

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

2025 • 2



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»

REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

Editor-in-Chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Acting President of RPA NAS RK, General Director of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky" (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Editorial Board:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the International Science and Production Holding "Phytochemistry" (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ABIEV 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) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

OLIVIERO Rossi Cesare, PhD (Chemistry), Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

TIGINYANU Ion Mihailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

SANG SU Kwak, PhD (Biochemistry, Agricultural Chemistry), Professor, Chief Scientist, Research Center for Plant Systems Engineering, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

BERSIMBAYEV Rakhmetkazi Iskenderovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

CALANDRA Pietro, PhD (Physics), Professor, Institute for the Study of Nanostructured Materials (Rome, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

BOSHKAEV Kuantai Aygazyevich, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

BURKITBAEV Mukhambetkali, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ZHUSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of NAS of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

TAKIBAEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

KHARIN Stanislav Nikolaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Branch of NRNU MEPhI Kazakh National University named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ABISHEV Medeu Erzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ABILMAGZHANOV Arlan Zainutallaevich, PhD in Chemistry, First Deputy Director General of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky", (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

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. KZ31VPY00111215 issued 31. 01. 2025

Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

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

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2025

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрыңұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА РҚБ президенті м.а., АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакция ұжымы:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәліұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИВЬЕРО Росси Сезаре, PhD (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САНГ-СУ Квак, PhD (биохимия, агрохимия), профессор, Корея Биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. (Астана, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, PhD (физика), нанокүрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Құнтай Ағвазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фарабиатындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

Бүркітбаев Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, профессор, Мексика ұлттық автономиялық университеті (UNAM), Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, ҰЯЗУ МИФИ әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ӘБІШЕВ Медеу Ержанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ӘБІЛМАҒЖАНОВ Арслан Зайнуталлаұлы, химия ғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы "Отын, катализ және электрохимия институты" АҚ Бас директорының бірінші орынбасары, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

«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.).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі 31.01.2025 ж. берген № KZ31VPY00111215 Күзлік.

Тақырыптық бағыты: *физика, химия.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

© «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ, 2025

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. президента РОО НАН РК, Генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

АБИЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИВЬЕРО Росси Чезаре, доктор философии (PhD, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САИГ-СУ Квак, доктор философии (PhD, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (PhD, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Кунтайт Авгазыевич, PhD, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

БҮРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нургали Жаббагаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, кандидат физико-математических наук, доцент, Филиал НИЯУ МИФИ Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

АБИШЕВ Мелеу Ержанович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

АБИЛЬМАГЖАНОВ Арлан Зайнуталлаевич, кандидат химических наук, первый заместитель генерального директора АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

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 №**KZ31VPY0011215** о повторной регистрации периодического печатного издания информационного агентства, информационного агентства и сетевого издания, выданное Республиканским государственным учреждением «Комитет информации» Министерства культуры и информации Республики Казахстан **31.01.2025**

Тематическая направленность: *физика, химия*.

Периодичность: 4 раза в год.

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

© РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан», 2025

CONTENTS

PHYSICS

A.A. Gazizova, D.M. Nasirova, V.O. Kurmangaliyeva, Sh.I. Khamraev DISTRIBUTION OF PRESSURE AND TEMPERATURE IN NEUTRON STARS: NUMERICAL ANALYSIS.....	11
A. Dalelkhankyzy, G. Baimbetova, N. Koilyk, S. Toktarbay, A. Beisebayeva QUASISPIN FORMALISM OF INTERACTION BETWEEN BOSONS AND ITS APPLICATION IN NUCLEAR THEORY.....	22
N.K. Zhusupova, V.N. Zhumabekova, A.A. Zhadyranova DETERMINATION OF ANTINEUTRON-NUCLEAR SCATTERING AMPLITUDE.....	34
V. Mukamedenkyzy, B. Akberdiyev INVESTIGATION OF CONCENTRATION FIELDS IN BINARY GAS MIXTURES IN THE PRESENCE OF CONVECTIVE FLOWS.....	46
A.V. Serebryanskiy, Ch.B. Akniyazov, Ch.T. Omarov, S.Sittykova, D. Kadyrova SEARCHING FOR INNER-EARTH ASTEROIDS.....	62
G.B. Suliyeva, M.A. Makukov, E.G. Mychelkin TWO TYPES OF SCALAR BACKGROUND VISUALIZATION.....	79
U.A. Ualikhanova, A.M. Konys, A.B. Altaibayeva, Zh.M. Beisekeyeva DYNAMICAL SYSTEMS ANALYSIS OF $f(R,T) = R + \beta T^m$ COSMOLOGY.....	94
Zh.S. Umbetova, U.U. Abdizhalilova DYNAMICS OF THE EVOLUTION OF ANISOTROPIC COMPACT STARS IN $f(\tau)$ TELEPARALLEL GRAVITY.....	105
L.I. Shestakova, R.R. Spassyyuk DESTRUCTION OF SMALL BODIES COMPOSED OF SILICATES BY THERMAL STRESSES.THERMAL EMISSION OF DISRUPTION PRODUCTS.....	121
S.A. Shomshekova, L.K. Kondratyeva, I.V. Reva, L. Aktay, V.Y. Kim STUDIES OF THE MRK 766 GALAXY IN THE OPTICAL RANGE.....	138

CHEMISTRY

D.T. Altynbekova, B.K. Massalimova, B.E. Begenova, A. Darmenbayeva, M.D. Akanova SYNTHESIS AND STUDY OF PROTON CONDUCTIVITY OF NANOCOMPOSITES BASED ON COMPLEX OXIDES (LaNbO ₄) AND ALLOYS (NiCoOx, CuCoOx, NiCuOx).....	152
--	-----

