

ISSN 2518-1491 (Online),
ISSN 2224-5286 (Print)



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ
АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN

SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
4 (461)

OCTOBER – DECEMBER 2024

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 4

Редакция алқасы:

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мынжасарұлы (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» Халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) Н = 11

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь) Н = 13

СТРНАД Мирослав, профессор, Чехия ғылым академиясының Эксперименттік ботаника институтының зертхана меңгерушісі (Оломоуц, Чехия) Н = 66

БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-дың бірінші проректоры (Алматы, Қазақстан) Н = 11

ХОХМАНН Джудит, Сегед университетінің Фармацевтика факультетінің Фармакогнозия кафедрасының меңгерушісі, Жаратылыстану ғылымдарының пәнаралық орталығының директоры (Сегед, Венгрия) Н = 38

РОСС Самир, PhD докторы, Миссисипи университетінің Өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу ұлттық орталығы, Фармация мектебінің профессоры (Оксфорд, АҚШ) Н = 35

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, философия докторы (PhD, фармацевт), Рединг университетінің профессоры (Рединг, Англия) Н = 40

ТЕЛТАЕВ Бағдат Бұрханбайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі (Алматы, Қазақстан) Н = 13

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджида Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдард университетінің Шығыс медицина факультеті (Карачи, Пәкістан) Н = 21

ФАЗЫЛОВ Серік Драхметұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Органикалық синтез және көмір химиясы институты директорының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары (Қарағанды, Қазақстан) Н = 6

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробекқызы, химия ғылымдарының докторы, профессор, Қырғызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Қырғызстан) Н = 4

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, химия ғылымдарының докторы, профессор, Тәжікстан ҒА академигі, В.И. Никитин атындағы Химия институты (Душанбе, Тәжікстан) Н = 6

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджидоглы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҰҒА академигі (Баку, Әзірбайжан) Н = 13

ГАРЕЛИК Хемда, философия докторы (PhD, химия), Халықаралық таза және қолданбалы химия одағының Химия және қоршаған орта бөлімінің президенті (Лондон, Англия) Н = 15

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы»

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № **KZ66VPY00025419** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *органикалық химия, бейорганикалық химия, катализ, электрохимия және коррозия, фармацевтикалық химия және технологиялар.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тиражы: 300 дана.

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

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/archiv>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы РҚБ, 2024

Редакцияның мекенжайы: 050100, Алматы қ., Қонаев к-сі, 142, «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институты» АҚ, каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) Н = 4

Редакционная коллегия:

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан) Н = 11

АГАБЕКОВ В ладимир Енокович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь) Н = 13

СТРНАД Мирослав, профессор, заведующий лабораторией института Экспериментальной ботаники Чешской академии наук (Оломоуц, Чехия) Н = 66

БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, Первый проректор КазНУ имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н = 11

ХОХМАНН Джудит, заведующий кафедрой Фармакогнозии Фармацевтического факультета Университета Сегеда, директор Междисциплинарного центра естественных наук (Сегед, Венгрия) Н = 38

РОСС Самир, доктор PhD, профессор Школы Фармации национального центра научных исследований растительных продуктов Университета Миссисипи (Оксфорд, США) Н = 35

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, доктор философии (Ph.D, фармацевт), профессор Университета Рединга (Рединг, Англия) Н = 40

ТЕЛЬГАЕВ Багдат Бурханбайулы, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан) Н = 13

ФАРУК Асана Дар, профессор колледжа Восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет Восточной медицины университета Хамдарда (Карачи, Пакистан) Н = 21

ФАЗЫЛОВ Серик Драхметович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углехимии (Караганда, Казахстан) Н = 6

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробековна, доктор химических наук, профессор, академик НАН Кыргызстана, Институт химии и химической технологии НАН КР (Бишкек, Кыргызстан) Н = 4

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, доктор химических наук, профессор, академик АН Таджикистана, Институт химии имени В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, Таджикистан) Н = 6

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджид оглы, доктор химических наук, профессор, академик НАНА (Баку, Азербайджан) Н = 13

ГАРЕЛИК Хемда, доктор философии (Ph.D, химия), президент Отдела химии и окружающей среды Международного союза чистой и прикладной химии (Лондон, Англия) Н = 15

«Известия НАН РК. Серия химии и технологий».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (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 № KZ66VPY00025419, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *органическая химия, неорганическая химия, катализ, электрохимия и коррозия, фармацевтическая химия и технологии.*

Периодичность: 4 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

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

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/archiv>

© РОО Национальная академия наук Республики Казахстан, 2024

Адрес редакции: 050100, г. Алматы, ул. Кунаева, 142, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

Editor in chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, president of NAS RK, general director of JSC "Institute of fuel, catalysis and electrochemistry named after D.V. Sokolsky (Almaty, Kazakhstan) H = 4

Editorial board:

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich (deputy editor-in-chief) doctor of chemical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the international Scientific and production holding «Phytochemistry» (Karaganda, Kazakhstan) H = 11

AGABEKOV Vladimir Enokovich (deputy editor-in-chief), doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of Chemistry of new materials (Minsk, Belarus) H = 13

STRNAD Miroslav, head of the laboratory of the institute of Experimental Botany of the Czech academy of sciences, professor (Olomouc, Czech Republic) H = 66

BURKITBAYEV Mukhambetkali, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, first vice-rector of al-Farabi KazNU (Almaty, Kazakhstan) H = 11

HOHMANN Judith, head of the department of pharmacognosy, faculty of Pharmacy, university of Szeged, director of the interdisciplinary center for Life sciences (Szeged, Hungary) H = 38

ROSS Samir, Ph.D., professor, school of Pharmacy, national center for scientific research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA) H = 35

KHUTORYANSKY Vitaly, Ph.D., pharmacist, professor at the University of Reading (Reading, England) H = 40

TELTAYEV Bagdat Burkhanbayuly, doctor of technical sciences, professor, corresponding member of NAS RK, ministry of Industry and infrastructure development of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan) H = 13

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid college of Oriental medicine. faculty of Oriental medicine, Hamdard university (Karachi, Pakistan) H = 21

FAZYLOV Serik Drakhmetovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, deputy director for institute of Organic synthesis and coal chemistry (Karaganda, Kazakhstan) H = 6

ZHOROBEKOVA Sharipa Zhorobekovna, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Kyrgyzstan, Institute of Chemistry and chemical technology of NAS KR (Bishkek, Kyrgyzstan) H = 4

KHALIKOV Jurabay Khalikovich, doctor of chemistry, professor, academician of the academy of sciences of Tajikistan, institute of Chemistry named after V.I. Nikitin AS RT (Tajikistan) H = 6

FARZALIEV Vagif Medzhid ogly, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan) H = 13

GARELIK Hemda, PhD in chemistry, president of the department of Chemistry and Environment of the International Union of Pure and Applied Chemistry (London, England) H = 15

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology.

