

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

2024 • 1



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»!**

БАС РЕДАКТОР:

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

РЕДАКЦИЈАЛЫҚ АЛҚА:

**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**, PhD (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

**ТИГИНЬЯНУ 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 Nemando**, 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 № КЗ93VPY00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

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

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

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:**

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан**

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

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

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

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

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

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

## EDITOR IN CHIEF:

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

## EDITORIAL BOARD:

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

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

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

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

**ABIYEV Rufat**, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia), H = 14

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. **KZ93VPY00025418**, issued 29.07.2020.

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

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

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

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

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

ISSN 2224-5227

Volume 1. Number 349 (2024), 271–282

<https://doi.org/10.32014/2024.2518-1483.272>

ӘОЖ 504.054;66.074.5

© **B.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy\*, A.S. Sass, I.I. Torlopov,  
K.R. Rakhmetova, 2024**

JSC "D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry",

Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [albrod@list.ru](mailto:albrod@list.ru)

## PRELIMINARY TREATMENT OF THERMAL DEVICES' EMISSIONS IN DECARBONIZATION TECHNOLOGY

**Khussain Bolatbek Khussainovich** — Candidate of Technical Sciences, Deputy General Director, JSC "D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry", Almaty, Kazakhstan

E-mail: [b.khusain@ifce.kz](mailto:b.khusain@ifce.kz), <https://orcid.org/0000-0001-9588-1012>;

**Brodskiy Aleksandr Rafelevich** — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory of Physical Methods, JSC "D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry", Almaty, Kazakhstan

E-mail: [albrod@list.ru](mailto:albrod@list.ru), <https://orcid.org/0000-0001-6216-4738>;

**Sass Alexander Sergeevich** — Candidate of Chemical Sciences, Leading Researcher, Sector of Modeling of Technological Processes, JSC "D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry", Almaty, Kazakhstan

E-mail: [aleksandr-sass@mail.ru](mailto:aleksandr-sass@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4049-6314>;

**Torlopov Ivan Igorevich** — Junior Researcher, Sector of Design of Technological Processes, JSC "D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry", Almaty, Kazakhstan

E-mail: [myndfrea@gmail.com](mailto:myndfrea@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-9660-6397>;

**Rakhmetova Kenzhegul Saginbayevna** — Researcher, Sector of Modeling of Technological Processes, JSC "D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry", Almaty, Kazakhstan

E-mail: [rahmetova\\_75@mail.ru](mailto:rahmetova_75@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2098-3169>.

**Abstract.** The condition of the environment and, in particular, the atmosphere is a transboundary, international problem, with CO<sub>2</sub> being one of the most significant components of greenhouse gases. Decarbonization issues are on the agenda of all industrialized countries, including Kazakhstan. Decarbonization includes several aspects, the most important being capture and storage (utilization) of carbon dioxide. The key source of carbon dioxide emissions are thermal devices using fossil fuels. CO<sub>2</sub> capture is complicated by the presence of harmful components in the flue gases. In particular, when burning coal, nitrogen- and sulfur-containing oxides, carbon monoxide, volatile organic compounds, ash, and dust particles are released together with CO<sub>2</sub>. Thus, preliminary purification is necessary, since sorbents and membranes used for CO<sub>2</sub> capture are not capable of withstanding prolonged exposure from solid particles and toxic impurities. This work is devoted

to the problem of decarbonization and, in particular, the preliminary treatment of flue gases to obtain pure carbon dioxide. The work discusses the principle of construction of systems for preliminary treatment of harmful impurities from flue gases of thermal devices of different industrial enterprises as a multimodular integrated system. Using the advantages of this approach creates the prerequisites for a relatively simple design of multimodular integrated treatment systems based on the free arrangement of individual autonomous modules capable to adapt to specific operating conditions.

**Keywords:** decarbonization, CO<sub>2</sub> capture and storage, exhaust gases, gas treatment, multimodular systems

**Conflict of interest:** *The authors declare that there is no conflict of interest.*

© **Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский\*, А.С. Сасс, И.И. Торлопов,  
К.Р. Рахметова, 2024**

"Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты" АҚ, Алматы, Қазақстан.

E-mail: albrod@list.ru

## **КӨМІРТЕКСІЗДЕНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНДАҒЫ ЖЫЛУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫНЫҢ ГАЗДАРЫН АЛДЫН АЛА ӨНДЕУ**

**Хусаин Болатбек Хусаинұлы** — техника ғылымдарының кандидаты, АҚ "Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты" Бас директорының орынбасары, Алматы, Қазақстан

E-mail: b.khusain@ifce.kz, <https://orcid.org/0000-0001-9588-1012>;

**Бродский Александр Рафаэлевич** — химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, "Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты" АҚ физикалық әдістер зертханасының меңгерушісі, Алматы, Қазақстан

E-mail: albrod@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6216-4738>;

**Сасс Александр Сергеевич** — химия ғылымдарының кандидаты, "Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты" АҚ технологиялық процестерді модельдеу секторының жетекші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан

E-mail: aleksandr-sass@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4049-6314>;

**Торлопов Иван Игоревич** — "Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты" АҚ технологиялық процестерді жобалау секторының кіші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан

E-mail: myndfrea@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9660-6397>;

**Рахметова Кенжегүл Сағынбайқызы** — "Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты" АҚ технологиялық процестерді модельдеу секторының ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан

E-mail: rahmetova\_75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2098-3169>.

**Аннотация.** Қоршаған ортаның, атап айтқанда, ауа бассейнінің экологиялық жағдайы-траншекаралық, халықаралық мәселе болып табылады. Парниктік газдардың маңызды компоненттерінің бірі-көмірқышқыл газы. Декарбонизация мәселелері барлық индустриалды дамыған елдердің, соның ішінде Қазақстанның күн тәртібінде тұр. Декарбонизация бірнеше аспектілерді қам-



тиды, олардың ішіндегі ең маңыздылары көмірқышқыл газын алу (шығару) және сақтау (жою) болып табылады. Көмірқышқыл газының негізгі көзі-қазба отындарын пайдаланатын жылу құрылғылары. Көмірқышқыл газын алу (шығару) процесі пайдаланылған газдарда зиянды, кедергі келтіретін компоненттердің көп болуымен қиындайды. Атап айтқанда, көмірқышқыл газынан басқа, көмірді жағу кезінде мыналар бөлінеді: азот және күкірт бар оксидтер, көміртегі (II) оксиді, ұшпа органикалық қосылыстар, күл, шаң бөлшектері. Бұдан шығатыны, алдын ала тазалау қажет, өйткені көмірқышқыл газын алу үшін бірде-бір сорбент немесе мембрана шаң бөлшектері мен улы қоспалардан ұзақ "қысымға" төтеп бере алмайды. Бұл жұмыс декарбонизация мәселесіне және, атап айтқанда, таза көмірқышқыл газын алу үшін түтін газдарын алдын ала тазартуға арналған. Жұмыста өндірістік кәсіпорындардың жылу құрылғыларының, су жылыту және бу қазандықтарының, жылыту пештерінің және т.б. түтін газдарының зиянды қоспаларынан алдын-ала тазарту жүйесін құру принципі мультимодульді кешенді жүйе ретінде қарастырылады. Бұл тәсілдің артықшылықтарын пайдалану нақты жұмыс жағдайларына бейімделу мүмкіндігі бар жеке дербес модульдердің еркін орналасуына негізделген мультимодульдік кешенді тазарту жүйелерін салыстырмалы түрде қарапайым жобалаудың алғышарттарын жасайды.

