

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), 28–35

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.222>

UDC 620.93, 621.721

© **A.S. Larionov, A.S. Dikov***, L.A. Dikova, S.O. Akayev, R.V. Kiryanov, 2023

Institute of Nuclear Physics of the Ministry of Energy of Kazakhstan,

Almaty, Kazakhstan.

E-mail: dikov@inp.kz

RESEARCH OF CONTAINER MATERIAL AFTER LONG-TERM USAGE FOR HYDROGEN STORAGE

Larionov Alexander — Researcher, Institute of Nuclear Physics of the Ministry of Energy of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

E-mail: larionov@inp.kz. ORCID: 0000-0002-7381-1790;

Dikov Aleksey — Head of the Laboratory, PhD, Institute of Nuclear Physics of the Ministry of Energy of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

E-mail: dikov@inp.kz. ORCID: 0000-0002-5279-694X;

Dikova Lyubov — Lead Engineer, Institute of Nuclear Physics of the Ministry of Energy of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

E-mail: l.dikova@inp.kz. ORCID: 0000-0003-2097-6492;

Akayev Serik — Junior Researcher, Institute of Nuclear Physics of the Ministry of Energy of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

E-mail: s.akayev@inp.kz. ORCID: 0000-0002-8092-3395;

Kiryanov Ruslan – Engineer, Institute of Nuclear Physics of the Ministry of Energy of Kazakhstan, Almaty, Kazakhstan

E-mail: ruslan.kiryanov.d6503@gmail.com. ORCID: 0009-0008-0427-1701.

Abstract. This article focuses on the research of the state of the container wall material made of ST-3 steel after long-term use (~50 years) for hydrogen storage. The features of the steel microstructure depending on the container wall thickness are shown. Signs of structure degradation near the inner surface of the container wall, caused by intense interaction with hydrogen, were revealed.

Keywords: steel, microstructure, long-term hydrogen storage, degradation of properties

Acknowledgment

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.

© А.С. Ларионов, А.С. Диков*, Л.А. Дикова, С.О. Акаев,
Р.В. Кирьянов, 2023

Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігінің Ядролық физика
институты, Алматы, Қазақстан.

E-mail: dikov@inp.kz

СУТЕКТІ САҚТАУ ҮШІН ҰЗАҚ ПАЙДАЛАНУДАН KEЙІН КОНТЕЙНЕР МАТЕРИАЛЫН ЗЕРТТЕУ

Ларионов Александр Сергеевич — Ғылыми қызметкер, Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігінің Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

E-mail: laronov@inp.kz. ORCID: 0000-0002-7381-1790;

Диков Алексей Сергеевич — Зертхана меңгерушісі, ТҒК, Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігінің Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

E-mail: dikov@inp.kz. ORCID: 0000-0002-5279-694X;

Дикова Любовь Анатольевна — Жетекші инженер, Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігінің Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

E-mail: l.dikova@inp.kz. ORCID: 0000-0003-2097-6492;

Акаев Серик Омарбекович — Кіші ғылыми қызметкер, Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігінің Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

E-mail: s.akayev@inp.kz. ORCID: 0000-0002-8092-3395;

Кирьянов Руслан Викторович – Инженер, Қазақстан Республикасы Энергетика министрлігінің Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан

E-mail: ruslan.kiryanov.d6503@gmail.com. ORCID: 0009-0008-0427-1701.

Аннотация. Мақалада СТ-3 болаттан жасалған контейнер қабырғаларының материалының сутегі сақтау үшін ұзақ мерзімді пайдаланудан кейінгі (~50 жыл) күйі зерттеледі. Контейнер қабырғасының қалыңдығына байланысты болаттың микроқұрылымының ерекшеліктері көрсетілген. Контейнер қабырғасының ішкі бетінің жанында сутегімен қарқынды әрекеттесуден туындаған құрылымның бұзылуының белгілері анықталды.