D.Zh. Amantayeva, M.A. Dyusebayeva, B.K. Kopzhassarov, A.E. Berganayeva, G.E. Berganayeva PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF ULMUS PUMILA LEAVE.....	164
A. Assanov, S.A. Mameshova, G.S. Tatykhanova, T.A. Savitskaya CHEMICAL AND MINERALOGICAL ANALYSIS OF KAZAKHSTAN CLAYS AND STUDY OF THEIR HYDRODISPERSIVE PROPERTIES.....	182
G.S. Akhmetova, U.B. Issayeva, K.D. Praliyev, M.T. Omyrzakov, T.M. Seilkhanov TECHNOLOGY OF PRODUCING 1-(2-ETHOXYETHYL)-4- ADAMANTANECARBONYLOXY-PIPERIDINE HYDROCHLORIDE AND STUDY OF ITS CYTOTOXICITY.....	206
G.Zh. Baisalova, G.K. Token, B.B. Torsykbaeva, A.D. Dukenbayeva, N. Rakhmetova STUDYING THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE PHRAGMITES COMMUNIS PLANT BY GAS CHROMATOGRAPHY–MASS–SPECTROMETRY.....	218
A. Yedilova, Z. Inelova, N. Kurbatova, B. Turalin PHYTOCHEMICAL STUDY OF MEDICINAL PLANT - HUMULUS LUPULUS L., FOR THE PURPOSE OF OBTAINING BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES.....	229
A. Kuandykova, B. Taimasov, E. Potapova, B. Zhakipbayev, N. Zhanikulov STUDY OF THE MICROSTRUCTURE OF CLINKERS OBTAINED FROM METALLURGICAL SLAG.....	242
X.A. Leontyeva, G.M. Khussurova, D.S. Puzikova, A.N. Nefedov, M. Zhurynov PERFORMANCE AND APPLICATION OF ORGANIC CORROSION INHIBITORS IN THE PETROCHEMICAL INDUSTRY OF THE CIS COUNTRIES. REVIEW.....	258
L.K. Orazzhanova, Zh.S. Kassymova, Zh.Zh. Nurtazina, D.K. Asserzhanov, K.K. Kabdulkarimova SYNTHESIS AND APPLICATION OF IRON NANOPARTICLES FOR THE PRODUCTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES CHLORELLA VULGARIS.....	275
B.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy, A.S. Sass, I.I. Torlopov, K.S. Rakhmetova SOLID CARBON DIOXIDE ADSORBENT BASED ON ALKALI METAL CARBONATES WITH PROMOTER ADDITIVES.....	291

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

А.А. Ғазизова, Д.М. Насирова, В.О. Құрманғалиева, Ш.И. Хамраев. НЕЙТРОНДЫ ЖҰЛДЫЗДАРДАҒЫ ҚЫСЫМ МЕН ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ ТАРАЛУЫНА САНДЫҚ ТАЛДАУ.....	11
А. Дәлелханқызы, Г. Баймбетова, Н. Қойлық, С. Тоқтарбай, А. Бейсебаева БОЗОНДАР АРАСЫНДАҒЫ ӨЗАРА ӘСЕРЛЕСУДІҢ КВОЗИСПИНДІК ФОРМАЛИЗМІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЯДРОЛЫҚ ТЕОРИЯДАҒЫ ҚОЛДАНЫЛУЫ.....	22
Н.К. Жусупова, В.Н. Жумабекова, А.А. Жадыранова АНТИНЕЙТРОНДАРДЫҢ ЯДРОДАН ШАШЫРАУ АМПЛИТУДАСЫН АНЫҚТАУ.....	34
В. Мукамеденқызы, Б. Ақбердиев КОНВЕКТИВТІ АҒЫНДАР КЕЗІНДЕ БИНАРЛЫ ГАЗ ҚОСПАЛАРЫНДАҒЫ КОНЦЕНТРАЦИЯЛЫҚ ӨРІСТЕРДІ ЗЕРТТЕУ.....	46
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова ІШКІ ЖЕР ОРБИТАСЫНДА АСТЕРОИДТАРДЫ ІЗДЕУ.....	62
Г.Б. Сулиева, М.А. Макуков, Э.Г. Мычелкин СКАЛЯРЛЫ ФОННЫҢ ЕКІ ТҮРЛІ ВИЗУАЛИЗАЦИЯСЫ.....	79
У.А. Уалиханова, А.М. Қоныс, А.Б. Алтайбаева, Ж.М. Бейсекеева $f(R, T) = R + \beta T^m$ КОСМОЛОГИЯСЫНЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР ТАЛДАУЫ.....	94
Ж.С. Умбетова, У.У. Абдижалилова $f(\tau)$ -ТЕЛЕПАРАЛЛЕЛЬ ГРАВИТАЦИЯСЫНДАҒЫ АНИЗОТРОПТЫ КОМПАКТТЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ ЭВОЛЮЦИЯСЫНЫҢ ДИНАМИКАСЫ.....	105
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк СИЛИКАТТЫ ҚҰРАМДЫ ШАҒЫН ДЕНЕЛЕРДІҢ ТЕРМИЯЛЫҚ КЕРНЕУЛЕРДЕН БҰЗЫЛУЫ. БӨЛШЕКТЕНУ НӘТИЖЕСІНДЕ ПАЙДА БОЛАТЫН ӨНІМДЕРДІҢ ЖЫЛУЛЫҚ ЭМИССИЯСЫ.....	121
С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.В. Рева, Л. Актай, В.Ю. Ким MRK 766 ГАЛАКТИКАСЫН ОПТИКАЛЫҚ ДИАПАЗОНДА ЗЕРТТЕУ.....	138