**Түйін сөздер:** декарбонизация, CO<sub>2</sub> жинау және сақтау, пайдаланылған газдар, газ тазарту, мультимодульді жүйелер

**Мүдделер қақтығысы:** авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдемейді.

© **Б.Х. Хусайн, А.Р. Бродский\***, А.С. Сасс, И.И. Торлопов,  
**К.Р. Рахметова, 2024**

АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского»,  
Алматы, Казахстан.  
E-mail: albrod@list.ru

## **ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЧИСТКА ГАЗОВ ТЕПЛОВЫХ УСТРОЙСТВ В ТЕХНОЛОГИИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ**

**Хусайн Болатбек Хусаннович** — кандидат технических наук, заместитель генерального директора АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан

E-mail: b.khusain@ifce.kz, <https://orcid.org/0000-0001-9588-1012>;

**Бродский Александр Рафаэлевич** — кандидат химических наук, ассоциированный профессор, заведующий лабораторией АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан

E-mail: albrod@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6216-4738>;

**Сасс Александр Сергеевич** — кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник сектора моделирования технологических процессов, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан

E-mail: aleksandr-sass@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4049-6314>;

**Торлопов Иван Игоревич** — младший научный сотрудник сектора проектирования технологических процессов, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан

E-mail: myndfrea@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9660-6397>;

**Рахметова Кенжегуль Сагинбаевна** — научный сотрудник сектора моделирования технологических процессов, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан

E-mail: rahmetova\_75@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2098-3169>.

**Аннотация.** Экологическое состояние окружающей среды и, в частности, воздушного бассейна — трансграничная, международная проблема. Одним из самых весомых компонентов парниковых газов является диоксид углерода. Вопросы декарбонизации стоят в повестке всех промышленно развитых стран, в том числе и Казахстана. Декарбонизация включает в себя несколько аспектов, наиболее важными из которых являются улавливание (выделение) и хранение (утилизация) диоксида углерода. Основным источником диоксида углерода являются тепловые устройства, использующие ископаемое топливо. Процесс улавливания (выделения) диоксида углерода осложняется присутствием в выхлопных газах большого количества вредных, мешающих компонентов. В частности, кроме диоксида углерода, при сжигании угля выделяются: азот- и серосодержащие оксиды, оксид углерода (II), летучие органические соединения, зола, пылевые частицы. Отсюда следует, что необходима предварительная очистка, поскольку ни один сорбент или мембрана для извлечения диоксида углерода не выдержит длительного «давления» со стороны пылевых частиц и отравляющих примесей. Данная работа посвящена проблеме декарбонизации и, в частности, предварительной очистке дымовых газов для получения чистого диоксида углерода. Авторами рассматривается принцип построения системы предварительной очистки от вредных примесей отходящих дымовых газов тепловых устройств промышленных предприятий, водогрейных и паровых котлов, печей подогрева и т.д., как мультимодульной комплексной системы. Использование преимуществ такого подхода создаёт предпосылки для сравнительно простого конструирования мультимодульных комплексных системы очистки на основе свободной компоновки отдельных автономных модулей с возможностью адаптации к конкретным условиям эксплуатации.

**Ключевые слова:** декарбонизация, улавливание и хранение  $\text{CO}_2$ , выхлопные газы, газоочистка, мультимодульные системы

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке по программе целевого финансирования МОН РК ИРН BR21882241 «Исследование и разработка комплексной системы улавливания и хранения  $\text{CO}_2$  на промышленных объектах Республики Казахстан для сокращения выбросов парниковых газов».*

## **Введение**

Экологическое состояние окружающей среды и в частности, воздушного бассейна является трансграничной, международной проблемой. Один из основных аспектов этой проблемы — снижение углеродного следа промышленных производств и автотранспорта, поскольку диоксид углерода является едва ли не самым весомым компонентом парниковых газов (Гюр, 2020; Рехман, 2023). По оценкам отдела технологий CCUS Международного энергетического агентства, ежегодно в атмосферу Земли попадает свыше 59 млрд т  $\text{CO}_2$ -эквивалента (Бхавсар, 2023). Несмотря на то, что в мировом научном сообществе в последние годы большое внимание уделяется вопросам декарбонизации, в настоящее время в мире насчитывается лишь 28 крупных промышленных объектов в 10 странах, где улавливается, захоранивается и используется углекислый газ. Из 59 млрд т они суммарно утилизируют 40 млн т  $\text{CO}_2$  в год (Деспорт, 2022; Ахметов, 2020). Повышение содержания в атмосфере парниковых газов в итоге может привести к глобальному повышению средней температуры и, как следствие, таянию ледников, льдов Арктики и Антарктики, повышению уровня мирового океана, что приведёт к затоплению обширных населённых территорий и, в конечном счёте, негативным образом скажется на состоянии среды обитания (Гюр, 2020).

Казахстан, присоединившись к Парижскому соглашению, взял на себя обязательства по снижению эмиссии парниковых газов (Ванг, 2019). Однако, в Республике энергогенерирование на ~75% приходится на ископаемое топливо и, в частности, на уголь. Использование угля дает самое большое количество вредных выбросов. При его сжигании выделяются: азот- и серосодержащие ( $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_x$ ) оксиды, летучие органические соединения, зола, пыль и большое количество углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ) на единицу произведенной энергии (Параскив, 2018; Досмухамедов, 2022).

Доля выбросов вредных веществ предприятий, использующих такое топливо, более 85 %. В то же время, с 2026 года ЕС планирует ввести налог на продукцию тех стран и производителей, которые оставляют высокий углеродный след, а прогнозируемая цена квоты  $\text{CO}_2$  к 2030 году составит \$129 за тонну (Адам, 2022).

В последние годы в Казахстане реализуется Программа газификации и угольная генерация должна постепенно замещаться газовой, но, с одной стороны, в настоящее время радикальным образом эту замену произвести невозможно из-за логистических проблем и больших финансовых затрат (Мухтаров, 2020; Вада, 2022), а с другой, использование газа в качестве топлива не исключает выделения в атмосферу большого количества оксидов углерода.

Решение проблемы возможно путём декарбонизации на основе мультимодульных систем, включающих в себя модули предварительной очистки дымовых газов, а также модули для улавливания, сбора и утилизации

CO<sub>2</sub> из выбросов тепловых устройств, использующих ископаемое топливо. Модули предварительной очистки необходимы, поскольку, как отмечалось выше, дымовые газы, помимо диоксида углерода, содержат большое количество других вредных компонентов, в том числе и пылевых частиц различной дисперсности.

После прохождения предварительной очистки, выделенный чистый диоксид углерода можно будет использовать в тепличных хозяйствах, производстве соды, в пищевой промышленности, производстве метанола, удобрений и т.д.

Данная работа открывает цикл статей, посвящённых проблеме декарбонизации и, в частности, предварительной очистке дымовых газов для получения чистого диоксида углерода. В работе рассматривается принцип построения мультимодульной комплексной системы очистки от вредных примесей отходящих дымовых газов тепловых устройств промышленных предприятий, водогрейных и паровых котлов, печей подогрева и т.д. Предварительная очистка необходима, поскольку ни один сорбент или мембрана для извлечения CO<sub>2</sub> не выдержит длительного «давления» со стороны пылевых частиц и отравляющих примесей.

