

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



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»
ЧФ «Халық»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN
«Halyk» Private Foundation

**SERIES
CHEMISTRY AND
TECHNOLOGY
2 (459)**

APRIL – JUNE 2024

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK



ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в Astana IT University, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «USTEM Robotics» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «Almaty Digital Ustaz».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится

работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и WoS и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,
Благотворительный Фонд «Халык»!**

Бас редактор:

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/arithiv>

© 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 2, Number 459 (2024), 34–45

<https://doi.org/10.32014/2024.2518-1491.220>

УДК 547.1.661.123:542.941.7:547.36

МРНТИ 31.15.28:31.21.21

© S.N. Akhmetova^{1,2*}, A.S. Auyezkhanova¹, A.K. Zharmagambetova¹, E.T. Talgatov¹,
A.I. Jumekeyeva¹, 2024

¹«D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry» JSC, Almaty,
Kazakhstan;

²Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: sn.akhmetova@mail.ru

STUDY OF THE CATALYTIC PROPERTIES OF HETEROGENEOUS CHITOSAN-STABILIZED CHROMIUM AND IRON CATALYSTS IN LIQUID-PHASE OXIDATION OF ALKANES

Akhmetova Sandugash Nurbolkyzy — master of Science in chemistry, Junior Researcher, Laboratory of Organic Catalysis, JSC “D.V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan
E-mail: sn.akhmetova@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1048-2640>;

Auyezkhanova Assemgul Seitkhanovna — candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher, Laboratory of Organic Catalysis, JSC “D.V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan

E-mail: a.assemgul@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8999-2864>;

Zharmagambetova Alima Kainekeyevna — professor, doctor of Chemical Sciences, Chief Researcher, Laboratory of Organic Catalysis, JSC “D.V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan

E-mail: zhalima@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7494-6005>;

Talgatov Eldar Talgatuly — PhD, Associated Professor, Head of Organic Catalysis, JSC “D.V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan

E-mail: e.talgatov@ifce.kz, <https://orcid.org/0000-0001-8153-4765>;

Jumekeyeva Aigul Iembergenovna — candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Organic Catalysis, JSC “D.V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan
E-mail: jumekeyeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8084-6070>.

Abstract. This study devoted to the creation of polymer-metallic complexes supported on silica grade SBA-15 for the liquid-phase process of alkanes oxidation to valuable oxygen-containing compounds under mild conditions. Chitosan (Chit), which has high sorption activity towards transition metal ions, was used as a polymer-modifier. Available metals such as Fe and Cr were used as the active phase. The synthesis of the catalysts eliminates the use of high-temperature calcination and reduction stages. The results of the study show that the developed catalysts based on metal ions (Fe and Cr) and a natural polymer (Chitosan) have promising catalytic potential in the oxidation of alkanes under mild conditions. Hydrogen peroxide was used as an oxidizer, which is environmentally safe because the product of its decomposition is water. When studying the effect of the substrate nature (n-heptane, n-octane, n-nonane, n-decane) on the oxidation process by hydrogen peroxide, it was found that with increasing molecular weight of the hydrocarbon, from heptane to octane, the conversion decreases and then increases in the oxidation of n-nonane, and then, in the case of n-decane also slightly decreases. On 5%Cr-Chit/SBA-15 and 5 %Fe-Chit/SBA-15 catalytic systems, the highest product yields were observed in the oxidation of n-nonane and are 17.8 % and 11.0 %, respectively.

Keywords: green chemistry; oxidation; alkane; chitosan; support; hydrogen peroxide

© С.Н. Ахметова^{1,2*}, А.С. Ауезханова¹, А.К. Жармагамбетова¹, Э.Т. Талгатов¹,
А.И. Джумекеева¹, 2024

¹«Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты»
АҚ, Алматы, Қазақстан;

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан.
E-mail: sn.akhmetova@mail.ru

АЛКАНДАРДЫҢ СҮЙЫҚ ФАЗАЛЫҚ ТОТЫҒУЫНДА ГЕТЕРОГЕНДІ ХИТОЗАНМЕН ТҰРАҚТАНДЫРЫЛҒАН ХРОМ ЖӘНЕ ТЕМІР КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНЫҢ КАТАЛИТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Ахметова Сандугаш Нұрболқызы — химия ғылымдарының магистрі, АҚ Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институтының органикалық катализ зертханасының кіші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан

E-mail: sn.akhmetova@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1048-2640>;

Әуезханова Әсемгүль Сейтханқызы — химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институтының органикалық катализ зертханасының жетекші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан

E-mail: a.assemgul@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8999-2864>;

Жармагамбетова Алима Кайнекеевна — профессор, химия ғылымдарының докторы, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институтының органикалық катализ зертханасының бас ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан

E-mail: zhalima@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7494-6005>;

Талгатов Эльдар Талатұлы — PhD, қауымдастырылған профессор, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институтының органикалық катализ кафедрасының меңгерушісі, Алматы, Қазақстан

E-mail: e.talgatov@ifce.kz, <https://orcid.org/0000-0001-8153-4765>;

Джумекеева Айгүль Имбергенқызы — химия ғылымдарының кандидаты, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институтының органикалық катализ зертханасының аға ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан

E-mail: jumekeyeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8084-6070>.

