e.slyamzhanov@inp.kz

Мунасбаева Карлыгаш Кызайбаевна — физика-математика ғылымдарының кандидаты, Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

E-mail: munasbaeva@inp.kz. ORCID: 0000-0003-0819-9141.

Аннотация. Су тектің химиялық энергиясын электр энергиясына тікелей түрлендіру ион өткізгіш электролит пен электродтардан тұратын отын элементтерінде (ОЭ) жүзеге асырылады. ОЭ-інде электролиттер ретінде пайдалануға арналған перспективті материалдар перовскит құрылымды қатты оксидті протонды өткізгіштер болып табылады. Дегенмен, олардың негізіндегі ОЭ-нің тиімділігі жеткілікті жоғары емес, бұл өндірілетін электр энергиясы құнының жоғары болуына алып келеді. Сондықтан ең тиімді электролит материалын таңдау міндеті өзекті болып табылады. Барий цераты және лантан скандаты негізіндегі протонды өткізгіштердің қасиеттеріне салыстырмалы зерттеулер жүргізілді. Зерттеулер заманауи талдау және математикалық өңдеу әдістерін қолдану арқылы жүзеге асырылады. Перовскиттерде протон өткізгіштігінің пайда болуының қажетті шарты аниондық төменгі тор ұяда оттегі бос орындардың болуы болып табылады. Судың диссоциативті сұйылуы кезінде электролиттің протондарды интеркалибрлеу қабілетін зерделеуге

ерекше назар аударылады. Протондардың концентрациясы материалдың құрамына, қосымшаланған катионының түріне, сондай-ақ тордағы оттегі бос орындарының пайда болу тәсіліне байланысты екендігі көрсетілді. Барий цераты және лантан скандатының үлгілері бірдей қосымшалау деңгейінде протондардың бірдей санын интеркалибрлеуге қабілетті екені анықталды. Лантан скандатында катиондардың бірінің жетіспеушілігін жасау арқылы оттегі бос орындары пайда болған жағдайда, интеркалибрленген протондардың концентрациясы акцепторлық қосымшалаумен салыстырғанда бұл тәсілмен оттегінің бос орындары 1,5 есе көп түзілуі керек болғанына қарамастан күрт төмендейді. Алынған нәтижелерді талдау оң зарядталған оттегі бос орындарымен өзара әрекеттесетін және, мүмкін, олардың H_2O сұйылу процесіне қатысуын бұғаттайтын V'''_{La} типті теріс ақаулардың маңызды рөлін көрсетеді.

Түйін сөздер: Протонды өткізгіштер, барий цераты, лантан скандаты, акцепторлық қосымшалау, термиялық десорбция

© И. Хромушин*, Т. Аксенова, Е. Слямжанов, К. Мунасбаева, 2023

Институт ядерной физики МЭ РК, Алматы, Республика Казахстан,
Казахстан, Алматы.

E-mail: i.khromushin@inp.kz

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОТОННЫХ ПРОВОДНИКОВ НА ОСНОВЕ ЦЕРАТА БАРИЯ И СКАНДАТА ЛАНТАНА

Хромушин Игорь Валерьевич — кандидат физико-математических наук, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

E-mail: i.khromushin@inp.kz. ORCID: 0000-0003-1127-7462;

Аксенова Татьяна Ивановна — кандидат физико-математических наук, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

E-mail: aksenova@inp.kz. ORCID: 0000-0001-8519-1851;

Слямжанов Ерасыл Кайратулы — инженер, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

E-mail: e.slyamzhanov@inp.kz

Мунасбаева Карлыгаш Кызайбаевна — кандидат физико-математических наук, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан

E-mail: munasbaeva@inp.kz. ORCID: 0000-0003-0819-9141.