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (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. **KZ66VPY00025419**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *organic chemistry, inorganic chemistry, catalysis, electrochemistry and corrosion, pharmaceutical chemistry and technology.*

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 300 copies.

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

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2024

Editorial address: JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel, catalysis and electrochemistry», 142, Kunayev str., of. 310, Almaty, 050100, tel. 291-62-80, fax 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224–5286

Volume 4, Number 461 (2024), 195–207

<https://doi.org/10.32014/2024.2518-1491.261>

МРНТИ 61.01.94, 87.17

УДК 504.054;66.074.5

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

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

Almaty, Kazakhstan.

E-mail: albrod@list.ru

UNIVERSAL FASTENER ASSEMBLY FOR INSTALLATION OF NEUTRALIZATION MODULES IN INDUSTRIAL FLUES 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, ORCID ID: <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, ORCID ID: <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, 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: rakhmetova_75@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2098-3169>.

Abstract. Decarbonization, as a systemic problem for Kazakhstan, is becoming increasingly urgent. The Republic ranks 64th in the ranking of countries with the worst air pollution index. The share of harmful emissions from industrial enterprises exceeds 85%. In 2020, the Ministry of Ecology cited data that a total of more than 2.5 million tons of waste are emitted into the air each year. This figure increases by 100 thousand tons annually.

One of the main sources of air pollution are energy generating enterprises. In Kazakhstan, ~75% of electricity is generated from coal and oil products. The consequences of using coal as an energy source are most severe. During its burning, nitrogen- and sulfur-containing oxides, volatile organic compounds, ash, dust and CO₂, as well as metals are released, dispersing over large areas.

Decarbonization technology as a process can be greatly complicated by the presence

of the above components in the flue gases. Therefore, preliminary treatment is necessary, since no sorbent or membrane for CO₂ extraction can withstand long-term “pressure” from dust particles and toxic impurities.

At the same time, the installation of gas cleaning systems, including those using catalytic modules in flue gas ducts (pipes) of industrial enterprises, is associated with certain difficulties associated with changes in the strength characteristics of flue gas ducts and an increase in the gas-dynamic resistance for exhaust gases inside them.

This work is devoted to solving this problem by using a universal fastening unit for installing catalytic neutralization modules in industrial smoke exhausts during preliminary treatment of flue gases in decarbonization technology. The work describes the design of the universal fastening unit and provides its diagram.

Keywords: decarbonization, gas treatment, catalysis, fastening unit

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

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

E-mail: albrod@list.ru

ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯСЫНДАҒЫ ӨНЕРКӘСІПТІК КӘСІПОРЫНДАРДЫҢ ТҮТІН МҰРЖАЛАРЫНА БЕЙТАРАПТАНДЫРУ МОДУЛЬДЕРІН ОРНАТУҒА АРНАЛҒАН ӘМБЕБАП БЕКІТКІШ ЖИНАҒЫ

Хусаин Болатбек Хусанұлы – техника ғылымдарының кандидаты, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты» 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. Декарбонизация Қазақстан үшін жүйелі мәселе ретінде өзекті бола түсуде. Республика ауаның ластану индексі нашар елдер рейтингінде 64-ші орында тұр. Өнеркәсіптік кәсіпорындардан зиянды заттар шығарындыларының үлесі 85% - дан асады. 2020 жылы Экология министрлігі жыл сайын ауаға 2,5 млн. тоннадан астам қалдық шығарылатыны туралы деректер келтірді. Бұл көрсеткіш жыл сайын 100 мың тоннаға артып келеді.

Атмосфераны ластаудың негізгі көздерінің бірі энергия өндіруші кәсіпорындар. Қазақстанда электр энергиясының ~ 75%-ы көмір мен мұнай өнімдерінен өндіріледі. Көмірді энергия тасымалдаушы ретінде пайдаланудың салдары ең ауыр болып табылады. Оны жағу кезінде азот пен күкірті бар оксидтер, ұшпа органикалық қосылыстар, күл, шаң және CO₂, сондай-ақ үлкен аумақтарға таралуы мүмкін металдар бөлінеді.

Процесс ретінде декарбонизация технологиясы жоғарыда аталған компоненттердің түтін газдарының құрамында болуымен қатты қиындауы мүмкін. Сондықтан алдын ала тазалау қажет, себебі, көмірқышқыл газын алу үшін бірде бір сорбент немесе мембрана шаң бөлшектері мен улы қоспалардан ұзақ «қысымға» төтеп бере алмайды. Сонымен қатар, газ тазарту жүйелерін, оның ішінде катализдік модульдерді пайдалана отырып, өнеркәсіптік кәсіпорындардың түтін шығарғыштарына (кұбырларына) орнату түтін шығарғыштардың беріктік сипаттамаларының өзгеруіне және олардың ішіндегі шығатын газдар үшін газ-динамикалық кедергінің артуына байланысты белгілі бір қиындықтармен байланысты.

Бұл жұмыс дәл осы мәселені декарбонизация технологиясында түтін газдарын алдын-ала тазарту кезінде өнеркәсіптік кәсіпорындардың түтін мұржаларына катализдік бейтараптандыру модульдерін орнату үшін әмбебап бекіту қондырғысын қолдану арқылы шешуге арналған. Жұмыста бекіткіштердің әмбебап жинағының дизайны сипатталған және оның схемасы келтірілген.

Түйін сөздер: декарбонизация, газдары тазалау, катализ, бекіткіш жинағы

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

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

УНИВЕРСАЛЬНЫЙ УЗЕЛ КРЕПЕЖА ДЛЯ УСТАНОВКИ МОДУЛЕЙ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ В ДЫМООТВОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ

Хусаин Болатбек Хусанович – 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. Декарбонизация, как системная проблема для Казахстана, становится всё более актуальной. Республика занимает 64-е место в рейтинге стран с худшим индексом загрязнения воздуха. Доля выбросов вредных веществ от промышленных предприятий превышает 85%. В 2020 году министерство экологии привело данные, что суммарно каждый год в воздух выбрасывается более 2,5 млн. тонн отходов. Этот показатель ежегодно увеличивается на 100 тыс. тонн.

Одним из основных источников загрязнения атмосферы являются энергогенерирующие предприятия. В Казахстане ~ 75% электроэнергии вырабатывается из угля и нефтепродуктов. Последствия использования угля в качестве энергоносителя являются наиболее тяжёлыми. При его сжигании выделяются азот- и серосодержащие оксиды, летучие органические соединения, зола, пыль и CO_2 , а также металлы, которые могут рассеиваться на больших площадях.