Түйін сөздер: Болат, микроқұрылым, сутегінің ұзақ сақталуы, қасиеттерінің бұзылуы

© А.С. Ларионов, А.С. Диков*, Л.А. Дикова, С.О. Акаев, Р.В.
Кирьянов, 2023

Институт ядерной физики Министерства энергетики Республики Казахстан,
Алматы, Казахстан

E-mail: dikov@inp.kz

ИССЛЕДОВАНИЯ МАТЕРИАЛА КОНТЕЙНЕРА ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВОДОРОДА

Ларионов Александр сергеевич — Научный сотрудник, Институт ядерной физики Министерства энергетики Республики Казахстан, Алматы, Казахстан

E-mail: laronov@inp.kz. ORCID: 0000-0002-7381-1790;

Диков Алексей Сергеевич — Заведующий лабораторией, КТН, Институт ядерной физики Министерства энергетики Республики Казахстан, Алматы, Казахстан

E-mail: dikov@inp.kz. ORCID: 0000-0002-5279-694X;

Дикова Любовь Анатольевна — Ведущий инженер, Институт ядерной физики Министерства энергетики Республики Казахстан, Алматы, Казахстан

E-mail: l.dikova@inp.kz. ORCID: 0000-0003-2097-6492;

Акаев Серик Омарбекович — Младший научный сотрудник, Институт ядерной физики Министерства энергетики Республики Казахстан, Алматы, Казахстан

E-mail: s.akayev@inp.kz. ORCID: 0000-0002-8092-3395;

Кирьянов Руслан Викторович – Инженер, Институт ядерной физики Министерства энергетики Республики Казахстан, Алматы, Казахстан

E-mail: ruslan.kiryanov.d6503@gmail.com. ORCID: 0009-0008-0427-1701.

Аннотация. Статья посвящена исследованию состояния материала стенок контейнера выполненного из стали СТ-3, после длительного использования (~50 лет) для хранения водорода. Показаны особенности микроструктуры стали в зависимости от толщины стенки контейнера. Выявлены признаки деградации структуры вблизи внутренней поверхности стенки контейнера, вызванные интенсивным взаимодействием с водородом.

Ключевые слова: сталь, микроструктура, длительное хранение водорода, деградация свойств

Introduction

The implementation of hydrogen energy highlights the issues of hydrogen accumulation, long-term storage, and transportation as key elements of its development (Gas cylinders ISO 11114–1). Storing hydrogen in high-pressure vessels and transporting it through existing steel pipelines in a compressed state remains the most economically efficient method today (Paulo Emilio, 2018; Barthélémy, 2016; Furtado, 2012; McKinsey & Company, 2021; According to McKinsey & Company, 2021), the active implementation of other forms of hydrogen storage and delivery systems will become economically efficient when hydrogen energy captures a 10% market share. In this regard, research on materials that have been in long-term use in compressed hydrogen storage and transportation systems is relevant. Studying such materials will allow for an assessment of the extent of damage and the remaining service life of the containers (Yin et. al., 2022). Analyzing the obtained data will help predict the behavior of materials under hydrogen storage conditions. Metal (steel and cast iron) high pressure cylinders (up to 200 Pa) are used as hydrogen storage containers (Gas cylinders ISO 11114–1, Paulo, 2018).

There are no specific requirements for the grade of steel and its structural-phase state. Typically, high-pressure containers are made from steel using a casting method followed by annealing (ISO 11439–2014, Lu, et al., 2015; Malitckii et al., 2013; Akaev et al., 2020 a). During manufacturing, various defects occur in the material, which are potential hydrogen traps. The accumulation of hydrogen in structural materials is ultimately determined by the parameters of the crystalline and defect structures.

In this study, the structural state of the container wall material, which has been used for a long time to store hydrogen, was investigated. The research was conducted using X-ray diffraction and scanning electron microscopy methods (Akaev et al., 2020 a; Ghyngazov et al., 2020; Dikov et al., 2016). The sample preparation technique is described in (Larionov et al., 2015; Akaev et al., 2020 b). The aim of the study is to characterize the structural-phase state of the container material and determine potential hydrogen accumulation sites.