#### **Материалы и основные методы**

Состав дымовых газов определялся с помощью газовых анализаторов семейства ОРТИМА 7 (MRU, ФРГ), запылённость (г/м<sup>3</sup> пыли и сажи) определялась оптическим дымомером Мета-01МП 0.1 (Мета, Россия). Замеры состава дымовых газов проводились на выходе из дымососов, где, как правило, давление несколько превышало атмосферное и не позволяло в процессе замеров осуществляться подосу воздуха. Подсос воздуха может вызвать разбавление воздухом пробы газа, что может привести к заниженным результатам замера.

Для оценки размера пылевых частиц использовался метод СЭМ на низковакуумном сканирующем электронном растровом микроскопе JSM–6610LV (JEOL, Япония) с приставкой для микроанализа и локальным рентгенофлуоресцентным анализом элементного состава поверхности. Перед исследованием пылевых частиц предварительно на их поверхность в вакууме напылялся углерод, увеличивающий электропроводность образца, что позволяло более четко наблюдать образец в микроскопе.

#### **Результаты**

Дымовые газы условно можно разделить исходя из нескольких критериев, таких как запылённость, температура, влажность, наличие продуктов неполного сгорания топлива, содержания оксидов серы и азота.

Так, запылённость на входе тепловых устройств ТЭЦ, использующих размоленное твёрдое ископаемое топливо, варьируется в пределах от 5–6 г/м<sup>3</sup>. На выходе (по нормативам ТР №1232 от 14.12.2007 г.), она не должна превышать 0,2–0,4 г/м<sup>3</sup>. Размеры дымовых частиц показаны на рисунке 1.

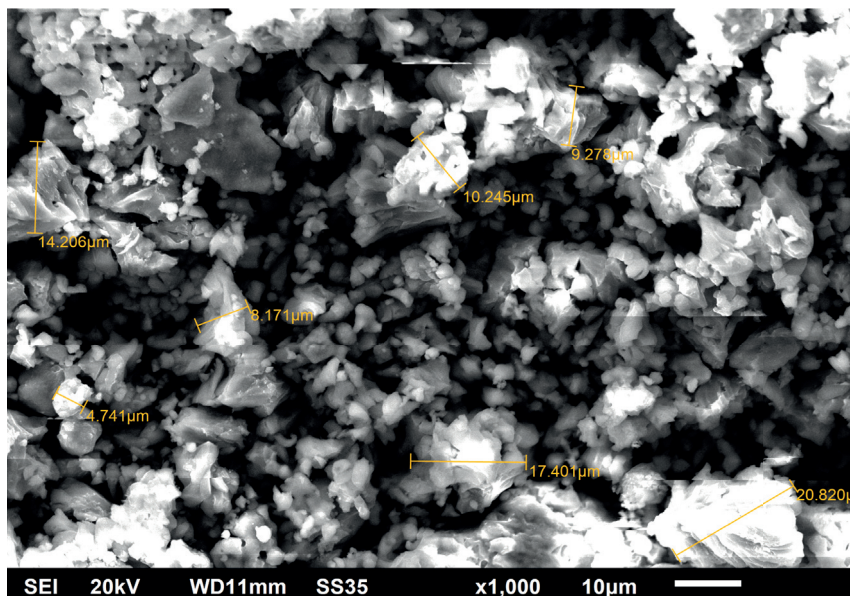


Рис. 1. Микрофотография шлака ТЭЦ при увеличении в 1000 раз  
(Fig. 1. Microphotograph of thermal power plant slag at  $\times 1000$  magnification)

По данным сканирующей электронной микроскопии дымовые частицы имеют размеры от нескольких до двадцати микрометров. Элементный анализ образцов показал, что частицы состоят из оксидов алюминия и кремния с примесью оксидов железа и кальция.

Температура отходящих газов на выходе из котлов находится в пределах 160–450 °С и влияет на режим работы каталитических систем нейтрализации оксидов углерода, серы, азота и продуктов неполного окисления, содержание которых может меняться от ppm до нескольких объёмных процентов.

Установлено, что в процессе сжигания жидких и особенно газообразных углеводородов, в отличие от угля, образуется большое количество паров воды (на одну молекулу метана выделяется две молекулы воды по реакции  $\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ ), которые негативно влияют на сорбенты и мембраны по улавливанию  $\text{CO}_2$ . Наличие на выходе из тепловых устройств (по нормативам ТР №1232 от 14.12.2007 г.) продуктов неполного сгорания топлива (до полутора процентов для двигателей внутреннего сгорания), оксидов серы (в пределах 0,78–2,00 г/м<sup>3</sup>) и азота (в пределах 0,125–0,650 г/м<sup>3</sup>) также нарушает работу мембран и сорбентов, вплоть до их полного разрушения.

### Обсуждение

С учётом изложенного можно заключить, что для проведения эффективного процесса декарбонизации отходящих дымовых газов тепловых устройств нет альтернативы участию в этом процессе системы предварительной очистки газов от пылевых частиц и вредных примесей.

Предлагаемая система предварительной очистки представляет собой мультимодульную комплексную систему, которая включает в себя следующие группы, состоящие из различных модулей (блоков) согласно нижеприведённой схеме:

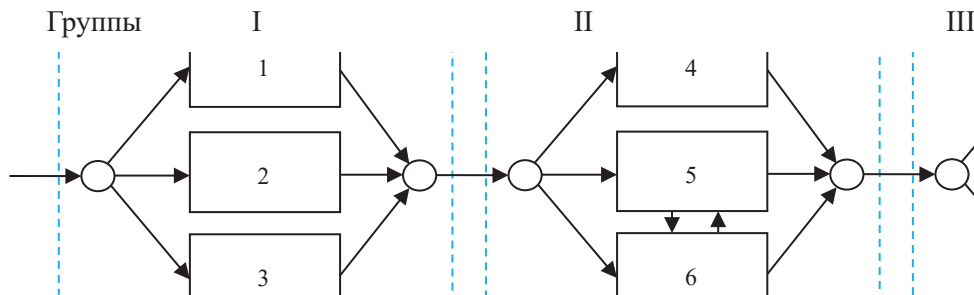


Рис. 2. Схема групп и модулей мультимодульной комплексной системы очистки  
(Fig. 2. Diagram of the group and modules of the multimodal integrated cleaning system)

Описание и назначение групп, и модулей мультимодульной комплексной системы очистки.

Модуль 1. Электрофильтр — предназначен для удаления твердых частиц в дымовых газах и может работать во влажной среде при температуре до 400–450 °С.

Модуль 2. Рукавный фильтр — предназначен для удаления твердых частиц в дымовых газах и может работать при температуре до 100–150 °С в зависимости от температуры усадки и плавления ткани.

Модуль 3. Скруббер мокрого типа с водой — предназначен для удаления твердых частиц в дымовых газах и может работать при температуре до 120–160 °С на входе и очищенный газ на выходе достигает 50–60 °С.

Группа I (модули 1, 2, 3) предназначена для улавливания пылевых частиц. Конкретный модуль выбирается в зависимости от температуры на входе и выходе, т.к. для последующих каталитических блоков необходима высокая температура, а для озонатора — температура близкая к комнатной.

Модуль 4. Озонатор — предназначен для окисления оксида углерода и продуктов не полного сгорания углеводородов кислородом озона в дымовом газе до диоксида углерода, оксида азота, перевода  $\text{SO}_2$  в  $\text{SO}_3$  в интервале температур 20–50 °С с последующим улавливанием продуктов реакции скруббером мокрого типа с щелочным реагентом.