Аннотация. Прямое преобразование химической энергии водорода в электрическую энергию осуществляется в топливных элементах (ТЭ), которые состоят из ионпроводящего электролита и электродов. Перспективными материалами для использования в качестве электролитов в ТЭ являются твердооксидные протонные проводники со структурой перовскита. Однако эффективность ТЭ на их основе недостаточно высока, что приводит к дороговизне вырабатываемой электроэнергии. Поэтому актуальной является задача выбора наиболее эффективного материала электролита. Проведены сравнительные исследования свойств протонных проводников на основе церата бария и скандата лантана. Исследования выполнены с использованием

современных методов анализа и математической обработки. Необходимым условием появления протонной проводимости в перовскитах является наличие кислородных вакансий в анионной подрешетке. Особое внимание уделено изучению способности электролита интеркалировать протоны при диссоциативном растворении воды. Показано, что концентрация протонов зависит от состава материала, типа катиона допанта, а также способа формирования кислородных вакансий в решетке. Обнаружено, что образцы церата бария и скандата лантана при равном уровне допирования способны интеркалировать одинаковое количество протонов. В случае формирования кислородных вакансий в скандате лантана путем создания дефицита по одному из катионов концентрация интеркалированных протонов резко уменьшается несмотря на то, что при таком способе должно образовываться в 1,5 раза больше кислородных вакансий, чем при акцепторном допировании. Анализ полученных результатов указывает на существенную роль отрицательных дефектов типа V_{La}''' , которые взаимодействуют с положительно заряженными вакансиями кислорода и, вероятно, блокируют их участие в процессе растворения H_2O .

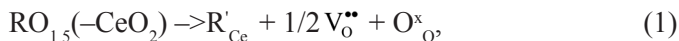
Ключевые слова: протонные проводники, церат бария, скандат лантана, акцепторное допирование, термодесорбция

Introduction

Solid oxide proton conductors with the ABO_3 perovskite structure are the perspective materials for use as solid electrolytes in various electrochemical devices.

A characteristic feature of these materials is that protons are not structural elements of the base oxides. Protons appear in these materials when oxygen vacancies are created and under subsequent heating in water vapor (Kreuer, 2000).

Oxygen vacancies in oxide materials can be created in various ways. The most common is acceptor doping - partial replacement in the cation sublattice of an element of a higher valence B with an element Me of a lower valence $AB_{1-x}Me_xO_{3-x/2}$, where x is the degree of cation doping. Below, as an example, is the quasi-chemical equation for the formation of oxygen vacancies in barium cerate when Ce^{4+} is replaced by the rare earth element R^{3+}



here O_O^x is lattice oxygen in its normal positions (Bonanos, 2001).

From equation (1) it follows that upon doping, negatively charged defects R'_{Ce} are formed in the cation sublattice, and oxygen vacancies V_O'' with an effective charge of 2+, the concentration of which is $x/2$, are formed in the anion sublattice.

For structures that allow significant deviations from stoichiometry without the appearance of additional phases, a method of V_O'' formation is considered by creating a cation deficiency. Thus, when a vacancy is formed in the lanthanum sublattice V_{La}''' in lanthanum scandate 3/2 vacancies are formed in the oxygen sublattice. The latter

follows from the conservation of the electrical neutrality condition (Lybye and Bonanos, 1999). Thus, with a lanthanum deficiency equal to x the stoichiometry of the compound can be represented as $\text{La}_x\text{ScO}_{3-3/2x}$.

Currently, a fairly wide range of solid oxide proton conductors with a perovskite structure is known. The main requirements held for these materials as solid electrolytes in electrochemical devices are their relatively high chemical stability in water vapor and a carbon dioxide atmosphere, the ability to intercalate protons and high proton conductivity.

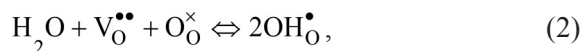
The paper presents the results of a comparative analysis of proton conductors based on barium cerate and lanthanum scandate according to thermal desorption spectroscopy data.

Materials and methods

The samples of barium cerate doped with Nd, Gd and Sm ($x=0, 10$ and 15%) were synthesized using ceramic technology (Kuzmin et al., 2003). After synthesis, solid ceramic samples were annealed in air or in water vapor at a temperature of 650°C for 7 hours.

Along with this annealing method, we synthesized the samples of lanthanum scandate, in which La was partially replaced by Sr and Ca ($x=0, 5$ and 10%), as well as the samples deficient in lanthanum $\text{La}_{1-x}\text{ScO}_{3-3x/2}$ ($x=0, 3\%, 5\%, 10\%$). After synthesis, the samples of lanthanum scandate were annealed in air and water vapor at a temperature of 500°C for 7 hours.