Materials and methods

The wall of the high pressure container for the storage and transport of hydrogen gas was selected as the research object. The container is operational in 1937 and completed in 1972. Thus, the service life was 35 years, after which the container was determined for long-term storage in the preserved state; the storage term was 50 years. The preserved state implies the presence of a residual hydrogen pressure in the container.

Material validation was carried out: elemental, phase and microstructure analysis. The elemental composition is as follows (mass. %): C – 0.14 %, Al – 0.5%, W – 0.35 %, Mn – 0.32 %, Cr – 0.26 %, Si – 0.14, Cu – 0.13 %, Ni – 0.1 %. The material is a low-alloy carbon steel of St3. The material has been defined as an iron-carbon alloy in the form of a eutectic mixture of ferrite-cement with a ferritic-perlite structure with a large number of large defects. The differences in the shape and geometric dimensions of the structural elements according to the wall thickness of the container were evaluated. The wall thickness is 8 mm. The difference of the specified parameters of the structure in different projections (Fig. 1) is also defined.

The elemental composition was determined by thermal emission spectroscopy at the MFS-71 plant. The study of the crystal structure and phase composition was carried out by X-ray diffractometry. Measurements are made on the universal complex D8 ADVANCE, copper anode tube (wave length 1.5406 Å), operating parameters on the tube: 40 kV, 40 mA, range of angles 2θ 20–120°. The PDF2 database was used to determine the phase composition and indices (hkl) of diffraction reflections from the crystallographic planes of the samples. To detect possible heterogeneity of the crystal structure parameters, the study was carried out on samples cut at different distances from the inner side container wall. The samples were cut by electro-erosion cutting using molybdenum wire with a diameter of 0.06 mm. The microstructure was examined using a scanning electron microscope on the Hitachi TM4000 microscope. The surface of the samples for microscopy was previously subjected to mechanical grinding and polishing, as well as chemical etching in an alcohol solution of nitric acid.

Results and Discussion

For a detailed study of the material structure, the studies were carried out at different points regarding the thickness of the cylinder wall, as well as in different projections of the wall section. In Fig. 1, the coordinates selected relative to the geometric shape of the fragment of the cylinder are shown schematically. The X axis is directed along the height of the cylinder, the Y axis corresponds to the width

of the cut fragment, the Z axis is directed along the thickness of the cylinder wall. In this way, the transverse cut, relative to the wall, is located in the plane YZ, longitudinal relative to the height of the cylinder and the wall thickness of the cut is in the plane XZ, the plane XY is parallel to the inner and outer surfaces of the wall.

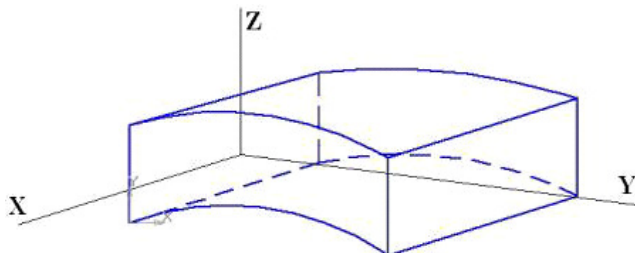


Fig.1 – Direction of axis coordinates relative to container wall

There is an oxide layer on the inner wall surface. This surface was studied taking into account the oxide layer and after its removal in preparation of the grind. Both the crystalline structure and the microstructure have been studied in all the above-mentioned planes near and at a distance from the internal and external surfaces of the wall.

A diffractometric analysis of the crystal structure of different sections of the container wall has been conducted. Reflexes corresponding to pure iron (ferrite, card 06-0696) have been detected, oxide phases Fe₃O₄ (89-0688) and FeO (89-0687) have been established from the inner oxide layer in addition to ferrite. For this side, at the maximum penetration depth of the X-ray beam 8 μm at 120°, the semiquantitative phase analysis based on the deposits of the amounts of the areas of reflexes of each phase gives a preponderant Fe₃O₄=80.26 μm content. %, FeO=17.26 mass. %, Fe=2.42 mass. %. In addition, for this side, the size of iron crystals under the oxide layer is almost twice as large as for the other sides. Cell parameters and crystallite sizes calculated in table 1.