Модуль 5. Для селективного каталитического восстановления (СКВ) с устройством подогрева — предназначен для восстановления оксидов азота до нейтрального азота аммиаком или мочевиной (выделяет аммиак при разложении) на катализаторе в интервале температур 300–400 °С при концентрации кислорода в дымовом газе до 10 %.

Модуль 6. Для каталитического окисления  $\text{CO}$  и  $\text{CH}_x$  с устройством подогрева — предназначен для окисления оксида углерода и продуктов не

полного сгорания углеводородов кислородом в дымовом газе до диоксида углерода на катализаторе в интервале температур 300–500 °С при концентрации кислорода в дымовом газе более 1–3 %.

Группа II (модули 4, 5, 6) предназначена для преобразования вредных компонентов дымовых газов в нейтральные или кислые газы. Конкретный модуль и их последовательность (модули 5, 6) выбираются в зависимости от условий эксплуатации.

Модуль 7. Скруббер мокрого типа с реагентом — предназначен для улавливания кислых газов в дымовых газах и может работать при температуре до 120–160 °С на входе (очищенный газ на выходе имеет температуру 50–60 °С).

Модуль 8. Скруббер сухого типа с реагентом — предназначен для улавливания кислых газов в дымовых газах и может работать в температурном интервале 100–400 °С.

Группа III (модули 7, 8) предназначена для поглощения кислых газов. Конкретный модуль выбирается в зависимости от температурного режима эксплуатации.

Система очистки комплектуется в зависимости от условий эксплуатации и выбирается из трех групп с учетом их последовательного соединения. Примеры различной комплектации:

– модули, выбираемые для комплектования системы очистки из группы I, в зависимости от условий эксплуатации (температурный режим) и требований к степени очистки от частиц пыли, включают в себя электрофильтр (модуль 1), рукавный фильтр (модуль 2) и скруббер мокрого типа (модуль 3);

– модули, выбираемые для комплектования системы очистки из группы II, в зависимости от условий эксплуатации (температурный режим) и требований к степени очистки, включают в себя озонатор (модуль 4), модуль селективного каталитического восстановления  $\text{NO}_x$  (модуль 5) и модуль каталитического окисления  $\text{CO}$  и  $\text{CH}_x$  (модуль 6);

– модули, выбираемые для комплектования системы очистки из группы III, в зависимости от условий эксплуатации (температурный режим) и требований к степени очистки, включают в себя скруббер мокрого типа с реагентом для улавливания кислых газов (модуль 7) и скруббер сухого типа с реагентом (модуль 8).

Рассматриваемая в настоящей работе мультимодульная комплексная система очистки имеет заметные преимущества перед применяемыми в настоящее время системами (Глебов, 1993; Веденин, 2013; Туркин, 2014; Макаров, 2014). К недостаткам этих устройств относятся:

– отсутствие возможности изменения расположения и параметров функционирования компонентов системы очистки, обусловленное безмодульной конструкцией системы;

– невозможность масштабирования системы в данной конфигурации на промышленные объекты различного размера;

– громоздкость и значительная энергоёмкость озono-сорбционного метода очистки, отсутствие возможности функционального варьирования конфигурации модулей, составляющих систему, и отсутствие альтернативы озоновому методу очистки в рамках системы;

– модульная система очистки подразумевает варьирование конфигурации модулей только в отношении их геометрии (горизонтальная, вертикальная, комбинированные конфигурации) и невозможность автономного функционирования модулей.

В то же время отличительными особенностями предлагаемой мультимодульной комплексной системы очистки являются:

– возможность адаптации каждого модуля к конкретным условиям путём варьирования реагентов, каталитически активных фаз, фильтрующих устройств и т.д.;

– возможность работы каждого модуля в автономном режиме;

– свободная конфигурация (количество, геометрия и очерёдность расположения) модулей любого назначения (различных функциональных возможностей) в системе очистки в зависимости от конкретных потребностей.

### **Заключение**

Резюмируя, можно сделать вывод о существенных преимуществах предлагаемой мультимодульной комплексной системы предварительной очистки выхлопных газов тепловых устройств, которые заключаются в следующем:

– возможность изменения конфигурации модулей не только по геометрии (вертикальное, горизонтальное, линейные размеры), но и в широком диапазоне функциональных возможностей путём варьирования реагентов, каталитически активных фаз, фильтрующих устройств и т.д.;

– возможность автономного функционирования модулей;

– простая адаптация к конкретным потребностям путём подключения (вхождения в систему очистки) к системе очистки любого количества модулей с различными функциональными возможностями и в любой последовательности.

Использование этих преимуществ создаёт предпосылки для сравнительно простого конструирования мультимодульной комплексной системы очистки на основе свободной компоновки отдельных автономных модулей с возможностью адаптации к конкретным условиям эксплуатации.

### **ЛИТЕРАТУРА**

А. Бхавсар, Д. Хингар, С. Оствал, И. Таккар, С. Джадеджа, М. Шах (2023). “Текущие масштабы и состояние хранения и использования улавливания углерода: комплексный обзор”, *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. — Т. 8. — 100368, 2023, — doi: 10.1016/j.cscee.2023.100368.

А.Д. Веденин, А.П. Пустовгар (2013). “Устройство для очистки воздуха и отходящих газов от токсичных компонентов”, Патент России № 124183. — 13 с., 2013.

А.А. Макаров (2014). “Модульная установка очистки воздуха от газовых выбросов промышленных предприятий”, Патент России № 2529218. — 11 с., 2014.



A. Рехман, М.М. Алам, И. Озтурк, Р. Альварано, М. Муршед, С. Исик, Х. Ма (2023). “Глобализация и использование возобновляемых источников энергии: как они способствуют увеличению выбросов CO<sub>2</sub>? Глобальная перспектива”, *Environmental Science and Pollution Research*. — Т. 30. — № 4. — С. 9699-9712, 2023, — doi: 10.1016/j.resconrec.2021.106150.

А.В. Туркин, В.А. Туркин, В.С. Ежов (2014). “Комплексное устройство для очистки выхлопных газов судового двигателя”, Патент России № 2536749. — 8 с., 2014.

В.П. Глебов, В.Ф. Москвичев, С.Н. Пушкин, И.И. Шабанов, Ю.М. Афанасьев, А.М. Кузьмин (1993). “Установка очистки дымовых газов от окислов серы и азота”, Патент России № 1813190. — 3 с., 1993.

В.Р. Ахметов, О.В. Смирнов О.В. (2020). “Улавливание и хранение диоксида углерода. Проблемы и перспективы”, *Башкирский химический журнал*. — Т. 27. — № 3. — С. 103–115, 2020, — doi: 10.17122/bcj-2020-3-103-115.

И. Вада, А. Файзуллаев, А.Х. Хадемоломоом, А. Альзуби (2022). “Энергопотребление, реальный рост производства, ПИИ, энергоемкость и выбросы CO<sub>2</sub>: пример Казахстана”, *Journal of Public Affairs*. — Т. 22. — № 1. — e2300, 2022, — doi: 10.1002/ра.2300.

Л. Деспорт, С. Селоссе (2022). “Обзор улавливания и использования CO<sub>2</sub> в энергетических моделях”. — Т. 180. — 106150, 2022, — doi: 10.1016/j.resconrec.2021.106150.