Annealing of the synthesized samples in water vapor or in air resulted in the dissolution of water in the complex oxide lattice, according to the following quasi-chemical equation written in the Kroeger-Wink notation:



where O_O^\times is oxygen in its normal site, $\text{OH}_\text{O}^\bullet$ is a proton localized on an oxygen ion (proton defect) and $\text{V}_\text{O}^{\bullet\bullet}$ are oxygen vacancies. When heated in a vacuum, the reaction in equation 2 proceeds from right to left and, as a consequence, the release of water molecules from the studied materials is observed.

Studies of the thermal desorption of H_2O , CO_2 and O_2 molecules from the samples of different compositions were carried out using an installation for studying the processes of gas evolution from solids, described in detail in (Aksenova et al., 2003). The samples were heated at a rate of $42^\circ\text{C}/\text{min}$, the vacuum in the working chamber was no worse than 10^{-8} mmHg.

X-ray diffraction analysis of the synthesized ceramics showed that in all cases the samples had a perovskite structure.

Results and discussion

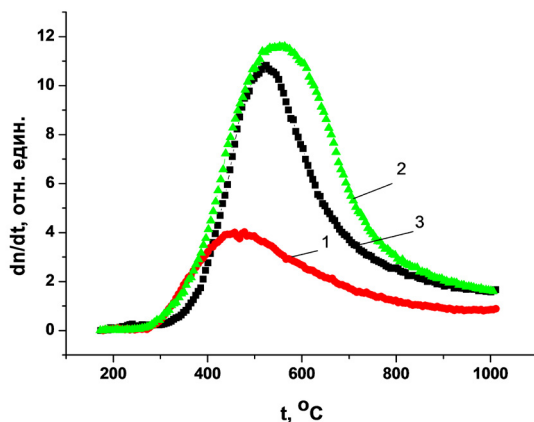
According to equation 1, when an oxide is doped with acceptors, oxygen vacancies are formed in the lattice, the concentration of which increases with the concentration growth of the dopant.

Annealing of doped samples in a humid atmosphere, according to equation

2, should lead to dissociative dissolution of water into the oxide lattice and, as a consequence, an increase in the concentration of intercalated protons.

From equations 1 and 2 it follows that the number of intercalated protons, under other identical conditions, should be determined by the concentration of vacancies and the partial pressure of water. As experiments show, this is not always the case.

Figure 1 shows the spectra of water yield from barium cerate samples doped with Nd, Sm and Gd ($x=0.1$). The figure shows that the spectra of thermal desorption of water depend qualitatively and quantitatively on the dopant cation, and the temperature of the maximum rate of water yield is higher, the more water is desorbed from the studied sample.



1 – Nd; 2 – Sm; 3 – Gd ($x=0.1$).

Figure 1 - Spectra of water yield from doped barium cerate, annealed in air at a temperature of 650°C:

All of the above is confirmed by the results of numerous experiments performed by us and other research groups (Kreuer, 2003).

Let us consider what may be associated with the identified features of water desorption from the barium cerate samples with different dopant.

The processes of mass transfer during hydration of the studied materials in a humid atmosphere occur through the surface of the sample, the properties of which depend on the composition of the latter. The amount of dissociatively dissolved water at a given temperature and water vapor pressure should be determined by the ratio of the rate constants of sorption k_s and desorption k_d . A lower value of the desorption rate constant k_d should lead to an increase in the equilibrium concentration of water in the oxide lattice during hydration. In this case, the temperature of the maximum rate of water yield in the thermal desorption experiment should be higher. This is exactly what follows from the results shown in Figure 1.

Thus, from the experimental data shown in Figure 1, we can conclude that the rate constant of water desorption from the samples of barium cerate depends on the dopant and increases in the series Sm, Gd, Nd.

The observed anomalously low yield of water from a sample of barium cerate doped with Nd, compared to the samples doped with Sm and Gd ($x = 10\%$), cannot be caused by the difference in the rates of the forward and reverse reaction. Previously, the low water content in $\text{BaCe}_{1-x}\text{Nd}_x\text{O}_{3-\delta}$ was explained by the mixed valence of $\text{Nd}^{\text{III}}/\text{Nd}^{\text{IV}}$ in this compound (Oishi et al., 2008). This can be confirmed by the detected desorption of molecular oxygen (Khromushin et al., 2017) from the samples doped with Nd and the absence of O_2 desorption from the samples doped with other rare earth elements with constant valence - Sm^{III} or Gd^{III} (Fig.2).