Table 1 - Cell parameters and size of crystallite samples of gas container wall

Sample	Cell parameter a, Å	Crystallite size, nm
Inner surface of cylinder wall (XY projection)	Fe = 2,8688 ± 0,0008, Fe ₃ O ₄ = 8,4039 ± 0,0019, FeO = 4,3303 ± 0,0015	Fe ₃ O ₄ = 29,42, FeO = 4,51, Fe = 45,78
Inside wall after removal of oxide layer (XY projection)	Fe = 2,8680 ± 0,0005	Fe = 23,96
Longitudinal section of the wall (XZ projection)	Fe = 2,8674 ± 0,0005	Fe = 23,98
Cross section of the wall (YZ projection)	Fe = 2,8675 ± 0,0005	Fe = 29,84
External wall surface (XY projection)	Fe = 2,8669 ± 0,0005	Fe = 28,06

Table 1 shows that near the inner and outer surfaces of the cylinder wall the crystallite is larger than in the bulk of the material. That is, there is a greater distant order of the crystalline structure. For the inner surface it is more pronounced. In

the bulk of the material, the crystals are slightly elongated along the height of the cylinder.

Microslices with subsequent chemical etching were prepared for microstructure research. A large number of large-scale defects containing carbon (according to SEM point-to-point analysis) have been detected on the surface of the micro-sands. The diameter of the defects generally does not exceed 2–5 μm , but defects up to 20–30 μm in diameter are present in a limited number. The number of smaller defects is significantly reduced after etching. On the outer surface there is a layer up to 30 μm thick on which there are practically no carbon-containing defects. As it deepens, a large number of defects appear in the form of points up to 5 μm in diameter. There is an uneven oxide layer from 5 to 20 μm thick on the inner side of the wall. Further in depth there are large defects, but their total area is many times lower than near the outer surface. Thus the decarbonized layer near the inner wall surface is more than 100–150 μm . This is obviously the result of intensive interaction with hydrogen during the container operation.

In Figure 2 b shows the identified steel microstructure. Based on the results of metallographic studies, the microstructure of the steel was determined to be an iron-carbon alloy having a ferrite-pearlite structure, Figure 1. The ratio of the phase formations of ferrite and pearlite is $\sim 1:1$ and is maintained throughout the entire thickness of the wall of the high-pressure container. Pearlite has a lamellar structure. The body of ferrite grains contains large carbide precipitates up to 5 microns in size. Carbides have poor bonding to the base material, as indicated by empty areas around the carbides.

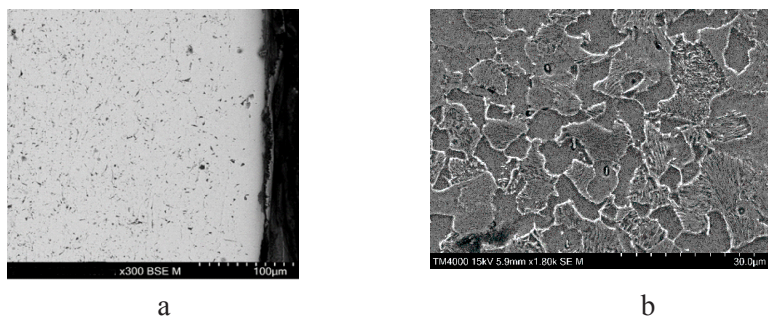


Fig. 2 Microsection and microstructure of steel: a - microsection, b - microstructure

The average size and density of defects in different projections are summarized in table 2. Comparing the parameters of the main defects, we see that in the longitudinal, relative to the height of the container, the cross section is more dense and smaller dimensions. The cross section is denser and larger. Since we actually see the same elements of the structure, but in different projections, it is possible to assume that the cross-section is the greatest misorientation of defects. This suggests that the defects have a shape similar to that of the lens, oriented parallel to the transverse cut.