Н.К. Досмухамедов, Е.Е. Жолдасбай, М.Г. Егизсков (2022). “Новые возможности развития угольной отрасли: технология очистки отходящих газов от SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>”, *Engineering Journal of Satbayev University*. — Т. 144. — № 3. — С. 5–10, 2022, — doi: 10.51301/ejsu.2022.i3.01.

С. Адам, И. Делестре, П. Левелл, Х. Миллер (2022). “Налоговая политика по сокращению выбросов углекислого газа”. *Fiscal Studies*. — Т. 43. — С. 235–263, 2022, — doi: 10.1111/1475-5890.12308.

С. Мухтаров, С. Хумбатова, И. Сейфуллаев, И. Калбиев (2020). “Влияние финансового развития на потребление энергии в случае Казахстана”, *Journal of Applied Economics*. — Т. 23. — С. 75–88, 2020, — doi: 10.1080/15140326.2019.1709690.

С. Параскив, Л.С. Параскив (2020). “Тенденции выбросов углекислого газа (CO<sub>2</sub>) от сжигания ископаемого топлива (уголь, газ и нефть) в странах-членах ЕС с 1960 по 2018 год”, *Energy Reports*. — Т. 6. — С. 237–242, 2020, — doi: 10.1016/j.egyр.2020.11.116.

Т.М. Гюр (2022). “Выбросы углекислого газа, улавливание, хранение и утилизация: обзор материалов, процессов и технологий”, *Progress in Energy and Combustion Science*. — Т. 89. — 100965, 2022, — doi: 10.1016/j.pecs.2021.100965.

Ц. Ван, Х. Чжен, З. Ван, Й. Шан, Дж. Мен, Ц. Лян, К. Фен, Д. Гуан (2019). “Выбросы CO<sub>2</sub> в Казахстане в эпоху после Киотского протокола: анализ на основе производства и потребления”, *Journal of Environmental Management*. — Т. 249. — 109393, 2019, — doi: 10.1016/j.jenvman.2019.109393.

## REFERENCES

A. Bhavsar, D. Hingar, S. Ostwal, I. Thakkar, S. Jadeja, M. Shah (2023). “The current scope and stand of carbon capture storage and utilization: A comprehensive review”, *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. — Vol. 8. — 100368, 2023, — doi: 10.1016/j.cscee.2023.100368.

A.A. Makarov (2014). “Modular installation for air purification from gas clean industrial enterprises”, Russian Patent No. 2529218. — 11 pp., 2014.

A. Rehman, M.M. Alam, I. Ozturk, R. Alvarado, M. Murshed, C. Işık, H. Ma (2023). “Globalization and renewable energy use: how are they contributing to upsurge the CO<sub>2</sub> emissions? A global perspective”, *Environmental Science and Pollution Research*. — Vol. 30. — No. 4. — Pp. 9699-9712, 2023, — doi: 10.1016/j.resconrec.2021.106150.

A.V. Turkin, V.A. Turkin, V.S. Yezhov (2014). “An integrated device for purifying marine engine exhaust gases”, Russian Patent No. 2536749. — 8 pp., 2014.

A.D. Vedenin, A.P. Pustovgar (2013). “Device for purifying air and exhaust gases from toxic components”, Russian Patent No. 124183. — 13 pp., 2013.

I. Wada, A. Faizulayev, A.H. Khademolomoom, A. Alzubi (2022). “Energy use, real output-

growth, FDI, energy-intensity and CO<sub>2</sub> emission: the case of Kazakhstan”, *Journal of Public Affairs*. — Vol. 22. — No. 1. — e2300, 2022, — doi: 10.1002/pa.2300.

L. Desport, S. Seloisse (2022). “An overview of CO<sub>2</sub> capture and utilization in energy models”. — Vol. 180. — 106150, 2022, — doi: 10.1016/j.resconrec.2021.106150.

N.K. Dosmukhamedov, E.E. Zholdasbay, M.G. Egizekov (2022). “Новые возможности развития угольной отрасли: технология очистки отходящих газов от SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>”, *Engineering Journal of Satbayev University*. — Vol. 144. — No. 3. — Pp. 5–10, 2022, — doi: 10.51301/ejsu.2022.i3.01.

S. Adam, I. Delestre, P. Levell, H. Miller (2022). “Tax policies to reduce carbon emissions”. *Fiscal Studies*. — Vol. 43. — Pp. 235–263, 2022, — doi: 10.1111/1475-5890.12308.

S. Mukhtarov, S. Humbatova, I. Seyfullayev, Y. Kalbiyev (2020). “The effect of financial development on energy consumption in the case of Kazakhstan”, *Journal of Applied Economics*. — Vol. 23. — Pp. 75–88, 2020, — doi: 10.1080/15140326.2019.1709690.

S. Paraschiv, L.S. Paraschiv (2020). “Trends of carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions from fossil fuels combustion (coal, gas and oil) in the EU member states from 1960 to 2018”, *Energy Reports*. — Vol. 6. — Pp. 237–242, 2020, — doi: 10.1016/j.egy.2020.11.116.

T.M. Gür (2022). “Carbon dioxide emissions, capture, storage and utilization: Review of materials, processes and technologies”, *Progress in Energy and Combustion Science*. — Vol. 89. — 100965, 2022, — doi: 10.1016/j.pecs.2021.100965.

V.R. Akhmetov, O.V. Smirnov (2020). “Carbon dioxide capture and storage. Problems and prospects”, *Bashkir Chemical Journal*. — Vol. 27. — No. 3. — Pp. 103–115, 2020, — doi: 10.17122/bcj-2020-3-103-115.

V.P. Glebov, V.F. Moskvichev, S.N. Pushkin, I.I. Shabanov, Yu.M. Afanasiev, A.M. Kuz'min (1993). “An installation for cleaning flue gases from sulfur and nitrogen oxides”, *Russian Patent No. 1813190*. — 3 pp., 1993.

X. Wang, H. Zheng, Z. Wang, Y. Shan, J. Meng, X. Liang, K. Feng, D. Guan (2019). “Kazakhstan's CO<sub>2</sub> emissions in the post-Kyoto Protocol era: Production-and consumption-based analysis”, *Journal of Environmental Management*. — Vol. 249. — 109393, 2019, — doi: 10.1016/j.jenvman.2019.109393.



**РАКИШЕВ БАЯН РАКИШЕВИЧ**  
**(к 90-летию со дня рождения)**

Выдающийся ученый-горняк, действительный член Национальной академии наук Республики Казахстан, заслуженный деятель РК, доктор технических наук, профессор, почетный ректор Казахского национального исследовательского технического университета им. К. И. Сатпаева Баян Ракишевич Ракишев родился 15 марта 1934 года.

После окончания с отличием Казахского горно-металлургического института с 1957 по 1965 годы он работал на Коунрадском руднике Балхашского горно-металлургического комбината в должностях начальника смены, начальника цеха и карьера. В 1964 году без отрыва от производства успешно защитил кандидатскую диссертацию.

Дальнейшая его трудовая деятельность связана с родным вузом. С 1966 по 1987 годы доцент, профессор, заведующий кафедрой теоретической механики, в период с 1988 по 2016 год заведующий кафедрой открытых горных работ, с 1980 по 1993 год научный руководитель проблемной лаборатории новых физических методов разрушения горных пород и отраслевой лаборатории технологии буровзрывных работ КазПТИ им. В.И. Ленина. С 2016 года по настоящее время он профессор кафедры «Горное дело», почетный ректор Казахского национального исследовательского технического университета им. К.И. Сатпаева.