Технология декарбонизации как процесса может быть сильно осложнена присутствием в дымовых газах вышеперечисленных компонентов. Следовательно, необходима предварительная очистка, поскольку ни один сорбент или мембрана для извлечения диоксида углерода не выдержит длительного «давления» со стороны пылевых частиц и отравляющих примесей. Вместе с тем, установка систем газоочистки, в том числе с использованием каталитических модулей в дымоотводы (трубы) промышленных предприятий, сопряжена с определёнными трудностями, связанными с изменением прочностных характеристик дымоотводов и возрастания газодинамического сопротивления для отходящих газов внутри них.

Данная работа посвящена решению именно этой проблемы путём использования универсального узла крепежа для установки модулей каталитической нейтрализации в дымоотводы промышленных предприятий при предварительной очистке дымовых газов в технологии декарбонизации. В работе описывается конструкция универсального узла крепежа и приводится его схема.

Ключевые слова: декарбонизация, очистка газов, катализ, узел крепежа.

Работа выполнена при финансовой поддержке по программе целевого финансирования МОН РК ИРН BR21882241 «Исследование и разработка комплексной системы улавливания и хранения CO_2 на промышленных объектах Республики Казахстан для сокращения выбросов парниковых газов».

Введение

Экологическое состояние окружающей среды, особенно воздушного бассейна, не замыкается в национальных границах того или иного государства, а является

трансграничной, международной проблемой. Один из основных аспектов этой проблемы - снижение углеродного следа промышленных производств. Несмотря на то, что в мировом научном сообществе большое внимание уделяется вопросам декарбонизации (Adánez, et al, 2018; Koons, 2022; Mirza, et al, 2022; Robertson, et al, 2022; Munson, et al, 2022; Hüser, et al, 2017; Ахметов, и др., 2020; Aminu, et al, 2017), в настоящее время в мире насчитывается менее 30 крупных промышленных объектов в 10 странах, где улавливается и используется углекислый газ.

Казахстан подписал Парижское соглашение (Wang, et al, 2019), обязавшись снижать эмиссию парниковых газов. В связи с этим декарбонизация как системная проблема для Казахстана становится всё более актуальной. Республика занимает 64-е место в рейтинге стран с худшим индексом загрязнения воздуха. Доля выбросов вредных веществ от промышленных предприятий превышает 85%. В 2020 году Министерство экологии привело данные, по которым суммарно каждый год в воздух выбрасывается более 2,5 млн. тонн отходов. Этот показатель ежегодно увеличивается на 100 тыс. тонн. Необходимо учесть, что, с 2026 года ЕС планирует ввести налог на продукцию тех стран, которые оставляют высокий углеродный след (Adam, et al, 2022).

В Казахстане принята Программа газификации, и угольная генерация должна постепенно замещаться газовой, но, в ряде случаев, полностью эту замену произвести невозможно из-за логистических проблем и больших финансовых затрат (Mukhtarov, et al, 2020; Постановление Правительства РК, 2014; Постановление Правительства РК, 2022), кроме того, использование газа в качестве топлива не исключает выделения в атмосферу большого количества оксидов углерода.

Решение проблемы – создание систем выделения, сбора и утилизации CO₂. Диоксид углерода может найти широкое применение в народном хозяйстве (теплицы, производство соды и метанола, газирование напитков, пожаротушение, сварка, сухой лед, топливо, удобрения и т.д.).

Одним из основных источников загрязнения атмосферы являются энергогенерирующие предприятия. В Казахстане ~ 75% электроэнергии вырабатывается при использовании угля и нефтепродуктов. Вместе с тем, последствия использования угля в качестве энергоносителя наиболее тяжёлые (Марченко, 2019; Няшина, и др., 2017; Госс, и др., 2005). При его сжигании выделяются оксиды серы и азота, летучие органические соединения, зола, пыль, CO₂ и металлы, рассеивающиеся на больших площадях.

Технология декарбонизации как процесса может быть сильно осложнена присутствием в дымовых газах вышеперечисленных компонентов. Следовательно, необходима предварительная очистка, поскольку ни один сорбент или мембрана для извлечения диоксида углерода не выдержит длительного «давления» со стороны пылевых частиц и отравляющих примесей.

Вместе с тем, установка систем газоочистки, в том числе с использованием каталитических модулей в дымоотводы (трубы) промышленных предприятий,

сопряжена с определёнными трудностями, связанными с изменением прочностных характеристик дымоотводов и возрастания газодинамического сопротивления для отходящих газов внутри них (Kumar, 2020; Siwek, et al, 2018; Zhu, et al, 2024).

Данная работа посвящена решению именно этой проблемы и продолжает цикл статей, посвящённых вопросам декарбонизации, начатый работой (Хусаин, и др., 2024). Решение предлагается на пути использования универсального узла крепежа для установки модулей каталитической нейтрализации в дымоотводы промышленных предприятий при предварительной очистке дымовых газов в технологии декарбонизации. В работе описывается конструкция универсального узла крепежа и приводится его схема.

Материалы и основные методы

Для создания универсального узла крепежа использовалась конструкционная углеродистая сталь – СТ 3. Химический состав материала включает следующие элементы:

- железо – 97%;
- углерод – 0,14-0,22%;
- никель, медь, хром – каждый не больше 0,3%;
- марганец - 0,4-0,65%;
- кремний - 0,05-0,17%;
- мышьяк менее 0,08%;
- серы не более 0,05%;
- фосфор менее 0,04%.

Углерод определяет твёрдость, прочность, пластичность, показатели свариваемости, физико-механические свойства стали. Легирующие элементы в структуре этого сплава, которые влияют на его характеристики – это марганец, хром, медь и никель. Сера и фосфор – вредные примеси.

Элементный состав материала контролировался с помощью энергодисперсионной рентгенофлуоресцентной спектроскопии с использованием энергодисперсионной системы микроанализа INCA Energy 450, установленной на сканирующий электронный микроскоп JSM 6610 LV, JEOL, Япония.

Свойства стали «ст3», требования к химическому составу, методы контроля и данные о международном стандарте качества регламентируются и соответствуют ГОСТу 380-2005.

Результаты и обсуждение

Обзор известных способов установки систем очистки непосредственно в дымоотводы промышленных предприятий показал, что этим методам присущ целый набор недостатков, затрудняющих их применение.

В частности, известно устройство для осуществления высокотемпературной каталитической обработки отработавших газов сгорания промышленных установок, которое содержит корпус, включающий в себя неподвижную часть

и элемент крышки, установленный на неподвижной части для перемещения из рабочего положения, закрывающего отверстие, в открытое положение, обеспечивающее доступ во внутреннее пространство внутри неподвижной части через отверстие, а также монтажный узел для стабильной установки каталитических нейтрализаторов как в осевом, так и периферическом направлении внутри корпуса, так, что во время работы выхлопные газы проходят только через каналы в каталитических блоках. Монтажный узел позволяет извлекать каталитические блоки из внутреннего пространства неподвижной части корпуса, когда закрывающий элемент перемещается в открытое положение для обслуживания, в то время как неподвижная часть остается закрепленной в пределах пути потока газа для приема другого каталитического блока нейтрализатора (Crothers, 1991).