Table 2 Average size and density of defects in different projections.

Parameter	Projection		
	YZ	XZ	XY
Diameter of main defects rcp, μm	10	≤ 5	≤ 2
Diameter of large defects rmax, μm	≤ 30	≤ 25	≤ 10
Share of area for main defects Sav, %	15	50	50
Large defect content Nmax, pcs/mm ²	50	300	60

Conclusion

The wall material of the container after long-term use for hydrogen storage has a heterogeneous structure. Differences depend on the wall thickness. Near the inner surface, the crystalline structure is more distant than the main material. Also near the inner surface there are microfractures and contain a smaller number of carbon-containing phase (perlite) and large insolubility. Further in depth there is a large number of large carbon-bearing defects. Their number and size decrease as they approach the outer surface. These defects most likely contain carbon-related hydrogen. The appearance of such defects is often associated with the interaction of hydrogen with carbon, which is part of the perlitic phase and is accompanied by the destruction of this phase.

REFERENCES

- Gas cylinders ISO 11114-1 — 2017
- Paulo Emilio V. de Miranda (2018). – Hydrogen Storage and Transport Technologies, Science and Engineering of Hydrogen-Based Energy Technologies. Academic Press. Pp. 221–228. ISBN: 9780128142523
- H. Barthélémy, M. Weber, F. Barbier (2016). – Hydrogen storage: Recent improvements and industrial perspectives, International Journal of Hydrogen Energy. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2016.03.178 (in Eng.)
- J. Furtado and F. Barbier (2012). – Hydrogen embrittlement-related issues and needs in the hydrogen value chain. Proceedings of the 2012 International Hydrogen Conference on Hydrogen-Materials Interactions, Wyoming, USA. DOI: https://doi.org/10.1115/1.860298_ch1
- McKinsey & Company (2021). – Hydrogen Insights 2021: A perspective on hydrogen investment, market development and cost competitiveness (the report). // <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/07/Hydrogen-Insights-July-2021-Executive-summary.pdf>. – 2021. – p.10.
- Yin R. et al. (2022). – A Study of Hydrogen Embrittlement of SA-372 J Class High Pressure Hydrogen Storage Seamless Cylinder (≥ 100 MPA), Materials, 7714. DOI: 10.3390/ma15217714 (in Eng.)
- ISO 11439–2014. Gas cylinders. High pressure cylinders for storing natural gas as a fuel on a vehicle. Specifications
- B. T. Lu et al. (2015). – Effects of hydrogen and tensile stress on passivity of carbon steel, Corrosion Engineering, Science and Technology, 50:3, 186–190. DOI: 10.1179/1743278215Y.0000000020 (in Eng.)
- Malitckii E. et al. (2013). – Comparative Study of Hydrogen Uptake and Diffusion in ODS Steels. Fusion Engineering and Design, 88(9-10). 2607–2610. <https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2013.04.050> (in Eng.)
- Akaev S.O. et al. (2020 a) – Embrittlement of Cr18Ni10Ti Steel Irradiated with Neutrons in a Helium Atmosphere at High Temperature. Russ Phys J. 62, 2365–2367 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11182-020-01990-z> (in Eng.)

S. Ghyngazov et al. (2020). – Features of changes in the structure and properties of titanium nickelide irradiated with MeV xenon ions, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B.V. 464. Pp. 23–27, <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2019.11.048>.

Dikov A.S. et al. (2016). – Changes in physical and mechanical properties of ferritic-martensitic 13Cr2MoNbVB steel irradiated by fast neutrons, AIP Conf. Proc. 1783, 020040. <https://doi.org/10.1063/1.4966333>

A.S. Larionov et al (2015). – IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 81 012035. DOI 10.1088/1757-899X/81/1/012035

S.O. Akaev et al (2020 b). – IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1005 012007. DOI 10.1088/1757-899X/1005/1/012007

**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. Тычenguлова, 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

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.