Под руководством Б. Ракишева факультет Автоматики и вычислительной техники занимал передовые позиции в научно-исследовательской, учебно-производственной и общественной деятельности. Факультетский ансамбль «Досмукасан» сформировался, состоялся как творческий самостоятельный коллектив и стал популярным в странах СНГ. О творческой деятельности

«Досмукасан» и роли декана Баяна Ракишева в его становлении рассказывается в кинофильме «Досмукасан», выпущенном Казахфильмом в 2020 году.

В должностиректора он всю свою силу и энергию отдавал расширению связей науки с производством, практической подготовке будущих специалистов. Тогда в КазПТИ впервые в Казахстане были организованы специализированные студенческие отряды для прохождения производственных практик, открылось несколько филиалов кафедр на базе предприятий и НИИ. Активно внедрялись договоры о научно-техническом содружестве и подготовке специалистов по прямым связям с предприятиями. Контингент иностранных студентов из 37 стран в то время составлял внушительную цифру – более 300 человек. Существенно улучшилось состояние материально-технической базы института. КазПТИ им. В.И. Ленина был одним из ведущих высших учебных заведений СССР.

Баян Ракишевич создал стройную теорию разрушения реального массива горных пород действием взрыва ВВ. Разработал аналитические методы определения расположения зарядов ВВ в массиве, гранулометрического состава взорванной горной массы, затрат энергии ВВ на дробление, перемещение и графо-аналитические методы определения размещения разнородных пород в развале, параметров технологий буровзрывных и экскаваторных работ, обеспечивающих наименьшие количественные и качественные потери.

Баяном Ракишевым сформулированы стратегические задачи рационального освоения недр и комплексного использования полезных ископаемых, обоснованы системы их обеспечения, разработаны горно-геологические, геометрические модели сложноструктурных блоков месторождений, математические модели минерального сырья на различных этапах его переработки, позволяющие управлять уровнем извлечения как основных, так и сопутствующих полезных компонентов в концентрат, в металл, что чрезвычайно важно в условиях систематического снижения содержания профильных металлов в руде и увеличения спроса на редкие металлы в связи с развитием высоких технологий.

Разработанные математические модели стабилизации качества многокомпонентной руды для оперативного управления внутрикарьерным усреднением и состоянием минерального сырья на каждом из этапов его переработки способствуют совершенствованию экономически эффективных технологий добычи и переработки полезных ископаемых.

Научными работами, выполненными на высоком теоретическом уровне и оригинальными практическими разработками, получившими признание горной общественности, академик Б.Р. Ракишев внес большой вклад в горную науку и промышленность, создал научную школу в области эффективного разрушения массивов пород и разработки полезных ископаемых в режиме их рационального использования недр, подготовил 9 докторов, 30 кандидатов технических наук, 9 докторов PhD, сотни магистров и инженеров.

Академик НАН РК Б.Р. Ракишев является автором около 800 научных и учебно-методических работ, в том числе 15 монографий, 6 аналитических обзоров, 14 учебников и учебных пособий, 50 авторских свидетельств и патентов на изобретения, более 100 статей в изданиях в базе данных Scopus и Web of Science.

За заслуги в области научной, педагогической и организационной деятельности Б. Р. Ракишев награжден орденами Трудового Красного Знамени и «Парасат», шестью медалями СССР и РК, Почетной грамотой Верховного Совета Казахской ССР, удостоен почетного звания «Заслуженный деятель РК», является лауреатом Республиканской премии им. К.И. Сатпаева.

Баян Ракишевич и сейчас ведет активную научно-исследовательскую, научно-организационную работу, являясь научным руководителем проектов Министерства науки и высшего образования РК, председателем диссертационного совета по защите докторских диссертаций, руководителем докторантов PhD, вице-президентом ОО «Союз ученых Казахстана», почетным президентом Горнопромышленного союза Казахстана, членом редколлегий журналов Казахстана, России, Украины и Узбекистана.

Поздравляя Баяна Ракишевича с юбилеем, желаем ему здоровья, благополучия и дальнейших творческих успехов.

*Министерство высшего образования и науки РК,  
Национальная академия наук РК,  
Казахский национальный исследовательский  
технический университет им. К.И. Сатпаева,  
редакции журналов «Доклады НАН РК» и  
«Вестник НАН РК»*

## МАЗМУНЫ

### ФИЗИКА

<b>Ж.С. Байымбетова, Н.А. Сандибаева, Е.А. Склярова, Н.Ж. Ахметова</b> ОРТА МЕКТЕП ФИЗИКА ПӘНІН ОҚЫТУДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІ: ӘДЕБИЕТТЕРГЕ ШОЛУ.....	7
<b>Е.А. Дмитриева, А.Е. Кемелбекова, Е.С. Отунчи, А.Қ. Шонғалова, А.Г. Умирзаков</b> АТОМДЫҚ ДЕҢГЕЙДЕ АЛКИЛ АРАЛЫҚТАРЫ АРҚЫЛЫ $WS_2$ НАНОПАРАҚТАРЫНЫҢ ФОТОСЕЗІМТАЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН АРТТЫРУ.....	16
<b>А.А. Жадыранова, Д.К. Аншокова</b> МОДИФИЦИРОВАННОЕ УРАВНЕНИЕ СОСТОЯНИЯ ЛОГАРИФМИЧЕСКИ СКОРРЕКТИРОВАННОЙ ЖИДКОСТИ СО СТЕПЕННЫМ ЗАКОНОМ.....	31
<b>В.Ю. Ким, Ш.Т. Омаров</b> АЛЫТ-АЗИМУТАЛДЫ МОНТАЖДАУДАН ӨТКЕН ТЕЛЕСКОПТЫҢ ДЕРОТАТОРЛЫ ӨРІСІ.....	50
<b>А. Марасулов, И.И. Сафаров, М.Х. Тешаев, Ә.С. Төлеп, Г.А. Абдраимова</b> ҚАБАТТЫ ТҮТҚЫР СЕРПІМДІ ЦИЛИНДРДЕ СТАЦИОНАРЛЫҚ ЕМЕС ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ТАРАЛУЫ.....	63
<b>М. Пахомов, Ү. Жапбасбаев, Г. Рамазанова</b> ҚҰБЫРДАҒЫ ТҮТҚЫР-ПЛАСТИКАЛЫҚ СҮЙІКТІКТЫҢ ИЗОТЕРМИЯЛЫҚ ЕМЕС ТУРБУЛЕНТТІК АҒЫСЫН ЕСЕПТЕУГЕ АРНАЛҒАН РЕЙНОЛЬДС КЕРНЕУІ МОДЕЛІ.....	79
<b>К. Саурова, С. Нысанбаева, Н. Сейдахмет, Г. Турлыбекова, Қ. Астемесова</b> ҒАРЫШ АППАРАТЫНЫҢ ОРБИТАЛДЫҚ ҚОЗҒАЛЫС ДИНАМИКАСЫН СИМУЛЯЦИЯЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ.....	95
<b>Е.О. Шаленов, Е.С. Сейтқожанов, М.М. Сейсембаева, К.Н. Джумагулова</b> СЭНДВИЧ ПЕН КЕРІ КОНТАКТЫ ПЕРОВСКИТ КҮН ЭЛЕМЕНТТЕРІН САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ.....	109
<b>Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк</b> КОМЕТАЛАРДЫҢ ТЕРМИЯЛЫҚ КЕРНЕУЛЕРМЕН ЖОЙЫЛУЫ.....	123
<b>С.А. Шомшекеева, М.А. Кругов, Ч.Т. Омаров, Е.К. Аймуратов</b> АСТРОХАБ ШЕҢБЕРІНДЕ ҒЫЛЫМДЫ НАСИХАТТАУ.....	139