ХИМИЯ

Д.Т. Алтынбекова, Б.К. Масалимова, Б.Е. Бегенова, А. Дарменбаева, М.Д. Аканова КҮРДЕЛІ ОКСИДЕР (LaNbO_4) МЕН ҚҰЙМАЛАРДЫҢ (NiCoO_x , CuCoO_x , NiCuO_x) НЕГІЗІНДЕГІ НАНОКОМПОЗИТТЕРДІ СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ПРОТОНӨТКІЗГІШТІГІН ЗЕРТТЕУ.....	152
Д.Ж. Амантаева, М.А. Дюсебаева, Б.К. Копжасаров, А.Е. Берганаева, Г.Е. Берганаева ULMUS PUMILA ЖАПЫРАҚТАРЫНЫҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ.....	164
А. Асанов, С.А. Мамешова, Г.С. Татыханова, Т.А. Савицкая ҚАЗАҚСТАН САЗДАРЫНЫҢ ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЯЛЫҚ ТАЛДАУЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ГИДРОДИСПЕРСИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	182
Г.С. Ахметова, Ұ.Б. Исаева, Қ.Ж. Пірәлиев, М.Т. Омырзаков, Т.М. Сейлханов 1-(2-ЭТОКСИЭТИЛ)-4-АДАМАНТАНКАРБОНИЛОКСИ-ПИПЕРИДИН ГИДРОХЛОРИДІН АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЦИТОУЫТТЫЛЫҚ ӨСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	206
Г.Ж. Байсалова, Г.Қ. Төкен, Б.Б. Торсыкбаева, А.Д. Дукенбаева, Н. Рахметова ГАЗ ХРОМАТОГРАФИЯ–МАСС–СПЕКТРОМЕТРИЯ ӘДІСІМЕН PHRAGMITES COMMUNIS ӨСІМДІГІНІҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ.....	218
А. Едилова, З. Инелова, Н. Күрбатова, Б. Туралин ДӘРІЛІК HUMULUS LUPULUS L. ӨСІМДІГІНЕН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРДЫ АЛУ МАҚСАТЫНДАҒЫ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	229
А. Қуандыкова, Б. Таймасов, Е. Потапова, Б. Жакипбаев, Н. Жаникулов МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ШЛАКТАРДАН АЛЫНАТЫН КЛИНКЕРЛЕРДІҢ МИКРОҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ.....	242
К.А. Леонтьева, Г.М. Хусурова, Д.С. Пузикова, А.Н. Нефедов, М. Жұрынов ТМД ЕЛДЕРІНІҢ МҰНАЙ-ХИМИЯ ӨНЕРКӘСІБІНДЕ КОРРОЗИЯҒА ҚАРСЫ ОРГАНИКАЛЫҚ ИНГИБИТОРЛАРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІ ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫЛУЫ. ШОЛУ.....	258
Л.К. Оразжанова, Ж.С. Касымова, Ж.Ж. Нуртазина, Д.Қ. Әсержанов, К.К. Кабдулкаримова CHLORELLA VULGARIS БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРЫН АЛУ ҮШІН ТЕМІР НАНОБӨЛШЕКТЕРІН СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ.....	275
Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова ПРОМОУТЕРЛІК ҚОСПАЛАРЫ БАР СІЛТІЛІ МЕТАЛЛ КАРБОНАТТАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН КӨМІРҚЫШҚЫЛ ГАЗЫНЫҢ ҚАТТЫ АДСОРБЕНТІ.....	291

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

А.А. Газизова, Д.М. Насирова, В.О. Курмангалиева, Ш.И. Хамраев РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ В НЕЙТРОННЫХ ЗВЁЗДАХ: ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ.....	11
А. Далелханкызы, Г. Баймбетова, Н. Койлык, С. Токтарбай, А. Бейсебаева КВАЗИСПИНОВЫЙ ФОРМАЛИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БОЗОНОВ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЯДЕРНОЙ ТЕОРИИ.....	22
Н.К. Жусупова, В.Н. Жумабекова, А.А. Жадыранова ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМПЛИТУДЫ АНТИНЕЙТРОН-ЯДЕРНОГО РАССЕЯНИЯ.....	34
В. Мукамеденкызы, Б. Акбердиев ИССЛЕДОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ В БИНАРНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЯХ ПРИ НАЛИЧИИ КОНВЕКТИВНЫХ ТЕЧЕНИЙ.....	46
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова ПОИСК АСТЕРОИДОВ ВНУТРИ ЗЕМНОЙ ОРБИТЫ.....	62
Г.Б. Сулиева, М.А. Макуков, Э.Г. Мычелкин ДВА ТИПА ВИЗУАЛИЗАЦИИ СКАЛЯРНОГО ФОНА.....	79
У.А. Уалиханова, А.М. Коныс, А.Б. Алтайбаева, Ж.М. Бейсекеева АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ $f(R,T) = R + \beta T^m$ КОСМОЛОГИИ.....	94
Ж.С. Умбетова, У.У. Абдижалилова ДИНАМИКА ЭВОЛЮЦИИ АНИЗОТРОПНЫХ КОМПАКТНЫХ ЗВЕЗД В $f(\tau)$ -ТЕЛЕПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ГРАВИТАЦИИ.....	105
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк РАЗРУШЕНИЕ МАЛЫХ СИЛИКАТНЫХ ТЕЛ ТЕПЛОВЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ. ТЕПЛОВАЯ ЭМИССИЯ ПРОДУКТОВ РАЗРУШЕНИЯ.....	121
С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.В. Рева, Л. Актай, В.Ю. Ким ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЛАКТИКИ MRK 766 В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ.....	138

ХИМИЯ

Д.Т. Алтынбекова, Б.К. Масалимова, Б.Е. Бегенова, А. Дарменбаева, М.Д. Аканова СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ (LaNbO_4) И СПЛАВОВ (NiCoO_x , CuCoO_x , NiCuO_x).....	152
---	-----

Д.Ж. Амантаева, М.А. Дюсебаева, Б.К. Копжасаров, А.Е. Берганаева, Г.Е. Берганаева ФИТОХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛИСТЬЕВ ULMUS PUMILA.....	164
А. Асанов, С.А. Мамешова, Г.С. Татыханова, Т.А. Савицкая ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЛИН КАЗАХСТАНА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИХ ГИДРОДИСПЕРСИЙ.....	182
Г.С. Ахметова, Ұ.Б. Исаева, Қ.Ж. Пралиев, М.Т. Омырзаков, Т.М. Сейлханов ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОХЛОРИДА 1-(2-ЭТОКСИЭТИЛ)-4- АДАМАНТАНКАРБОНИЛОКСИ-ПИПЕРИДИНА И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО ЦИТОТОКСИЧНОСТИ.....	206
Г.Ж. Байсалова, Г.К. Токен, Б.Б. Торсыкбаева, А.Д. Дукенбаева, Н. Рахметова ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТЕНИЯ RHAGMITES COMMUNIS МЕТОДОМ ГАЗ ХРОМАТОГРАФИИ–МАСС–СПЕКТРОМЕТРИИ.....	218
А. Едилова, З. Инелова, Н. Курбатова, Б. Туралин ФИТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТЕНИЯ – HUMULUS LUPULUS L. С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ.....	229
А. Куандыкова, Б. Таймасов, Е. Потапова, Б. Жакипбаев, Н. Жаникулов ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ КЛИНКЕРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ.....	242
К.А. Леонтьева, Г.М. Хусурова, Д.С. Пузикова, А.Н. Нефедов, М. Журинов ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ В НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРАН СНГ. ОБЗОР.....	258
Л.К. Оразжанова, Ж.С. Касымова, Ж.Ж. Нуртазина, Д.К. Асержанов, К.К. Кабдулкаримова СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ CHLORELLA VULGARIS.....	275
Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова ТВЁРДЫЙ АДсорбЕНТ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ОСНОВЕ КАРБОНАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ С ПРОМОТИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ.....	291