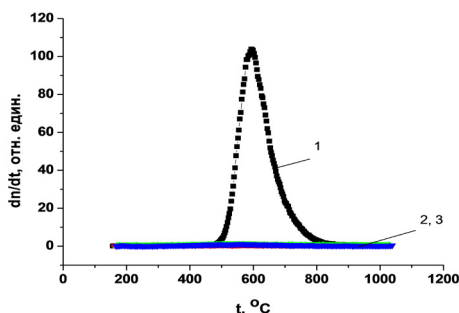
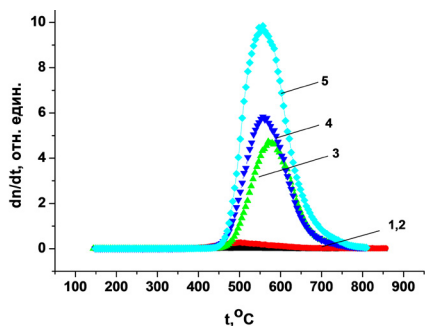
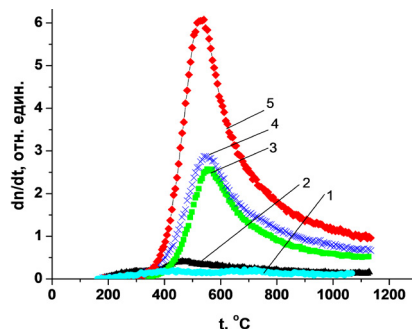


Figure 2 - Spectra of the molecular oxygen yield from barium cerate doped with Nd, Sm and Gd ($x=0.1$) after annealing in air at a temperature of 650°C

Desorption of O_2 is accompanied by the reduction of Nd^{IV} (Nd^{4+}) to Nd^{III} (Nd^{3+}). It should be noted that with the growth of doping degree, the amount of desorbed oxygen increases (Fig.3). Also, as the degree of doping increases, the amount of desorbed water also grows (Fig.4).



$x = 1- 0.0, 2 - 0.03, 3 - 0.1, 4 - 0.12, 5 - 0.15$
Figure 3 – Yield of O_2 from the samples of barium cerate for various x

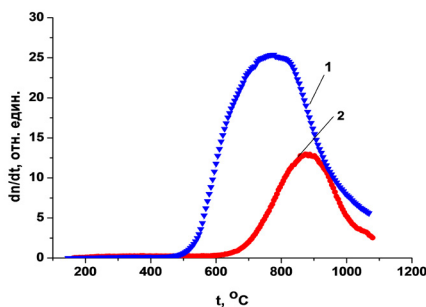


$x = 1=0.0, 2- 0.03, 3 - 0.1, 4 - 0.12; 5 - 0.15$
Figure 4 – Spectra of water yield from ceramic $\text{BaCe}_{1-x}\text{Nd}_x\text{O}_{3-}$ for various x

From Figure 4 it is clear that the temperature of the maximum rate of water desorption practically does not change with the changes in the degree of doping. Thus, the dopant, and not its concentration, largely determines the temperature of the maximum rate of water desorption from doped barium cerates.

Lanthanum scandates ($\text{La}^{\text{III}}\text{Sc}^{\text{III}}\text{O}^{\text{II}}$), like barium cerates ($\text{Ba}^{\text{II}}\text{Ce}^{\text{IV}}\text{O}^{\text{II}}$), have a perovskite structure, but differ in metal valences. The formation of oxygen vacancies in lanthanum scandate, as noted earlier, was carried out in two ways - by acceptor doping and creating a cation deficiency.

Figure 5 shows the spectra of H_2O yield from the lanthanum scandate samples doped with Sr and Ca ($x=10\%$) after annealing in air.



1 – $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{ScO}_{2.95}$, 2 – $\text{La}_{0.9}\text{Ca}_{0.1}\text{ScO}_{2.95}$

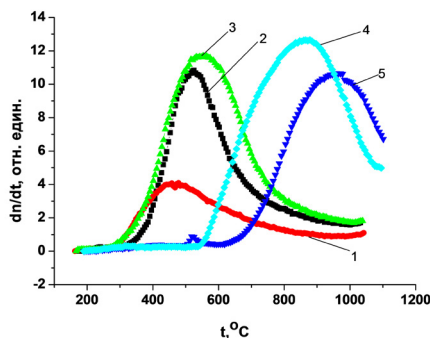
Figure 5 – TD spectrum of H_2O yield from doped lanthanum scandate after annealing in air

From Figure 5 it can be seen that the yield of H_2O was observed both from the samples doped with Sr and Ca, and in the first case more water came out, and the temperature of the maximum desorption rate was lower than in the second case – 776°C and 873°C , respectively.