Недостатком устройства являются значительные нагрузки, возникающие при его креплении на вертикальную дымовую трубу и связанные с тем, что в месте вставки устройства труба разрезается как минимум на половину профиля. Возникающие нагрузки в реальных условиях эксплуатации обуславливают неустойчивость всей конструкции.

Известно устройство, представляющее собой промышленный каталитический нейтрализатор со съёмным каталитическим блоком и выступающим наружу объемом для вставки и извлечения съёмного каталитического блока, причем на блоке закреплена твердая насадка таким образом, что, когда блок расположен в корпусе нейтрализатора, твердая насадка выступает в канал для вставки блока и, по крайней мере, частично блокирует поток выхлопных газов вокруг каталитического элемента (Newbury, 2002).

К недостаткам устройства относится то, что в ходе эксплуатации корпус каталитического нейтрализатора характеризуется пустотой («карманом») между катализатором и дверцей. Этот «карман» может служить источником утечек проходящих вредных газов и подводимого к корпусу тепла. Кроме того, наличие такого «кармана» обуславливает дополнительные механические нагрузки, связанные с пульсационными перепадами давления в корпусе, и увеличение газодинамического сопротивления.

Известно устройство каталитического нейтрализатора, которое включает в себя корпус со впускным и выпускным отверстиями, камеру со съёмным каталитическим блоком, отверстие с дверцей для доступа к блоку и внутреннюю уплотняющую поверхность, охватывающую периферию впускного или выпускного отверстий в камере. Каталитический блок вставляется в камеру и извлекается из нее через отверстие с дверцей. Механизм фиксации блока обеспечивает съёмную опору блока внутри камеры, так, что перемещение каталитического блока в поперечном направлении одновременно перемещает узел каталитического блока в осевом направлении. Механизм фиксации блока обеспечивает герметичное сцепление с впускным или выпускным отверстием, тем самым обеспечивая движение потока через каталитический блок между ними (Muter, et al, 1991).

Недостатком является форма корпуса каталитического нейтрализатора, которая в связи с универсальностью его конструкции необязательно соответствует форме

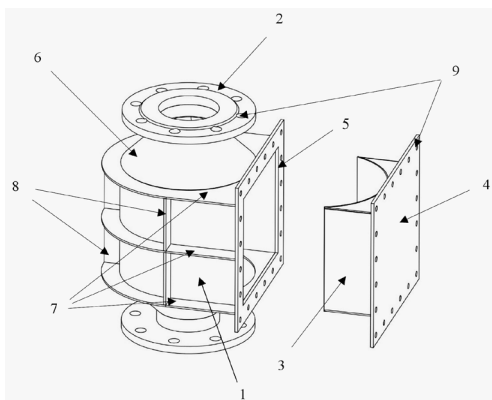
каталитического блока, вставляемого в него, и, хотя в описываемом изобретении каталитический блок в ходе эксплуатации жестко закреплен внутри аппарата с помощью специального механизма фиксации, свободное пространство между стенками каталитического блока и стенками корпуса нейтрализатора образует «карман», который может служить источником утечек проходящих вредных газов, тепла, а также источником дополнительных механических нагрузок, связанных с перепадами давления в корпусе, и дополнительного газодинамического сопротивления.

Известно устройство, представляющее собой корпус модульного каталитического нейтрализатора, который включает в себя различные функции для обслуживания и крепления каталитических блоков, прокладок и фильтрующих элементов. Корпус содержит впускное и выпускное отверстия для выхлопных газов, съемный каталитический блок, дверцу, обеспечивающую доступ к каталитическому блоку, прикрепленную к корпусу с возможностью перемещения между закрытым герметичным и открытым негерметичным положениями (Roe, et al, 2009).

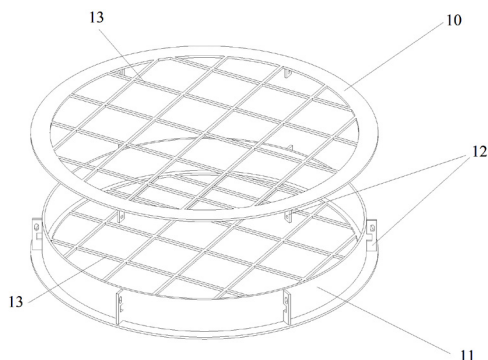
Недостатком является отсутствие ребра жесткости в конструкции дверцы для вставки и извлечения каталитического блока. В связи с этим описываемая конструкция нейтрализатора характеризуется недостаточной прочностью и жёсткостью, ввиду того что возникающие напряжения из-за отсутствия ребра жесткости будут концентрироваться в локальных областях (местах) конструкции. Отсутствуют специальные приспособления для предотвращения или уменьшения турбулентных завихрений, снижения газодинамического сопротивления.

В разработанном и описанном в настоящей работе универсальном узле крепежа для установки модулей каталитической нейтрализации дымовых газов в дымоотводы промышленных предприятий учтены и устранены все вышеперечисленные недостатки.

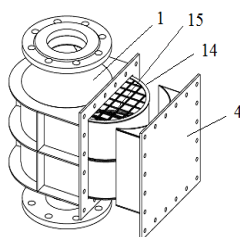
Схема устройства универсального узла крепежа с защитной кассетой для установки модулей каталитической нейтрализации дымовых газов в дымоотводы печей промышленных предприятий приведена на рисунке 1.



а



б



в

а - корпус универсального узла крепежа для установки блока каталитического нейтрализатора в защитной кассете в систему дымоотвода; б - защитная кассета для размещения блока каталитического нейтрализатора, предохраняющая от механических воздействий; в - универсальный крепежный узел в сборе с защитной кассетой и с размещённым внутри блоком каталитического нейтрализатора

1 - корпус универсального узла крепежа; 2 - фланец для крепления к трубе универсального узла крепежа; 3 - сегментная заглушка; 4 - крышка сегментной заглушки;
 5 - фланец для крепления сегментной заглушки; 6 - конусность крепежного узла;
 7 - «kozyрьки» - горизонтальные ребра жесткости; 8 - вертикальные ребра жесткости;
 9 - отверстия для крепежных болтов; 10 - верхняя решётчатая крышка кассеты;
 11 - нижняя решётчатая крышка кассеты с выступающим ободом для размещения блока каталитического нейтрализатора; 12 - проушины с отверстиями под болты для крепления верхней и нижней крышек кассеты друг к другу; 13 - рёбра решёток на верхней и нижней крышках кассеты; 14 - защитная кассета блока каталитического нейтрализатора; 15 - блок каталитического нейтрализатора внутри защитной кассеты.