© **B.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy*, A.S. Sass, I.I. Torlopov,
K.S. Rakhmetova, 2025.**

JSC “D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”,
Almaty, Kazakhstan.
E-mail: albrod@list.ru

SOLID CARBON DIOXIDE ADSORBENT BASED ON ALKALI METAL CARBONATES WITH PROMOTER ADDITIVES

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.khussain@ifce.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9588-1012>;

Brodskiy Aleksandr Rafaelevich — 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, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6216-4738>;

Sass Alexander Sergeyevich — 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, ORCID ID: <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, ORCID ID: <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, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2098-3169>.

Abstract. The state of the environment is an international, transboundary problem. In this context, issues related to the enormous emissions of greenhouse gases by industrialized countries and the global warming process are considered. One of the most significant components of greenhouse gases is carbon dioxide. In this regard, globally, including Kazakhstan, more and more attention is paid to decarbonization issues. Decarbonization includes several aspects, with one of the most important being carbon dioxide capture. The paper describes the procedure for the synthesis of a solid sorbent based on alkali metal carbonates using an original technique, designed to absorb carbon dioxide from flue gases of thermal devices through the adsorption method. The sorbent is a solid material consisting of two or more components: a support (matrix) characterized by good binding properties, an active component - alkali metal carbonates (Na, K, Li) - and additional promoting additives introduced

to increase sorbent activity and strength. Aluminosilicate-based materials (kaolins, etc.) were used as the support. The developed method allows introduction of various promoting additives - oxides of calcium, magnesium and other alkaline earth metals, which provide an increase in the strength and water resistance of the sorbent. In this capacity, TPP ash and asbestos, including as waste products, can also be used, which, as shown in the course of experiments, provide good properties when used as a support or promoter.

Key words: decarbonization, solid sorbents, synthesis of solid sorbents

© **Б.Х. Хусайн, А.Р. Бродский*, А.С. Сасс, И.И. Торлопов,
К.С. Рахметова, 2025.**

«Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты»
АҚ, Алматы, Қазақстан.
E-mail: albrod@list.ru

ПРОМОУТЕРЛІК ҚОСПАЛАРЫ БАР СІЛТІЛІ МЕТАЛЛ КАРБОНАТТАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН КӨМІРҚЫШҚЫЛ ГАЗЫНЫҢ ҚАТТЫ АДСОРБЕНТІ

Хусан Болатбек Хуссанұлы — техника ғылымдарының кандидаты, «Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ Бас директорының орынбасары, Алматы, Қазақстан,

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

Бродский Александр Рафаэлевич — химия ғылымдарының кандидаты, доцент, «Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ физикалық әдістер зертханасының меңгерушісі, Алматы, Қазақстан,

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

Сасс Александр Сергеевич — химия ғылымдарының кандидаты, Технологиялық процестерді модельдеу секторының жетекші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан,

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

Торлопов Иван Игоревич — технологиялық процестерді модельдеу секторының кіші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан,

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

Рахметова Кенжегүл Сағынбайқызы — технологиялық процестерді модельдеу секторының ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан,

E-mail: rahmetova_75@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2098-3169>.

Аннотация. Тіршілік ету ортасының экологиялық жағдайы халықаралық, трансшекаралық мәселе болып табылады. Бұл тұрғыда индустриалды дамыған елдердің парниктік газдардың үлкен шығарындыларына және "жаһандық жылыну" процесіне қатысты мәселелер қарастырылады. Парниктік газдардың маңызды компоненттерінің бірі –көмірқышқыл газы. Осыған байланысты әлемде, соның ішінде Қазақстанда да декарбонизация мәселелеріне көбірек көңіл бөлінуде. Декарбонизация бірнеше аспектілерді қамтиды және ең маңыздыларының бірі-көмірқышқыл газын алу (шығару). Жұмыста жылу құрылғыларының түтін газдарынан көмірқышқыл газын адсорбциялық әдіспен

сіңіруге арналған сілтілі металл карбонаттарына негізделген қатты сорбенттің бастапқы әдісіне сәйкес синтездеу процедурасы сипатталған. Сорбент – бұл екі немесе одан да көп компоненттерден тұратын қатты материал: жақсы байланыстырушы қасиеттерімен сипатталатын тасымалдаушы (матрица), белсенді компонент – сілтілі металл карбонаттары (Na, K, Li) – және сорбенттің белсенділігі мен беріктігін арттыру мақсатында енгізілген қосымша промоторлік қоспалар. Тасымалдаушы (матрица) ретінде алюминий силикаты негізіндегі материалдар (каолиндер және т.б.) болды. Белсенді компонент ретінде сілтілі металдардың карбонаттары мен бикарбонаттары және олардың гидроксидтері сыналды. Ең перспективалы сілтілі металл карбонаттары болды. Өзірленген әдістемеде сіңіргіштің беріктігі мен суға төзімділігін арттыруды қамтамасыз ететін әртүрлі промоторлік қоспаларды – кальций, магний оксидтерін және басқа сілтілі жер металдарын енгізу көзделген. Бұл сапада ЖЭО күлі мен асбест, соның ішінде жергілікті шыққан қалдықтар түрінде де қолданылуы мүмкін, олар эксперименттерде көрсетілгендей, тасымалдаушы немесе промотор ретінде енгізілгенде сіңіргіштің жақсы өнімділігін қамтамасыз етеді. Қатты сорбенттерді қолдану шарттарына байланысты ұнтақ түрінде де, түйіршікті түрінде де алуға болады.