According to equations 1 and 2, the amount of dissociatively dissolved water in $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{ScO}_{2.95}$ and $\text{La}_{0.9}\text{Ca}_{0.1}\text{ScO}_{2.95}$ at the same x value should be approximately the same. X-ray diffraction analysis of lanthanum scandate samples of the indicated compositions showed that the ceramics were monophasic in a range of dopant concentrations $x = 0.05-0.1$ (Lesnichyova et al., 2019). However, elemental analysis of the cross section (cleavage) of $\text{La}_{0.9}\text{Ca}_{0.1}\text{ScO}_{2.95}$ ceramics at $x=0.1$ revealed an uneven distribution of calcium and the presence of a Ca-rich phase. The precipitation of calcium into a separate phase is equivalent to a decrease in the concentration of calcium as a dopant, and shall be accompanied by a decrease in the concentration of oxygen vacancies that can participate in the process of water dissolution. This may explain the difference in water yield from the samples doped with Ca and Sr (Fig.5).

The obtained results highlight the importance of choosing the dopant cation, since the features of the properties of a particular element can lead to unexpected effects and dependencies.

A comparison of the spectra of H_2O yield from barium cerate and lanthanum scandate samples synthesized through acceptor doping showed that the amount of desorbed water on the samples with the same doping level is of the same order of magnitude. The temperature of the maximum rate of water desorption increases in the series $\text{BaCe}_{0.9}\text{Re}_{0.1}\text{O}_{2.95}$, $\text{La}_{0.9}\text{Sr}_{0.1}\text{ScO}_{2.95}$ and $\text{La}_{0.9}\text{Ca}_{0.1}\text{ScO}_{2.95}$. The yield of water from doped lanthanum scandate is greater than from the doped barium cerate.

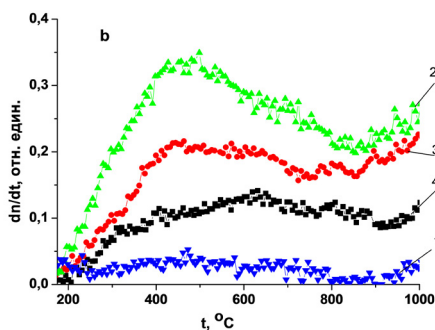


1 – Nd, 2 – Gd, 3 – Sm, 4 – Sr, 5 – Ca

Figure 6 – Comparative TD spectra of H₂O yield from barium cerate doped with Nd, Gd, Sm (1-3) and lanthanum scandate doped with Sr and Ca (4, 5) after annealing in air

Figure 7 shows the spectra of water yield from the lanthanum scandate samples synthesized by creating a lanthanum deficiency.

Based on theoretical prerequisites, when there is a deficiency of a 3-valent cation, the number of oxygen vacancies formed should be 1.5 times greater than when doped with a 2-valent cation. Accordingly, it was expected that the amount of dissolved water in this case would be greater. However, the results of thermal desorption studies showed the opposite — the amount of desorbed water from the “deficient” samples was significantly less than from the doped ones and was almost comparable to the stoichiometric LaScO₃ sample.



1 – LaScO₃; 2- La_{0.97}ScO_{2.955}; 3 – La_{0.95}ScO_{2.925}; 4 - La_{0.9}ScO_{2.85}

Figure 7 – Spectra of H₂O yield from the La_{1-x}ScO_{3-y} samples, synthesized by creating a deficiency of lanthanum cation after annealing in air

Analysis of the obtained results indicates the significant role of negative defects of the V^{'''}_{La} type, which interact with positively charged oxygen vacancies and probably block their participation in the process of water dissolution.

Let us denote Z₁ as the charge of the cation at site B, and Z₂ as the charge of the dopant cation. Then the relative change in charge at site B upon doping with a low-valent cation can be expressed as follows:

$$\frac{Z_1 - Z_2}{Z_1} = k \tag{3}$$

When replacing a 4-valent cerium in barium cerate with a trivalent rare earth element $k=1/4$, and when replacing 3-valent lanthanum in lanthanum scandate with 2-valent calcium or strontium $k = 1/3$. In the first and second cases, a negatively charged Re' defect is formed. In the case of deficient samples, when a lanthanum atom is removed from a regular site $Z_2 = 0$, and then $k=1$.