Рисунок 1 - Схема устройства универсального узла крепежа с защитной кассетой для установки модулей каталитической нейтрализации дымовых газов в дымоотводы печей промышленных предприятий

Отличительными особенностями предлагаемого универсального узла крепежа являются:

- крепежный узел блока нейтрализатора, в целях сохранения прочностных характеристик дымовых труб и упрощения процедуры монтажа, выполнен с боковым вырезом на половину профиля дымовой трубы, снабжен «kozyрьком»,

усиленным ребрами жесткости в виде уголков, кроме того, крепёжный узел имеет сегментную заглушку для герметизации корпуса и устранения «мертвого» объема;

- конусность крепёжного узла по месту стыковки с дымовой трубой должна быть не менее 50° для предотвращения возникновения турбулентных завихрений;

- защитная кассета, где размещён блок каталитического нейтрализатора, в собранном (неразборном) виде помещается в узел крепежа и предохраняет блок каталитического нейтрализатора от механических воздействий в процессе установки и эксплуатации;

- отношение диаметра корпуса нейтрализатора, установленного в защитную кассету узла крепежа, к внутреннему диаметру трубы должно составлять не менее 1:1,5 для снижения газодинамического сопротивления блока каталитического нейтрализатора как целого и предотвращения срабатывания систем блокировки.

- блок каталитического нейтрализатора любого назначения (очистка дымовых газов от различных вредных компонентов) может быть выполнен на металлической или керамической основе, иметь любые геометрические размеры с сохранением цилиндрической формы, иметь любое количество каналов, с любой геометрией сечения, в том числе и хаотичного.

Заключение

Описанный универсальный узел крепежа может применяться при установке систем очистки отходящих дымовых газов тепловых устройств промышленных предприятий, имеющих дымоотводы на естественной тяге.

Положительным результатом использования данного универсального узла крепежа будет:

- размещение в защитной кассете, в системах дымоотвода печей как высокой, так и малой мощности, блоков каталитических нейтрализаторов на металлической или керамической основе с любыми геометрическими размерами, количеством каналов, с любой геометрией сечения, в том числе и хаотичного, без ухудшения прочностных характеристик и уменьшения естественной тяги;

- предотвращение механических повреждений каталитических блоков нейтрализации, как в процессе монтажа, так и при их эксплуатации.

Резюмируя, необходимо отметить, что описанный в настоящей работе универсальный узел крепежа с защитной кассетой может устанавливаться на системах очистки отходящих дымовых газов всех промышленных предприятий, имеющих системы дымоотвода на естественной тяге. Возможно его применение и при установке систем очистки от вредных компонентов на любые тепловые устройства, в том числе на водогрейные котлы, печи подогрева малой мощности.

Технических решений, совпадающих с совокупностью существенных признаков разработанного универсального узла крепежа, в литературе не выявлено, что позволяет сделать вывод о новизне описанной конструкции.

Литература

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

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.)

Ахметов В.Р., Смирнов О.В. (2020) Улавливание и хранение диоксида углерода. Проблемы и перспективы, *Башкирский химический журнал*, 27:3:103-115. DOI: 10.17122/bcj-2020-3-103-115

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

Crothers W.J., Jr. Catalytic converter with replaceable carrier assembly. US Patent 5169604. 30.10.1991.

Госс Д., Миллер Э.Ч. (2005) Побочные продукты сжигания угля в США: Проблемы и возможности. Материалы II Международной научно-практической конференции. С. 149.

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. – 2024. – Т. 1, № 349. – С. 271-282.

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.)

Kumar P. Topics on Selective Catalyst Reduction // Design and Development of Heavy-Duty Diesel Engines: A Handbook / ed. P.A. Lakshminarayanan, A.K. Agarwal. – 2020. – P. 195-236. ISBN 978-981-15-0970-4.

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

Марченко М.В. (2019) Уменьшение выбросов оксидов серы и методы сероочистки дымовых газов в энергетических установках, Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова, Белгород, С.2251-2254. (in Russ.)

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-of-the-Art-CCS-Technologies-2022.pdf> (in Eng.)

Mukhtarov S., Humbatova S., Seyfullayev I., Kalbiyev Y. (2020) The effect of financial development on energy consumption in the case of Kazakhstan, *J Appl Econ*, 23:75-88. DOI: 10.1080/15140326.2019.1709690 (in Eng.)

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

Muter J.P., Liu H. Catalytic converter apparatus. US Patent 9101905. 30.10.1991.

Няшина Г.С., Шлегель Н.Е., Лырщиков С.Ю. (2017) Снижение выбросов при сжигании углей, водоугольных и органомоугольных топлив, *Химия твердого топлива*, 6:26-32. DOI: 10.7868/S0023117717060044 (in Russ.)

Newburry D.M. Catalytic converter and catalyst element therefor. US Patent 7157060. 24.10.2002.

Постановление Правительства Республики Казахстан. Об утверждении Генеральной схемы газификации Республики Казахстан на 2015–2030 годы: утв. 4 ноября 2014 года, № 1171. (in Russ.)

Постановление Правительства Республики Казахстан. Об утверждении Комплексного плана развития газовой отрасли Республики Казахстан на 2022–2026 годы: утв. 18 июля 2022 года, № 488. (in Russ.)

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.)

Roe T., Kapsos D., Warner J., Bahr R., Degnan J., Marsh D., Trumm K. Catalyst housing converter. US Patent 8062602. 11.11.2009.

Siwek M., Chmielewski A.G. Process engineering aspects of diesel engine off gases treatment: A Report. – Warszawa, Poland: Institute of Nuclear Chemistry and Technology, 2018. – 73 p. (INCT Reports: Series A).

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.)

Zhu Y., Yu J., Zhang J., Shi J., Wan Q., Xia C. Strength analysis of high-pressure SCR system based on thermo-fluid-solid coupling // *Atmosphere*. – 2024. – Vol. 15, Is. 8. – 877.