Түйін сөздер: декарбонизация, қатты сорбенттер, қатты сорбенттердің синтезі

**© Б.Х. Хусайн, А.Р. Бродский*, А.С. Сасс, И.И. Торлопов,
К.С. Рахметова, 2025.**

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

ТВЁРДЫЙ АДСОРБЕНТ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ОСНОВЕ КАРБОНАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ С ПРОМОТИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ

Хусайн Болатбек Хусайнович — 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 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 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 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 среды обитания является международной, трансграничной проблемой. В этом контексте рассматриваются вопросы, связанные с огромными выбросами парниковых газов промышленно развитыми странами и процесс глобального потепления. Одним из самых значимых компонентов парниковых газов является диоксид углерода. В связи с этим в мире, а также в Казахстане, вопросам декарбонизации уделяется большое внимание. Декарбонизация включает в себя несколько аспектов и одним из наиболее важных является улавливание диоксида углерода. В работе описывается процедура синтеза по оригинальной методике твердого сорбента на основе карбонатов щелочных металлов, предназначенного для поглощения диоксида углерода из дымовых газов тепловых устройств адсорбционным методом. Сорбент представляет собой твердый материал, состоящий из двух и более компонентов: носителя (матрицы), характеризующейся хорошими связующими свойствами, активного компонента – карбонатов щелочных металлов (Na, K, Li) – и дополнительных промотирующих добавок, вводимых в целях увеличения активности и прочности сорбента. Носителем (матрицей) служили материалы на алюмосиликатной основе (каолины и т.п.). В качестве активного компонента были опробованы карбонаты и бикарбонаты щелочных металлов и их гидроксиды. Наиболее перспективными оказались карбонаты щелочных металлов. Разработанной методикой предусмотрено введение различных промотирующих добавок – оксидов кальция, магния и других щелочноземельных металлов, обеспечивающих увеличение прочности и водостойкости поглотителя. В этом качестве также могут применяться зола ТЭЦ и асбест, в том числе в виде отходов местного происхождения, которые, как показано в ходе экспериментов, при использовании в виде носителя или промотора обеспечивают хорошие характеристики поглотителя. Твердые сорбенты могут быть получены как в виде порошка, так и в гранулированной форме.

Ключевые слова: декарбонизация, твёрдые сорбенты, синтез твёрдых сорбентов

Работа выполнена при финансовой поддержке по программе целевого финансирования МОН РК ИРН BR21882241 «Исследование и разработка комплексной системы улавливания и хранения CO₂ на промышленных объектах Республики Казахстан для сокращения выбросов парниковых газов».

Введение

Экологическое состояние среды обитания является международной, трансграничной проблемой. В этом контексте рассматриваются вопросы, связанные с огромными выбросами парниковых газов промышленно развитыми странами и процесс «Глобального потепления». Одним из самых значимых компонентов парниковых газов является диоксид углерода. В связи с этим в мире, в том числе и Казахстане, вопросам декарбонизации уделяется всё большее внимание (Aminu, et al., 2017; Hüser, et al., 2017; Ахметов, и др., 2020; Adáñez,

et al., 2018; Koons, 2022; Mirza, et al., 2022; Robertson, et al., 2022; Munson, et al., 2022). Являясь подписантом Парижского соглашения (Wang, et al., 2019). Казахстан взял на себя обязательства по снижению эмиссии парниковых газов, в том числе и диоксида углерода. Кроме того, с 2026 года ЕС планирует ввести налог на продукцию тех стран и производителей, которые оставляют высокий углеродный след, а прогнозируемая цена квоты CO₂ к 2030 году составит \$129 за тонну (Adam, et al., 2022). Решение проблемы лежит на пути декарбонизации выбросов дымовых газов тепловых устройств, путём использования эффективных сорбентов для поглощения углекислого газа. Именно вопросам синтеза эффективных сорбентов CO₂ по оригинальной методике посвящена данная работа, являясь продолжением цикла наших статей (Хусаин, и др., 2024; Тельманов, и др., 2024) по декарбонизации.

Разработанной методикой предусмотрено введение различных промотирующих добавок – оксидов кальция, магния и других щелочноземельных металлов, обеспечивающих увеличение прочности и в особенности водостойкости поглотителя (Ильин, и др., 2004; Fu, et al., 2022; Pan, et al., 2023). В этом качестве также могут применяться зола ТЭЦ и асбест, в том числе в виде отходов, местного происхождения, которые, как показано в ходе экспериментов, при введении в виде носителя или промотора обеспечивают высокие характеристики поглотителя.

Материалы и основные методы

Сырьём для получения предлагаемого поглотителя (сорбента) служили:

- носитель – каолины состава Al₂O₃-SiO₂ и другие алюмосиликаты;
- активные компоненты - карбонаты щелочных металлов (сода кальцинированная - Na₂CO₃ или поташ - K₂CO₃);
- промотирующие добавки – оксид кальция (CaO), оксид магния (MgO) и других щелочноземельных металлов, зола уноса ТЭС (элементный состав: O>55,0; Na<0,5; Al ~ 15,0; Si~25,0; S<0,3; Cl<0,3; K~0,3; Ca<0,3; Ti~0,5; Fe~1,3 %, вес.) и асбест хризотилковый (MgSi(OH)₆) для увеличения прочности и водостойкости поглотителя.

Состав дымовых газов определялся с помощью газовых анализаторов семейства OPTIMA 7 (MRU, ФРГ).

Элементный анализ проводился с помощью энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии на энергодисперсионной системе микроанализа INCA Energy 450, установленной на сканирующий электронный микроскоп JSM 6610 LV, JEOL, Япония.

Фазовый состав проводился на автоматизированном рентгеновском дифрактометре Дрон-4-07 Россия. Трубка с кобальтовым анодом.

Режим съёмки:

- скорость развёртки 2 град./мин;
- рабочие параметры трубки: 30 кВ, 20 мА.

Для определения площади удельной поверхности применялся метод БЭТ, по низкотемпературной адсорбции азота. Стандартная методика. Прибор - AccuSorb, фирма Micromeritics, USA.

Результаты и обсуждение.