### ХИМИЯ

<b>Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Ю.В. Гражулявичюс,</b> <b>И.С. Сапарбекова</b> ПОЛИМЕТАКРИЛ ҚЫШҚЫЛЫ МЕН ПОЛИ-2-МЕТИЛ-5-ВИНИЛПИРИДИН ГЕЛЬДЕРІНІҢ ҚАШЫҚТЫҚТАН ӨРЕКЕТТЕСУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	155
<b>Ә. Қаппасұлы, Д. Махаева, Ж. Қожантаева, Ғ. Ирмухаметова</b> ДӘРІЛІК ЗАТТАРДЫ ЖЕТКІЗУДІҢ ОФТАЛЬМОЛОГИЯЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІН ӨЗІРЛЕУ ҮШІН МЕТАКРИЛДЕНГЕН АЛГИН ҚЫШҚЫЛЫН АЛУ.....	167
<b>А. Карилхан, А. Турсынова</b> МОНОТЕРПЕНДІК ЦИТРОНЕЛЛАЛДАН ИЗОПУЛЕГОЛ ЖӘНЕ МЕНТОЛ СИНТЕЗІН ЗЕРТТЕУ.....	186
<b>А.А. Құдайбергін, А.К. Нурлыбекова, Ж. Жеңіс, М.А. Дюсебаева</b> ARTEMISIA TERRAE-ALBAE МАЙДА ЕРИТІН СЫҒЫНДЫСЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ.....	195
<b>М.Г. Мурзагалиева, Н.С. Ашимхан, А.О. Сапиева</b> АҒЫНДЫ СУЛАРДЫ ТАБИҒИ АДСОРБЕНТТЕРМЕН ТАЗАЛАУДЫҢ КОЛЛОИДТЫ – ХИМИЯЛЫҚ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ.....	204

<b>Г.Ф. Сагитова, С.А. Сакибаева, Б.А. Сақыбаев, З.А. Емқұлова, В.Ю. Морозова</b> БУТАДИЕН-НИТРИЛДІ КАУЧУКТАР МЕН ТОЛЫҚТЫРҒЫШТАР НЕГІЗІНДЕГІ ТЫҒЫЗДАҒЫШ РЕЗИНАЛАРДЫ ӨЗІРЛЕУ.....	219
<b>Б. Серикбаева, Р. Абжалов, А. Колесников, Ш. Кошкарбаева, М. Сатаев</b> ПОЛИМЕРЛЕРДІҢ ТІКЕЛЕЙ ФОТОХИМИЯЛЫҚ КҮМІСТЕНУІ.....	230
<b>А.Т. Такибаева, О.В. Демец, А.А. Жорабек, А. Карилхан, Д.А. Ражабова</b> ЛУПАН ТРИТЕРПЕНОИДТАРЫНЫҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРЫН СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ.....	244
<b>Б.Р. Таусарова, М.Ш. Сулейменова, Ж.Е. Шаихова, С.О. Абилкасова, Л.М. Калимолдина</b> МЫС НАНОБӨЛШЕКТЕРІНІҢ НЕГІЗІНДЕГІ ЦЕЛЛЮЛОЗАЛЫҚ ТОҚЫМА МАТЕРИАЛДАРЫНЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	259
<b>Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.Р. Рахметова</b> КӨМІРТЕКСІЗДЕНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНДАҒЫ ЖЫЛУ ҚҰРЫЛҒЫЛАРЫНЫҢ ГАЗДАРЫН АЛДЫН АЛА ӨҢДЕУ.....	271
<b>РАКИШЕВ БАЯН РАКИШЕВИЧ</b> (90 жас).....	283

## СОДЕРЖАНИЕ

## ФИЗИКА

<b>Ж.С. Байымбетова, Н.А. Сандибаева, Е.А. Склярова, Н.Ж. Ахметова</b> СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБУЧЕНИЕМ ФИЗИКОЙ В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	7
<b>Е.А. Дмитриева, А.Е. Кемелбекова, Е.С. Отунчи, А.Қ. Шонгалова, А.Г. Умирзаков</b> УЛУЧШЕНИЕ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ НАНОЛИСТОВ WS <sub>2</sub> С ПОМОЩЬЮ АЛКИЛЬНЫХ СПЕЙСЕРОВ НА АТОМИСТИЧЕСКОМ УРОВНЕ.....	16
<b>А.А. Жадыранова, Д.К. Аншокова</b> ДӘРЕЖЕЛІК ЗАҢЫ БАР ЛОГАРИФМДІК МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН СҮЙІҚТЫҚ КҮЙІНІҢ ӨЗГЕРТІЛГЕН ТЕНДЕУІ.....	31
<b>В.Ю. Ким, Ч.Т. Омаров</b> ДЕРОТАТОР ПОЛЯ ДЛЯ ТЕЛЕСКОПА НА АЛЬТ-АЗИМУТАЛЬНОЙ МОНТИРОВКЕ.....	50
<b>А. Марасулов, И.И. Сафаров, М.Х. Тешаев, А.С. Тулеп, Г.А. Абдраимова</b> РАСПРОСТРАНЕНИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ВОЛН В СЛОИСТОМ ВЯЗКОУПРУГОМ ЦИЛИНДРЕ.....	63
<b>М. Пахомов, У. Жапбасбаев, Г. Рамазанова</b> МОДЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЙ РЕЙНОЛЬДСА ДЛЯ РАСЧЕТА НЕИЗОТЕРМИЧЕСКОГО ТУРБУЛЕНТНОГО ТЕЧЕНИЯ ВЯЗКОПЛАСТИЧНОЙ ЖИДКОСТИ В ТРУБЕ.....	79
<b>К. Саурова, С. Нысанбаева, Н. Сейдахмет, Г. Турлыбекова, Қ. Астемесова</b> ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОРБИТАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА.....	95
<b>Е.О. Шаленов, Е.С. Сейткочанов, М.М. Сейсембаева, К.Н. Джумагулова</b> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СЭНДВИЧ И ОБРАТНО-КОНТАКТНЫХ ПЕРОВСКИТНЫХ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	109
<b>Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк</b> РАЗРУШЕНИЕ КОМЕТ ТЕРМИЧЕСКИМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ.....	123
<b>С.А. Шомшекова, М.А. Кругов, Ч.Т. Омаров, Е.К. Аймуратов</b> ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ НАУКИ В РАМКАХ АСТРОХАБА.....	139