References

- Adánez J., Abad A., Mendiara T., Gayán P., García-Labiano F. (2018) Chemical looping combustion of solid fuels, *Prog Energy Combust Sci*, 65:6-66. DOI: 10.1016/j.pecs.2017.07.005 (in Eng.)
- Koons E. Top Carbon Capture Projects in 2022 – Great Plains. *Energy Tracker Asia* (2022). URL: <https://energytracker.asia/carbon-capture-projects> (in Eng.)
- Technical report. State of the art: CCS technologies 2022. Global CCS Institute (2022). URL: <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2022/05/State-of-the-Art-CCS-Technologies-2022.pdf> (in Eng.)
- 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.)
- Point Source Carbon Capture Program. National Energy Technology Laboratory (2022). URL: <https://netl.doe.gov/coal/carbon-capture/pre-combustion> (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.)
- Akhmetov V.P., Smirnov O.V. (2020) Carbon dioxide capture and storage. Problems and perspectives, *Bashkir Chemical Journal [Bashkirskiy khimicheskij zhurnal]*, 27:3:103-115. 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*, 208:1389-1419. DOI: 10.1016/j.apenergy.2017.09.015 (in Eng.)
- 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.)
- 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.)
- Mukhtarov S., Humbatova S., Seyfullayev I., Kalbiyev Y. (2020) The effect of financial development on energy consumption in the case of Kazakhstan, *JAppl Econ*, 23:75-88. DOI: 10.1080/15140326.2019.1709690 (in Eng.)
- Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan. On the approval of the General Scheme for the Gasification of the Republic of Kazakhstan for 2015-2030: approved on November 4, 2014, No. 1171. (in Russ.)
- Resolution of the Government of the Republic of Kazakhstan. On the approval of the Comprehensive Plan for the Development of the Gas Industry of the Republic of Kazakhstan for 2022-2026: approved on July 18, 2022, No. 488. (in Russ.)
- Marchenko M.V. (2019) Reduction of sulfur oxides emissions and methods of flue gas desulfurization in power devices, *International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of BSTU named after V.G. Shukhov, Belgorod*, P. 2251-2254. (in Russ.)
- Nyashina G.S., Shlegel N.E., Lyrshchikov S.Yu. (2017) Reduction of emissions during the combustion of coals, water-coal, and organo-water-coal fuels, *Solid Fuel Chemistry [Khimiya tverdogo topliva]*, 6:26-32. DOI: 10.7868/S0023117717060044 (in Russ.)
- Goss D., Miller gvE.C. (2005) By-products of coal combustion in the US: Problems and opportunities. *Materials of the II International Scientific-Practical Conference*. P.149. (in Russ.)
- Kumar P. *Topics on Selective Catalyst Reduction // Design and Development of Heavy Duty Diesel Engines: A Handbook / ed. P.A. Lakshminarayanan, A.K. Agarwal. – 2020. – P. 195-236. ISBN 978-981-15-0970-4.*
- Siwek M., Chmielewski A.G. *Process engineering aspects of diesel engine off gases treatment: A Report. – Warszawa, Poland: Institute of Nuclear Chemistry and Technology, 2018. – 73 p. (INCT Reports: Series A).*
- Zhu Y., Yu J., Zhang J., Shi J., Wan Q., Xia C. *Strength analysis of high-pressure SCR system based on thermo-fluid-solid coupling // Atmosphere. – 2024. – Vol. 15, Is. 8. – 877.*
- Khussain B.Kh., Brodskiy A.R., Sass A.S., Torlopov I.I., Rakhmetova K.S. *Pre-treatment of gases from thermal devices in decarbonization technology // Reports NAS RK. – 2024. – Vol. 1, Is. 349. – P. 271-282.*

Crothers W.J., Jr. Catalytic converter with replaceable carrier assembly. US Patent 5169604. 30.10.1991.

Newburry D.M. Catalytic converter and catalyst element therefor. US Patent 7157060. 24.10.2002.

Muter J.P., Liu H. Catalytic converter apparatus. US Patent 9101905. 30.10.1991.

Roe T., Kapsos D., Warner J., Bahr R., Degnan J., Marsh D., Trumm K. Catalyst housing converter. US Patent 8062602. 11.11.2009

МАЗМҰНЫ

ХИМИЯ

- Г.Е. Азимбаева, Г.Н. Кудайбергенова, А.К. Камысбаева, Н.М. Курбанбаева, Ш. Балқашбай**
ТОПИНАМБУР ЖӘНЕ ГЕОРГИН ЖАПЫРАҚТАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫНДАҒЫ
МАЙ ҚЫШҚЫЛДАРЫН АНЫҚТАУ.....5
- Ж.С. Байзакова, Е.В. Солодова, А.Т. Кожабергенов, С. Қозықан, Л.К. Бупебаева**
ЕТ ӨНДІРУ ПРОЦЕСІН ТЕХНОХИМИЯЛЫҚ БАҚЫЛАУ ШАРАЛАРЫ.....16
- Г.Ж. Байсалова, А.Б. Жунусова, А.Б. Шукирбекова, Б.Б. Торсыкбаева, Б.С. Иманғалиева**
PSORALEA DRUPACEA ВВЕ ТАМЫРЫНАН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ
КЕШЕНДЕРДІ ЭКСТРАКЦИЯЛАУ ҮДЕРІСІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....34
- Ә.С. Дәулетбаев, Қ.А. Қадирбеков, А.Д. Алтынбек, М.Ш. Сулейменова, С.О. Абилкасова, Л.М. Калимолдина**
УРАН ӨНДІРУ КЕЗІНДЕГІ КАТИОНДЫҚ ЖӘНЕ АНИОНДЫҚ ҚҰРАМЫНЫҢ
КОНЦЕНТРАЦИЯЛАРЫ МЕН СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ.....43
- Н. Жумашева, М. Турсынбек, Ф. Султанов, А. Ментбаева, Л. Кудреева, Ж. Бакенов**
ЛИТИЙ-КҮКІРТТІ АККУМУЛЯТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН НИКЕЛЬ
ОКСИДІНІҢ НАНОБӨЛШЕКТЕРІ БАР КҮРІШ ҚАУЫЗЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН
КЕУЕКТІ ГРАФЕН ТӘРІЗДІ КӨМІРТЕКТІ КОМПОЗИТ.....58
- Д.Т. Касымова, Г.Е. Жусупова**
LIMONIUM GMELINII ӨСІМДІГІНЕН АЛЫНҒАН ӨСІМДІК ЭКСТРАКТТАРЫ
БАР ЖЕРГІЛІКТІ ҚОЛДАНУҒА АРНАЛҒАН ГЕЛЬДЕРДІ ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ
БАҒАЛАУ.....75
- Б.К. Кенжалиев, Т.С. Өмірбек, А.Н. Беркинбаева, Ш. Сәулебекқызы, Н.М. Төлегенова,**
МИКРОТОЛҚЫНДЫ ӨНДЕУ АРҚЫЛЫ ӨНДІРІСТІК КЛИНКЕРДЕН
МЫРЫШТЫ АЛУ: ФАЗАЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ЖӘНЕ
ШАЙМАЛАУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ.....94