Известно несколько способов получения адсорбента диоксида углерода, в частности:

- способ получения адсорбента диоксида углерода, в котором для сохранения необходимого для сорбции диоксида углерода содержания воды в качестве модифицирующего агента используют гидроксид натрия и калия и хлорид кальция. Недостатком способа являются небольшая динамическая активность адсорбента, в особенности при эксплуатации в условиях повышенной теплоотдачи;

- способ получения адсорбента диоксида углерода, содержащего гидроксиды щелочноземельных металлов и предназначенного для использования в дыхательных аппаратах. Способ получения адсорбента заключается в формировании гидроксида кальция, сушке гранул и стабилизации адсорбента. На стадии формирования или после сушки в адсорбент вводят модифицирующий агент, в качестве которого используют карбонат калия в количестве 3-10 вес. %. Недостатками способа являются низкая механическая прочность адсорбента на раздавливание и на истирание, в особенности при транспортировке и загрузке, связанная с использованием в качестве носителя малопрочного гидроксида кальция, а также высокие температуры регенерации карбоната кальция, образующегося при поглощении диоксида углерода сорбентом;

- способ удаления CO_2 из газовых потоков, заключающийся в контакте потока с адсорбента, полученного пропиткой пористого оксида алюминия оксидом или солью щелочного или щелочноземельного металла, разлагающимся при термообработке, предпочтительно карбонатом или бикарбонатом натрия или калия с дальнейшим прокаливанием при $350\text{--}700^\circ\text{C}$. Недостатками способа являются применение дефицитного сырья – активного оксида алюминия, получение которого характеризуется высокими затратами энергии и большим количеством сточных вод, а также недостаточная эффективность адсорбента;

- способ удаления диоксида углерода из газовых смесей, такой, что поглотитель получают пропиткой карбонатом калия пористого оксида алюминия, при этом оксид алюминия предварительно обрабатывают щелочным раствором, затем в поры подготовленного таким образом оксида алюминия пропиткой вносят карбонат калия. В качестве щелочного раствора используют раствор гидроксидов или карбонатов щелочных металлов, или любую их смесь. Количество внесенного карбоната калия составляет 5-30 масс. %. Способ удаления диоксида углерода из газовых смесей, в т.ч. для адсорбционного выделения диоксида углерода из атмосферного воздуха в циклических процессах в условиях термической регенерации либо короткоцикловой безнагревной адсорбции заключается в том, что его проводят при температуре $20\text{--}200^\circ\text{C}$ и используют вышеуказанный поглотитель. Недостатками являются применение в качестве носителя поглотителя диоксида углерода дефицитного активного оксида алюминия, а также необходимость использования опасных высокотемпературных щелочных растворов;

- способ получения сорбента для удаления CO_2 с высокой химической

стабильностью на протяжении нескольких циклов, путем соединения глинистого носителя, щелочной соли и аминовой жидкости. Щелочная соль присутствует относительно глинистого субстрата в весовом соотношении 1-50 частей на 100 частей глинистого субстрата. Аминовая жидкость присутствует относительно комбинации глина-щелочь в весовом соотношении 1-10 частей на 10 частей комбинации глина-щелочь. Сорбент CO_2 особенно эффективен в низкотемпературных циклах очистки от CO_2 в газовых потоках с концентрацией CO_2 менее 2000 ppm и концентрацией кислорода около 21% (Fu, et al., 2022). Недостатками являются необходимость использования растворов этаноламинов, характеризующихся резким запахом и высокой токсичностью. Всем этим способам синтеза сорбента диоксида углерода присущи, те или иные недостатки. Процесс приготовления сорбента, предлагаемый и описываемый в настоящей работе учитывает вышеперечисленные проблемы. Его можно условно разделить на три этапа, которые частично описаны в (Ильин, и др., 2004). На первом этапе исходное сырье (носитель, активный компонент и промоторы) взвешивались и тщательно смешивались в необходимой пропорции:

носитель: активный компонент: промотор = 3: 6: 1.

Полученную порошкообразную смесь увлажняли водой до получения влажной массы для формования «лепешки». Массу заворачивали в пленку, прокатывали и выдерживали в течение 90 – 100 мин при комнатной температуре.

На втором этапе из полученной массы получали гранулы, которые формовали на экструзионном аппарате-грануляторе. Сформованные гранулы выдерживали на воздухе при комнатной температуре в течение 18–24 ч. На последнем третьем этапе проводили сушку гранул на воздухе при температуре 250°C в течение 3 – 4 ч. Высушенные гранулы фасовали, что обеспечивало сохранение адсорбционных и структурно-прочностных характеристик. На основе этой методики проводился синтез образцов с их дальнейшим исследованием с целью проверки влияния различных добавок на адсорбционные и структурно-прочностные характеристики сорбента. Предварительными исследованиями было показано, что оптимальное содержание активного компонента в сорбентах типа на основе карбоната натрия составляет ~25%, масс. При большем процентном содержании происходит резкое ухудшение формуемости массы, прочности на раздавливание и истирание, а также влагостойкости гранул. Дальнейшая работа проводилась именно с 25%, масс. содержанием активного компонента. Данные с техническими характеристиками синтезированных сорбентов различного состава приведены в таблице.

Таблица — Технические характеристики гранулированного сорбента «С»

Наименование показателя	Сорбент				
	С-1(6)	С-2(9)	С-3(10)	С-4(7)	С-5
Внешний вид	Гранулы цилиндрической формы белого цвета (допускается бежевый или серый оттенок)				
Размеры гранул, мм:					
– диаметр	$4,00 \pm 0,50$	$4,00 \pm 0,50$	$4,00 \pm 0,50$	$4,00 \pm 0,50$	$4,00 \pm 0,50$
– длина	$12,50 \pm 2,50$	$12,50 \pm 2,50$	$12,50 \pm 2,50$	$12,50 \pm 2,50$	$12,50 \pm 2,50$

Фазовый состав	Na ₂ CO ₃ , каолин	Na ₂ CO ₃ , каолин, CaCO ₃	Na ₂ CO ₃ , каолин, MgO	Na ₂ CO ₃ , каолин, зола ТЭЦ	Na ₂ CO ₃ , каолин, хризотил
Насыпная плотность, г/ см ³	0,69	0,59	0,74	0,70	0,63
Площадь удельной поверхности, м ² /г	21	38	22	20	26
Механическая прочность на раздавливание, МПа, не менее	0,50	1,00	1,00	0,80	0,80
Сорбционная ёмкость по CO ₂ , ммоль/г	3,846	1,250	1,972	2,959	2,543
Диапазон температур десорбции CO ₂ , °C	70–125 200–290	90–135	120–160	85–190	85–175

Сравнение данных, приведённых в таблице, позволяет прийти к нескольким заключениям:

- наилучшие характеристики имеют сорбенты C1; C4; C5;
- диапазон десорбции для сорбента C1 имеет две неперекрывающиеся области, одна из которых расположена в высокотемпературном интервале;
- механические характеристики (прочность на раздавливание) у сорбентов C4; C5 существенно выше чем у C1;
- ёмкость гранул свежеприготовленных сорбентов по отношению к CO₂ после прохождения 10 циклов уменьшается не более чем на 10 – 15%.