## ХИМИЯ

<b>Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Ю.В. Гражулявичюс, И.С. Сапарбекова</b> ОСОБЕННОСТИ ДИСТАНЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГИДРОГЕЛЕЙ ПОЛИМЕТАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ И ПОЛИ-2-МЕТИЛ-5-ВИНИЛПИРИДИНОМ.....	155
<b>Ә. Қаппасұлы, Д.Н. Махаева, Ж. Кожантаева, Г.С. Ирмухаметова</b> ПОЛУЧЕНИЕ МЕТАКРИЛИРОВАННОЙ АЛЬГИНОВОЙ КИСЛОТЫ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДОСТАВКИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ВЕЩЕСТВ.....	167
<b>А. Карилхан А. Турсынова</b> ИЗУЧЕНИЕ СИНТЕЗА ИЗОПУЛЕГОЛА И МЕНТОЛА ИЗ МОНОТЕРПЕНОВОГО ЦИТРОНЕЛЛАЛЯ.....	186
<b>А.А. Кудайбергел, А.К. Нурлыбекова, Ж. Женис, М.А. Дюсебаева</b> ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ЖИРОРАСТВОРИМОГО ЭКСТРАКТА ARTEMISIA TERRAE-ALBAE.....	195
<b>М.Г. Мурзагалиева, Н.С. Ашимхан, А.О. Сапиева</b> ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРИРОДНЫМИ АДсорбентами.....	204
<b>Г.Ф. Сагитова, С.А. Сакибаева, Б.А. Сақыбаев, З.А. Емкулова, В.Ю. Морозова</b> РАЗРАБОТКА УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ РЕЗИН НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-НИТРИЛЬНЫХ КАУЧУКОВ И НАПОЛНИТЕЛЕЙ.....	219



<b>Б.С. Серикбаева, Р. Абжалов, А.В. Колесников, Ш.Т. Кошкарбаева, М.С. Сатаев</b> ПРЯМОЕ ФОТОХИМИЧЕСКОЕ СЕРЕБРЕНИЕ ПОЛИМЕРОВ.....	230
<b>А.Т. Такибаева, О.В. Демец, А.А. Жорабек, А. Карилхан, Д.А. Ражабова</b> СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ЛУПАНОВЫХ ТРИТЕРПЕНОИДОВ.....	244
<b>Б.Р. Таусарова, М.Ш. Сулейменова, Ж.Е. Шаихова, С.О. Абилкасова, Л.М. Калимолдина</b> ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ НАНОЧАСТИЦ МЕДИ.....	259
<b>Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.Р. Рахметова</b> ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЧИСТКА ГАЗОВ ТЕПЛОВЫХ УСТРОЙСТВ В ТЕХНОЛОГИИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ.....	271
<b>РАКИШЕВ БАЯН РАКИШЕВИЧ (к 90-летию со дня рождения).....</b>	<b>283</b>

**CONTENTS**  
**PHYSICAL**

<b>Zh.S. Baiymbetova, N.A. Sandibaeva, E.A. Sklyarova, N.Zh. Akhmetova</b> THE SECONDARY SCHOOL PHYSICS LEARNING MANAGEMENT SYSTEM (LMS): LITERATURE REVIEW.....	7
<b>E.A. Dmitriyeva, A.E. Kemelbekova, Ye.S. Otunchi, A.K. Shongalova, A.G. Umirzakov</b> ENHANCING PHOTSENSITIVE PROPERTIES OF WS <sub>2</sub> NANOSHEETS VIA ALKYL SPACERS AT THE ATOMISTIC LEVEL.....	16
<b>A.A. Zhadyranova, D.K. Anshokova</b> MODIFIED EQUATION OF STATE OF A LOGARITHMICALLY VISCOUS FLUID WITH A POWER LAW.....	31
<b>V.Yu. Kim, Ch.T. Omarov</b> FIELD DEROTATOR FOR A TELESCOPE WITH ALTAZIMUTH MOUNT.....	50
<b>A. Marasulov, I.I. Safarov, M.Kh. Tshaev, A.S. Tolep, G.A. Abdraimova</b> PROPAGATION OF NON-STATIONARY WAVES IN A LAYERED VISCOELASTIC CYLINDER.....	63
<b>M. Pakhomov, U. Zhapbasbayev, G. Ramazanova</b> RSM MODEL FOR CALCULATING NON-ISOTHERMAL TURBULENT FLOW OF A VISCOPLASTIC FLUID IN A PIPE.....	79
<b>K. Saurova, S. Nysanbaeva, N. Seidakhmet, G. Turlybekova, K. Astemesova</b> SIMULATION MODELING OF ORBITAL MOTION DYNAMICS SPACE CAR.....	95
<b>E.O. Shalenov, Ye.S. Seitkozhanov, M.M. Seisembayeva, K.N. Dzhumagulova</b> COMPARATIVE ANALYSIS OF SANDWICH AND BACK-CONTACT PEROVSKITE SOLAR CELLS.....	109
<b>L.I. Shestakova, R.R. Spassyyk</b> DESTRUCTION OF COMETS BY THERMAL STRESSES.....	123
<b>S.A. Shomshekova, M.A. Krugov, Ch.T. Omarov, Y.K. Aimuratov</b> POPULARIZATION OF SCIENCE WITHIN ASTROHUB.....	139

**CHEMISTRY**

<b>T.K. Jumadilov, G.T. Dyussebayeva, Zh.S. Mukataeva, J.V. Gražulevicius, I.S. Saparbekova</b> FEATURES OF REMOTE INTERACTION BETWEEN HYDROGELS OF POLYMETHACRYLIC ACID AND POLY-2-METHYL-5-VINYLPYRIDINE.....	155
<b>A. Kappasuly, D. Makhayeva, Zh. Kozhantayeva, G. Irmukhametova</b> PREPARATION OF METHACRYLATED ALGINIC ACID FOR THE DEVELOPMENT OF OPHTHALMOLOGICAL DRUG DELIVERY SYSTEMS.....	167
<b>A. Karilkhan, A. Tursynova</b> STUDY OF THE SYNTHESIS OF ISOPULEGOL AND MENTHOL FROM MONOTERPENE CITRONELLAL.....	186
<b>A.A. Kudaibergen, A.K. Nurlybekova, J. Jenis, M.A. Dyusebaeva</b> CHEMICAL CONSTITUENTS OF LIPOSOLUBLE EXTRACT OF ARTEMISIA TERRAE-ALBAE.....	195
<b>M.G. Murzagaliyeva, N.S. Ashimkhan, A.O. Sapieva</b> INVESTIGATION OF COLLOID-CHEMICAL PROCESSES OF WASTERWATER TREATMENT WITH NATURAL ADSORBENTS.....	204
<b>G.F. Sagitova, S.A. Sakibayeva, B.A. Sakybayev, Z.A. Emkulova, V.Yu. Morozova</b> DEVELOPMENT OF SEALING RUBBERS BASED ON BUTADIENE-NITRILE RUBBERS AND FILLERS.....	219
<b>B.S. Serikbayeva, R. Abzhalov, A.V. Kolesnikov, Sh.T. Koshkarbayeva, M.S. Satayev</b> DIRECT PHOTOCHEMICAL SILVERATION OF POLYMERS.....	230

<b>A.T. Takibayeva, O.V. Demets, A.A. Zhorabek, A. Karilkhan, D.A. Rajabova</b> SYNTHESIS AND RESEARCH OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF LUPAN TRITERPENOIDS.....	244
<b>B.R. Taussarova, M.Sh. Suleimenova, Zh.E. Shaikhova, S.O. Abilkasova, L.M. Kalimoldina</b> STUDY OF PROPERTIES OF CELLULOSE TEXTILE MATERIALS BASED ON COPPER NANOPARTICLES.....	259
<b>B.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy, A.S. Sass, I.I. Torlopov, K.R. Rakhmetova</b> PRELIMINARY TREATMENT OF THERMAL DEVICES' EMISSIONS IN DECARBONIZATION TECHNOLOGY.....	271
<b>AKISHEV BAYAN RAKISHEVICH</b> (on the 90th anniversary of birth) .....	283

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

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

**[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)**

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

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

Подписано в печать 29.03.2024.

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

19,0 п.л. Тираж 300. Заказ 1.