| | |
|--|-----|
| Д.М. Кенжебеков, А.Е. Хусанов, И. Иристаев, А. Жолшыбек, Д.Ж. Джанабаев БҰРАЛҒАН ПРОФИЛЬДІ ЖОЛАҚ ТҮРІНДЕГІ АҒЫН ИНТЕНСИФИКАТОРЫМЕН «ҚҰБЫР ІШІНДЕГІ ҚҰБЫР» ЖЫЛУАЛМАСУ АППАРАТЫН МУЛЬТИФИЗИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ..... | 111 |
| М.К. Құрманалиев, Ж.Е. Шаихова, Ж.Д. Алимкулова, С.О. Әбілқасова, С.Т. Дауметова СІЛТІЛІК МЕТАЛЛ ИОНДАРЫН ЭКСТРАКЦИЯЛАУҒА АРНАЛҒАН ЖАҢА ТАҢДАМАЛЫ СОРБЕНТТЕР..... | 129 |
| Д.С. Сейтбеков, Е.С. Ихсанов, Koji Matsuoka КАСПИЙ СОРТАҢЫ ӨСІМДІГІНІҢ ЖЕР ҮСТІ БӨЛІГІНЕН ЛИОФИЛИЗАЦИЯ ӘДІСІМЕН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАР КЕШЕНІН АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ..... | 138 |
| С.К. Смаилов, Е.Ж. Габдуллина, Ж.Т. Лесова, Э.К. Асембаева, Д.Е. Нурмуханбетова ТҮЙЕ ТІКЕНЕКТІ (<i>ALHAGI KIRGISORUM S.</i>) ӨСІМДІКТЕРДІҢ ПОЛИФЕНОЛДЫҚ ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ ҚЫЗМЕТІ..... | 152 |
| Л. Султанова, Г.Мусина, А. Аманжолова, К.Ерланова, М.Аяпберген НАТРИЙ ДИТИОФОСФАТЫНЫҢ МАРГАНЕЦ РУДАЛАРЫНЫҢ ҮЛГІЛЕРІНЕ ҚАТЫСТЫ ФЛОТАЦИЯЛЫҚ ҚАБІЛЕТІНЕ ЖИНАҒЫШТАР ШЫҒЫМЫНЫҢ ӘСЕРІ..... | 165 |
| А.К. Токтабаева, Р.К. Рахметуллаева, Г.С. Ирмухаметова, А.Ж. Аликулов N-(2-ВИНИЛОКСИЭТИЛ)-N-(2-ЦИАНОЭТИЛ) АМИН (ВОЭЦЭА) НЕГІЗІНДЕГІ ГИДРОГЕЛЬДІҢ ФАЗАЛЫҚ АУЫСУ ТЕМПЕРАТУРАСЫН БЕТТІК АКТИВТІ ЗАТТАРМЕН РЕТТЕУ..... | 175 |
| М.Я. Хакимов, Д.Т.Абдулетип, П.И. Уркимбаева, Г.С. Ирмухаметова, З.А. Кенесова, ПОЛИВИНИЛ СПИРТІ, 2-ГИДРОКСИЭТИЛ-АКРИЛАТ ЖӘНЕ N-ВИНИЛКАПРОЛАКТАМ НЕГІЗІНДЕГІ СОПОЛИМЕРЛЕРДЕН БАКТЕРИЦИДТІК ҚАСИЕТІ БАР ГИДРОГЕЛЬДІ ТАҢҒЫШТАРДЫ АЛУ..... | 186 |
| Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯСЫНДАҒЫ ӨНЕРКӘСІПТІК КӘСПОРЫНДАРДЫҢ ТҮТІН МҰРЖАЛАРЫНА БЕЙТАРАПТАНДЫРУ МОДУЛЬДЕРІН ОРНАТУҒА АРНАЛҒАН ӘМБЕБАП БЕКІТКІШ ЖИНАҒЫ..... | 195 |

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ

- Г.Е. Азимбаева, Г.Н. Кудайбергенова, А.К. Камысбаева, Н.М. Курбанбаева, Ш. Балқашбай**
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ЛИСТЬЕВ
ТОПИНАМБУРА И ГЕОРГИН.....5
- Ж.С. Байзакова, Е.В. Солодова, А.Т. Кожабергенов, С. Козыкан, Л.К. Бупебаева**
МЕРЫ ТЕХНОХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В ПРОЦЕССЕ
ПРОИЗВОДСТВА МЯСА.....16
- Г.Ж. Байсалова, А.Б. Жунусова, А.Б. Шукирбекова, Б.Б. Торсыкбаева, Б.С. Имангалиева**
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ
КОМПЛЕКСОВ ИЗ КОРНЕЙ PSORALEA DRUPACEA VGE.....34
- А.С. Даулетбаев, К.А. Кадирбеков, А.Д. Алтынбек, М.Ш. Сулейменова, С.О. Абилкасова, Л.М. Калимолдина**
ИЗУЧЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ И ХАРАКТЕРИСТИК КАТИОННОГО И
АНИОННОГО СОСТАВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ УРАНА.....43
- Н. Жумашева, М. Турсынбек, Ф. Султанов, А. Ментбаева, Л. Кудреева, Ж. Бакенов**
ПОРИСТЫЙ ГРАФЕНОПОДОБНЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ КОМПОЗИТ НА
ОСНОВЕ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ С НАНОЧАСТИЦАМИ ОКСИДА НИКЕЛЯ
ДЛЯ ЛИТИЙ-СЕРНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ.....58
- Д.Т. Касымова, Г.Е. Жусупова**
РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА ГЕЛЕЙ ДЛЯ МЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ С
РАСТИТЕЛЬНЫМИ ЭКСТРАКТАМИ ИЗ РАСТЕНИЙ ВИДА LIMONIUM
GMELINIИ.....75
- Б.К. Кенжалиев, Т.С. Омирбек, А.Н. Беркинбаева, Ш. Саулебеккызы, Н.М. Толегенова**
ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦИНКА ИЗ ПРОМЫШЛЕННОГО КЛИНКЕРА С ПОМОЩЬЮ
МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ: ОПТИМИЗАЦИЯ ФАЗОВЫХ
ПРЕОБРАЗОВАНИЙ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ.....94