Принимая во внимание узкий температурный интервал десорбции для сорбентов C4; C5 и более низкую максимальную температуру по сравнению с сорбентом C1, несмотря на высокую сорбционную ёмкость последнего, можно констатировать большую технологичность использования сорбентов C4; C5, особенно сравнивая величины прочности на раздавливание. Широкий двухдиапазонный температурный интервал и высокая максимальная температура десорбции приводят к высоким энергетическим затратам на процесс регенерации адсорбента. При дальнейшем развитии технологии синтеза сорбенты C4; C5 можно будет рекомендовать для промышленного применения.

Заключение

Резюмируя, можно сделать вывод о существенных преимуществах предлагаемого способа синтеза твёрдого сорбента диоксида углерода.

Отличительными особенностями метода являются:

- использование нетоксичных и не обладающих отрицательными органолептическими свойствами реагентов (носитель, активный компонент, промотирующие добавки);
- использование в качестве носителя каолина или других алюмосиликатов;
- использование в качестве промотирующих добавок оксидов кальция, магния и других щелочноземельных металлов, а также золы ТЭЦ и (или) асбестовой крошки - отходов местных производств;

- твердые сорбенты могут быть получены как в виде порошка, так и в гранулированной форме.

Предложенный способ позволяет использовать местное Казахстанское сырьё, а именно, отходы в виде золы уноса отечественных ТЭЦ и других тепловых устройств, использующих твердое ископаемое топливо, а также отходов в виде мелкодисперсной асбестовой крошки, направляемой в отвалы, от местных производств, применяющих в качестве сырья асбест. Использование подобного рода отходов, помимо прочего, позволит обеспечить их частичную утилизацию и таким образом улучшить состояние окружающей среды.

Литература

- Adam S., Delestre I., Levell P., Miller H. (2022) Tax policies to reduce carbon emissions, *Fisc Stud*, 43:235 — 263. DOI: 10.1111/1475-5890.12308
- Adánez J., Abad A., Mendiara T., Gayán P., García-Labiano F. (2018) Chemical looping combustion of solid fuels, *Prog Energy Combust Sci*, 65:6. — P. 66. DOI: 10.1016/j.peccs.2017.07.005
- Aminu M.D., Nabavi S.A., Rochelle C.A., Manovic V. (2017) A review of developments in carbon dioxide storage, *Appl Energy*, 208:1389. — P. 1419. DOI: 10.1016/j.apenergy. 2017.09.015
- Ахметов В.Р., Смирнов О.В. (2020) Улавливание и хранение диоксида углерода. Проблемы и перспективы, *Башкирский химический журнал*, 27:3:103. — P. 115. DOI: 10.17122/bcj-2020-3-103-115
- Ильин А.П., Прокофьев В.Ю. Физико-химическая механика в технологии катализаторов и сорбентов: Монография. — Иваново: ИГХТУ, 2004. — 316 с. ISBN 5-9616-0049-1
- Koons E. Top Carbon Capture Projects in 2022 — Great Plains. *Energy Tracker Asia* (2022). URL: <https://energytracker.asia/carbon-capture-projects>
- MacGregor C.D.R., Forsyth W.G. (1983) Absorption of carbon dioxide. US Patent 4407723. 04.10.1983.
- Mirza N., Kearns D. Technical report. State of the art: CCS technologies 2022. Global CCS Institute (2022). URL: <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2022/05/State-ofthe-Art-CCS-Technologies-2022.pdf>
- Munson R., Point Source Carbon Capture Program. National Energy Technology Laboratory (2022). URL: <https://netl.doe.gov/coal/carbon-capture/pre-combustion>
- Pan H., Yu C., Suo X., Yang L., Cui X., Xing H. (2023) Emerging porous materials for carbon dioxide adsorptive capture: Progress and challenges, *Mater Chem Front*, 7:6463 — 6482. DOI: 10.1039/D3QM00705G
- Robertson B., Mousavian M. Shute Creek – world's largest carbon capture facility sells CO₂ for oil production, but vents unsold. IEEFA (2022). URL: <https://ieefa.org/articles/shute-creek-worlds-largest-carbon-capture-facility-sells-co2-oilproduction-vents-unsold>
- Siriwardane R.V., Rosencwaig S. (2015) Method of preparation of a CO₂ removal sorbent with high chemical stability during multiple cycles. US Patent 9079160. 14.07.2015.
- Slaugh L.H., Willis C.L. (1984) CO₂ removal from gaseous streams. US Patent 4433981. 28.02.1984.
- Симаненков С.И., Александрова Т.И., Кулаков Н.И., Путин Б.В. (1998) Способ получения адсорбента диоксида углерода. Патент на изобретение Российской Федерации № 2152251
- Тельманов М.М., Хусаин Б.Х., Хусаин А.Х., Бродский А.Р. (2024) Создание цифровых двойников, включая модуль декарбонизации, при моделировании и визуализации систем очистки дымовых газов промышленных предприятий, *Доклады НАН РК*, 352:4:179-194. DOI: 10.32014/2023.2518 — 1483.318
- Wang X., Zheng H., Wang Z., Shan Y., Meng J., Liang X., Feng K., Guan D. (2019) Kazakhstan's CO₂ emissions in the post-Kyoto Protocol era: Production-and consumption-based analysis, *J Environ Manag*, 249:109393. DOI: 10.1016/j.jenvman.2019.109393
- Fu L., Ren Z., Si W., Ma Q., Huang W. (2022) Research progress on CO₂ capture and utilization technology, *J CO₂ Util*, 66:102260. DOI: 10.1016/j.jcou.2022.102260

Hüser N., Schmitz O., Kenig E.Y. (2017) A comparative study of different amine-based solvents for CO₂-capture using the rate-based approach, *Chem Eng Sci*, 157:221 — 231. DOI: 10.1016/j.ces.2016.06.027

Хусаин Б.Х., Бродский А.Р., Сасс А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С. Предварительная очистка газов тепловых устройств в технологии декарбонизации, *Доклады НАН РК*, 349:1:271-282. DOI: 10.32014/2024.2518 — 1483.272

Шаронов В.Е., Окунев А.Г., Губарь А.В., Аристов Ю.И. (2003) Поглотитель диоксида углерода и способ удаления диоксида углерода из газовых смесей. Патент на изобретение Российской Федерации № 2244586

References

Adam S., Delestre I., Levell P., Miller H. (2022) Tax policies to reduce carbon emissions, *Fisc Stud*, 43:235-263. DOI: 10.1111/1475 — 5890.12308 (in Eng.)