Taking into account the above, the obtained experimental results allow us to conclude that the amount of desorbed water depends on the composition of the samples and the method of oxygen vacancies formation. It is possible that the value of the parameter k affects the processes of dissociative dissolution of water in perovskites, and this influence manifests itself in the form of a nonmonotonic dependence of n_{H_2O} on k . It is likely that the ability of complex oxides with $k=1/3$ to dissolve H_2O is higher than with $k=1/4$ and $k=1$.

Perovskite interaction with carbon dioxide

Particular attention in the study of solid oxide electrolytes is paid to their activity towards carbon dioxide, since the latter negatively affects the stability of the material and accelerates its degradation. This is especially true for ceramic materials containing alkaline earth metals (AEMs), for example, barium in $BaCeO_3$. Thus, long-term exposure of barium cerate to H_2O or CO_2 vapor leads to the decomposition of oxide with the formation of interaction phases and ultimately to degradation:



In this work, we monitored the CO_2 yield from annealed samples of barium cerate and lanthanum scandate of different compositions. Figure 8 shows the spectra of CO_2 yield from the samples of doped barium cerate and lanthanum scandate, doped and deficient.

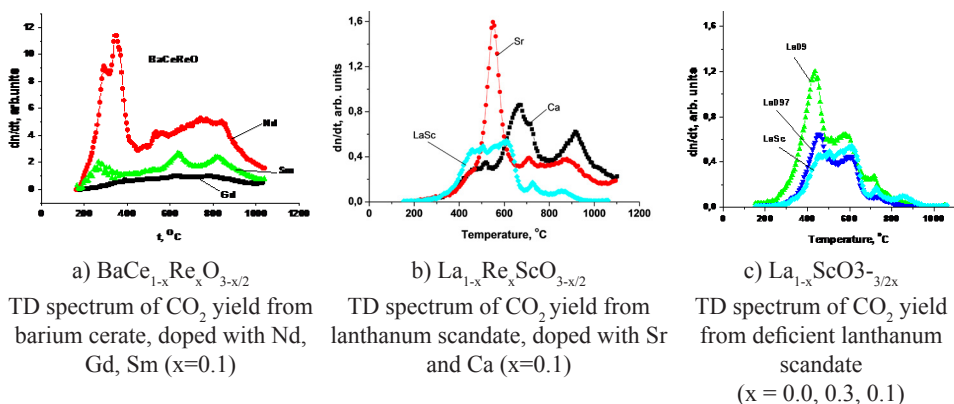


Figure 8 – spectra of CO_2 yield from the samples of barium cerate (a) and lanthanum scandate, doped (b) and deficient (c)

It is clear from the Figures that the tendency to interact with CO₂ depends on the composition of the samples, the type of dopant cation, and the method of oxygen vacancies formation. It has been shown that barium cerate doped with Gd and Sm is characterized by relatively high stability with respect to CO₂, while the samples doped with neodymium have higher activity with respect to carbon dioxide (Fig. 8a).

Lanthanum scandate, as noted earlier, does not contain alkali metals, and it was assumed that this sample has higher chemical stability. Despite this, an insignificant CO₂ yield was observed from this material.

A comparative analysis of the spectra of CO₂ yield from the doped samples of barium cerate and lanthanum scandate showed that the maximum yield of CO₂ is observed from the samples BaCe_{1-x}Nd_xO_{3-x/2} among all studied compositions (Fig. 8a). CO₂ yield from other samples, including doped barium cerate and scandate lanthanum, as well as the deficient lanthanum scandate, are significantly lower and are characterized by values of the same order of magnitude (Fig. 8a, b, c).

The spectra of CO₂ yield from the studied samples have a complex shape, which indicates the presence of energetically inhomogeneous forms of carbon dioxide localization in the samples. According to literature data (Lei Zhang, Lingmin Zheg et al., 2008), CO₂ can be present on the surface of oxides in the form of mono- or bidentate carbonates (CO₃²⁻), while bidentate carbonates are less thermally stable compared to monodentate carbonates. Thus, based on the nature of the TD spectrum, we can talk about the predominant forms of adsorbed CO₂. Thus, the presence of CO₂ yield in the TD spectrum at temperatures below 500°C indicates the presence of bidentate carbonate structures, the decomposition of which during the TD experiment causes a low-temperature CO₂ yield.