- Д.М. Кенжебеков, А.Е. Хусанов, И. Иристаев, А. Жолшыбек,
Д.Ж. Джанабаев**
МУЛЬТИФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОГО
АППАРАТА «ТРУБА В ТРУБЕ» С ИНТЕНСИФИКАТОРОМ ПОТОКА В
ВИДЕ ВИТОЙ ПРОФИЛИРОВАННОЙ ЛЕНТЫ.....111
- М.К. Курманалиев, Ж.Е. Шаихова, Ж.Д. Алимкулова, С.О. Абилкасова,
С.Т. Дауметова**
НОВЫЕ СЕЛЕКТИВНЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ
ИОНОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ.....129
- Д.С. Сейтбеков, Е.С. Ихсанов, Koji Matsuoka**
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПЛЕКСА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ
ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ ЛИОФИЛИЗАЦИИ ИЗ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ
СОЛЯНОКОЛОСНИКА ПРИКАСПИЙСКОГО.....138
- С.К. Смаилов, Е.Ж. Габдуллина, Ж.Т. Лесова, Э.К. Асембаева,
Д.Е. Нурмуханбетова**
БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЛИФЕНОЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ
РАСТЕНИЙ ВЕРБЛЮЖЬЕЙ КОЛЮЧКИ (ALHAGI KIRGISORUM S).....152
- Л. Султанова, Г. Мусина, А. Аманжолова, К. Ерланова, М. Аяпберген**
ВЛИЯНИЕ ВЫХОДА НАКОПИТЕЛЕЙ НА ФЛОТАЦИОННУЮ
СПОСОБНОСТЬ ДИТИОФОСФАТА НАТРИЯ ПО ОТНОШЕНИЮ
К ОБРАЗЦАМ МАРГАНЦЕВЫХ РУД.....165
- А.К. Токтабаева, Р.К. Рахметуллаева, Г.С. Ирмухаметова, А.Ж. Аликулов**
РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА ГИДРОГЕЛЯ
НА ОСНОВЕ N-(2-ВИНИЛОКСИЭТИЛА)-N-(2-ЦИАНОЭТИЛА) АМИНА
(ВОЭЦЭА) ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ.....175
- М.Я. Хакимов, Д.Т. Абдулетип, П.И. Уркимбаева, Г.С. Ирмухаметова,
З.А. Кенесова**
ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРОГЕЛЕВЫХ ПОВЯЗОК НА ОСНОВЕ СОПОЛИМЕРОВ
ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА, 2-ГИДРОКСИЭТИЛАКРИЛАТА И
N-ВИНИЛКАПРОЛАКТАМА С БАКТЕРИЦИДНЫМ
ДЕЙСТВИЕМ.....186
- Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова**
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ УЗЕЛ КРЕПЕЖА ДЛЯ УСТАНОВКИ МОДУЛЕЙ
НЕЙТРАЛИЗАЦИИ В ДЫМОТВОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ.....195

CONTENTS

CHEMISTRY

| | |
|--|-----|
| G.E. Azimbayeva, G.N. Kudaibergenova, A.K. Kamysbayeva, N.M. Kurbanbayeva, Sh. Zh. Balkhashbay DETERMINATION OF FATTY ACIDS IN THE COMPOSITION OF JERUSALEM ARTICHOKE AND DAHLIA LEAVES..... | 5 |
| Zh.S. Baizakova, E.V. Solodova, A.T. Kozhabergenov, S. Kozykan, L.K. Bupebaeva TECHNOCHEMICAL CONTROL MEASURES IN THE PROCESS OF MEAT PRODUCTION..... | 16 |
| G.Zh. Baisalova, A.B. Zhunisova, A.B. Shukirbekova, B.B. Torsykbaeva, B.S. Imangaliyeva OPTIMIZATION OF THE EXTRACTION PROCESS OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPLEXES FROM PSORALEA DRUPACEA BGE ROOTS..... | 34 |
| A.S. Dauletbayev, K.A. Kadirbekov, A.D. Altynbek, M.Sh. Suleimenova, S.O. Abilkasova, L.M. Kalimoldina STUDY OF CONCENTRATION AND CHARACTERISTICS OF CATION AND ANION COMPOSITION IN URANIUM PRODUCTION..... | 43 |
| N. Zhumasheva, M. Tursynbek, F. Sultanov, A. Mentbaeva, L. Kudreyeva, Z. Bakenov RICE HUSK-BASED POROUS GRAPHENE-LIKE CARBON COMPOSITE WITH NICKEL OXIDE NANOPARTICLES FOR LITHIUM-SULFUR BATTERIES..... | 58 |
| D.T. Kassymova, G.E. Zhusupova DEVELOPMENT AND EVALUATION OF TOPICAL HERBAL GELS WITH PLANT EXTRACTS FROM LIMONIUM GMELINII..... | 75 |
| B.K. Kenzhaliyev, T.S. Omirbek, A.N. Berkinbayeva, Sh. Saulebekkyzy, N.M. Tolegenova MICROWAVE-ASSISTED ZINC EXTRACTION FROM INDUSTRIAL CLINKER: OPTIMIZING PHASE TRANSFORMATIONS AND ENHANCING LEACHING EFFICIENCY..... | 94 |
| D.M. Kenzhebekov, A.Ye. Khussanov, I. Iristaev1, A. Zholshybek, D.Zh. Dzhanabayev MULTIPHYSICAL MODELING OF A PIPE-IN-PIPE HEAT EXCHANGER WITH A FLOW INTENSIFIER IN THE FORM OF A TWISTED PROFILED STRIP..... | 111 |

| | |
|--|-----|
| M.K. Kurmanaliev, Zh.E. Shaikhova, Zh.D. Alimkulova, S.O.Abilkasova, S.T. Daumetova NEW SELECTIVE SORBENTS FOR THE EXTRACTION OF ALKALI METAL IONS..... | 129 |
| D.S. Seitbekov, E.S. Ihsanov, Koji Matsuoka TECHNOLOGY FOR OBTAINING A COMPLEX OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES BY LYOPHILIZATION FROM THE ABOVEGROUND PART OF THE HALOSTACHYS CASPICA..... | 138 |
| S.K. Smailov, E.Zh. Gabdullina, J.T. Lesova, E.K. Assembayeva, D.E. Nurmukhanbetova BIOLOGICAL ACTIVITY OF POLYPHENOLIC COMPOUND FROM ALHAGY (ALHAGI KIRGISORUM S) PLANTS..... | 152 |
| L. Sultanova, G.Musina, A. Amanzholova, K.Erlanova, M.Ayapbergen THE EFFECT OF STORAGE YIELD ON THE FLOTATION CAPACITY OF SODIUM DITHIOPHOSPHATE IN RELATION TO SAMPLES OF MANGANESE ORES | 165 |
| A.K. Toktabayeva, R.K. Rakhmetullayeva, G.S. Irmukhametova, A.Z. Alikulov REGULATION OF THE PHASE TRANSITION TEMPERATURE OF A HYDROGEL BASED ON N-(2-VINYLOXYETHYL)-N-(2-CYANOETHYL) AMINE (VOECEA) WITH SURFACTANTS..... | 175 |
| M.Y. Khakimov, D.T.Abduletip, P.I. Urkimbayeva, G.S. Irmukhametova, Z.A. Kenessova OBTAINING HYDROGEL DRESSINGS BASED ON COPOLYMERS OF POLYVINYL ALCOHOL, 2-HYDROXYETHYL ACRYLATE, AND N-VINYLCAPROLACTAM WITH A BACTERIOCIDAL EFFECT..... | 186 |
| B.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy, A.S. Sass, I.I. Torlopov, K.S. Rakhmetova UNIVERSAL FASTENER ASSEMBLY FOR INSTALLATION OF NEUTRALIZATION MODULES IN INDUSTRIAL FLUES IN DECARBONIZATION TECHNOLOGY..... | 195 |

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 described work 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 Cross Check originality detection service <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 сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (Print)

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 17.12.2024.

Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

13,5 п.л. Тираж 300. Заказ 4.