Adánez J., Abad A., Mendiara T., Gayán P., García-Labiano F. (2018) Chemical looping combustion of solid fuels, *Prog Energy Combust Sci*, 65:6. — P. 66. DOI: 10.1016/j.pecs.2017.07.005 (in Eng.)

Akhmetov V.P., Smirnov O.V. (2020) Upravlyanie i hranenie dioksida ugleroda. Problemy i perspektivy [Carbon dioxide capture and storage. Problems and perspectives]. *Bashkir Chemical Journal*, 27:3:103 — P. 115. DOI: 10.17122/bcj-2020-3- 103-115 (in Russ.)

Aminu M.D., Nabavi S.A., Rochelle C.A., Manovic V. (2017) A review of developments in carbon dioxide storage, *Appl Energy*, 208:1389. — P. 1419. DOI: 10.1016/j.apenergy. 2017.09.015 (in Eng.)

Fu L., Ren Z., Si W., Ma Q., Huang W. (2022) Research progress on CO₂ capture and utilization technology, *J CO₂ Util*, 66:102260. DOI: 10.1016/j.jcou.2022.102260 (in Eng.)

Hüser N., Schmitz O., Kenig E.Y. (2017) A comparative study of different amine-based solvents for CO₂-capture using the rate-based approach, *Chem Eng Sci*, 157:221 — 231. DOI: 10.1016/j.ces.2016.06.027 (in Eng.)

Il'in A.P., Prokof'ev V.Ju. *Fiziko-himicheskaya mekhanika v tekhnologii katalizatorov i sorbentov* [Physicochemical Mechanics in Catalyst and Sorbent Technology]: Monograph. Ivanovo: ISUTU, 2004. 316 p. ISBN 5-9616-0049-1 (in Russ.)

Koons E. Top Carbon Capture Projects in 2022 — Great Plains. *Energy Tracker Asia* (2022). URL: <https://energytracker.asia/carbon-capture-projects> (in Eng.)

Khussain B.Kh., Brodskiy A.R., Sass A.S., Torlopov I.I., Rakhmetova K.S. (2024) Predvaritel'naya oshistka gazov teplovykh ustroystv v tekhnologii dekarbonizatsii [Preliminary treatment of thermal devices' emissions in decarbonization technology]. Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 349:1:271 — 282. DOI: 10.32014/2024.2518-1483.272 (in Russ.)

MacGregor C.D.R., Forsyth W.G. (1983) Absorption of carbon dioxide. US Patent 4407723. 04.10.1983 (in Eng.)

Mirza N., Kearns D. Technical report. State of the art: CCS technologies 2022. Global CCS Institute (2022). URL: <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2022/05/State-ofthe-Art-CCS-Technologies-2022.pdf> (in Eng.)

Munson R., Point Source Carbon Capture Program. National Energy Technology Laboratory (2022). URL: <https://netl.doe.gov/coal/carbon-capture/pre-combustion> (in Eng.)

Pan H., Yu C., Suo X., Yang L., Cui X., Xing H. (2023) Emerging porous materials for carbon dioxide adsorptive capture: Progress and challenges, *Mater Chem Front*, 7:6463 — 6482. DOI: 10.1039/D3QM00705G (in Eng.)

Robertson B., Mousavian M. Shute Creek – world's largest carbon capture facility sells CO₂ for oil production, but vents unsold. IEEFA (2022). URL: <https://ieefa.org/articles/shute-creek-worlds-largest-carbon-capture-facility-sells-co2-oilproduction-vents-unsold> (in Eng.)

Sharonov V.E., Okunev A.G., Gubar' A.V., Aristov Ju.I. (2003) Poglotitel' dioksida ugleroda i sposob udaleniya dioksida ugleroda iz gazovykh smesey [Carbon dioxide absorbent and method for removing carbon dioxide from gas mixtures]. Russian Federation Invention Patent No. 2244586 (in Russ.)

Simanenkova S.I., Aleksandrova T.I., Kulakov N.I., Putin B.V. (1998) Sposob polucheniya adsorbenta dioksida ugleroda [Method for producing a carbon dioxide adsorbent]. Russian Federation Invention Patent No. 2152251 (in Russ.)

Siriwardane R.V., Rosencwaig S. (2015) Method of preparation of a CO₂ removal sorbent with high chemical stability during multiple cycles. US Patent 9079160. 14.07.2015 (in Eng.)

Slaugh L.H., Willis C.L. (1984) CO₂ removal from gaseous streams. US Patent 4433981. 28.02.1984 (in Eng.)

Telmanov M.M., Khussain B.Kh., Khussain A.Kh., Brodskiy A.R. (2024) Sozdanie cifrovyyh dvojnikov, vklyuchaya modul' dekarbonizatsii, pri modelirovanii i vizualizatsii sistem ochistki dymovyh gazov promyshlennykh predpriyatij [Creation of digital twins, including the decarbonization module, in modelling and visualization of flue gas cleaning systems in industrial plants], Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 352:4:179-194. DOI: 10.32014. — 2023.2518 — 1483.318 (in Russ.)

Wang X., Zheng H., Wang Z., Shan Y., Meng J., Liang X., Feng K., Guan D. (2019) Kazakhstan's CO₂ emissions in the post-Kyoto Protocol era: Production-and consumption-based analysis, J Environ Manag, 249:109393. DOI: 10.1016/j.jenvman. — 2019. — 109393 (in Eng.)

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>

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 23.06.2025.

Формат 60x88¹/₈.

18,0 п.л. Заказ 2.