In the case of annealing in air, the higher the level of ceramic defects, the greater the amount of desorbed CO₂.

Conclusion

Solid oxide proton conductors based on barium cerate and lanthanum scandate, which have a perovskite structure, are perspective electrolytes for use as an electrolyte in fuel cells.

It was shown that the ability of the studied materials to intercalate protons depends on the composition and method of oxygen vacancies formation. It turned out that acceptor doping is a more effective way to create oxygen vacancies than creating a deficiency of one of the cations. It is assumed that the dissociative dissolution of water into these materials is influenced by the relative change in charge in the cationic sublattice. It was noted that the type of dopant cation influences the activity of the studied materials in relation to carbon dioxide.

REFERENCES

- Kreuer K.D. (2000). — On the complexity of proton conduction phenomena // *Solid State Ionics*. — 2000. — Vol. 136–137. — Pp. 149–160. DOI10.1016/S0167-2738(00)00301-5. (in Eng).
Bonanos N. (2001). — Oxide-based protonic conductors: point defects and transport properties //

Solid State Ionics. – 2001. – Vol. 145. Issue 1–4. – Pp. 265–274. DOI10.1016/S0167-2738(01)00951-1. (in Eng).

Lybye D. and Bonanos N. (1999). — Proton and oxide ion conductivity of doped LaScO₃// Solid State Ionics. – 1999. – Vol.125, Issue 1–4. – Pp. 339–344. DOI: 10.1016/S0167-2738(99)00194-0. (in Eng).

Kuzmin A.V., Gorelov V.P., Melekh B.T., Glerup M., Poulsen F.W. (2003). — Phase transitions in undoped BaCeO₃ // Solid State Ionics. – 2003. – Vol. 162-163, Special Issue. – Pp. 13-22. DOI: 10.1016/S0167-2738(03)00247-9. (in Eng).

Aksenova T., Khromushin I., Zhotabaev Zh., Bukenov K., Berdauletov A., Medvedeva Z. (2003). —// Solid State Ionics. – 2003. – Vol. 162–163. – Pp. 31–36. DOI10.1016/S0167-2738(03)00228-5. (in Eng).

Kreuer K.D. (2003). — Proton-conducting oxides // Annual Review of Materials Research. – 2003. – Vol. 33. – No. 1. – Pp. 333–359. DOI: 10.1146/annurev.matsci.33.022802.091825. (in Eng).

Oishi M., Yashiro K., Sato K., Mizusaki J., Kitamura N., Amezawa K., Kawada T., Uchimoto Y. (2008). — Oxygen nonstoichiometry of the perovskite-type oxides BaCe_{0.9}M_{0.1}O_{3-δ} (M=Y, Yb, Sm, Tb, and Nd) // Solid State Ionics. - 2008. - Vol. 179. - Pp. 529–535. DOI: 10.1016/j.ssi.2008.03.038. (in Eng).

Khromushin I., Aksenova T. and Baikov Yu. (2017). — Regularities of Oxygen and Water Thermal Desorption from Barium Cerate Doped by Neodymium, Samarium, and Gadolinium // Russian Journal of Electrochemistry. – 2017. - Vol. 53. No. 6. - Pp. 647–650. DOI: 10.1134/S1023193517060088. (in Russ).

Lesnichyova A., Stroeve A. et al. (2019). — Water Uptake and Transport Properties of La(1-x)Ca(x)ScO₃(-α) Proton-Conducting Oxides. // Materials. - 2019. – Vol. 12. No.14. - P. 2219. DOI: 10.3390/ma12142219. (in Eng).

Zhang L., Zheng, L.M. et al. (2008). — Structure Evolution Process of Ce_{0.65}Zr_{0.25}Y_{0.1}O_{1.95} Prepared by Oxidation-Coprecipitation Method. // Acta Physico-Chimica Sinica– 2008. – Vol. 24. Issue 8. – Pp. 1342–1346. DOI: 10.1016/S1872-1508(08)60056-X. (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 АЩІСАЙ 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. Шинибекова, 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](http://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.