Аннотация. Бұл зерттеу жұмсақ жағдайларда алкандардың бағалы оттегі бар қосылыстарға дейін сұйық фазалық тотығу процесін жүзеге асыру үшін SBA-15 маркалы кремний диоксидіне бекітілген полимер-металл кешендерін құруды қарастырады. Полимер-модификатор ретінде өтпелі металл иондарына қатысты жоғары сорбциялық белсенділігі бар хитозан (Хит) қолданылды. Белсенді фаза ретінде Fe және Cr сияқты қол жетімді металдар пайдаланылды. Катализатор синтезі жоғары температурадағы күйдіру және қалпына келтіру кезеңдерін пайдалануды болдырмайды. Зерттеу нәтижелері металл иондары (Fe және Cr) және табиғи полимер (Хитозан) негізінде жасалған катализаторлардың жұмсақ жағдайда алкандардың тотығуында перспективалық каталитикалық потенциалы бар екенін көрсетті. Тотықтырғыш ретінде сутегі асқын тотығы пайдаланылды, ол экологиялық таза, өйткені оның ыдырау өнімі су болып табылады. Сутегі асқын тотығымен тотығу процесінің жүруіне субстрат табиғатының (n-гептан, n-октан, n-нонан, n-декан) әсерін зерттеу кезінде көмірсутектің молекулалық салмағы артқан сайын, яғни гептаннан октанға дейін конверсия төмендейді, содан кейін n-нонан тотығуы кезінде жоғарылайды, ал n-декан тотығуы кезінде біршама төмендейді. 5 % Cr-Хит/SBA-15 және 5 % Fe-Хит/SBA-15 жүйелерінде өнімнің ең жоғары шығымы n-нонанның

тотығуы кезінде байқалды және сәйкесінше 17,8 % және 11,0 % құрады.

Түйін сөздер: жасыл химия; тотығу; алкан; хитозан; тасымалдаушы; сүтегі асқын тотығы

© С.Н. Ахметова^{1,2*}, А.С. Ауезханова¹, А.К. Жармагамбетова¹, Э.Т. Талгатов¹,
А.И. Джумекеева¹, 2024

¹АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы,
Казахстан;

²Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы,
Казахстан.

E-mail: sn.akhmetova@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕТЕРОГЕННЫХ ХИТОЗАН-СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ХРОМОВЫХ И ЖЕЛЕЗНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ В ЖИДКОФАЗНОМ ОКИСЛЕНИИ АЛКАНОВ

Ахметова Сандугаш Нурболовна — магистр химических наук, младший научный сотрудник лаборатории органического катализа АО Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского, Алматы, Казахстан

E-mail: sn.akhmetova@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1048-2640>;

Ауезханова Асемгуль Сейтхановна — кандидат химических наук, ассоциированный профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории органического катализа АО Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского, Алматы, Казахстан

E-mail: a.assemgul@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0002-8999-2864>;

Жармагамбетова Алима Кайнекеевна — профессор, доктор химических наук, главный научный сотрудник лаборатории органического катализа АО Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского, Алматы, Казахстан

E-mail: zhalima@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7494-6005>;

Талгатов Эльдар Талгатулы — PhD, ассоциированный профессор, заведующий кафедрой органического катализа АО Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского, Алматы, Казахстан

E-mail: e.talgatov@ifce.kz, <https://orcid.org/0000-0001-8153-4765>;

Джумекеева Айгуль Имбергеновна — кандидат химических наук, старший научный сотрудник лаборатории органического катализа АО Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского, Алматы, Казахстан

E-mail: jumekeyeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8084-6070>.

Аннотация. В данном исследовании рассматривается создание полимерметаллических комплексов, закрепленных на диоксид кремния марки SBA-15, для жидкофазного процесса окисления алканов до ценных кислородосодержащих соединений в мягких условиях. В качестве полимера-модификатора использовали хитозан (Хит), который обладает высокой сорбционной активностью по отношению к ионам переходных металлов. В качестве активной фазы были использованы доступные металлы, такие как Fe и Cr. Синтез катализаторов исключает использование высокотемпературных стадий прокаливания и восстановления. Результаты исследования показывают, что разработанные катализаторы на основе ионов металлов (Fe и Cr) и природного полимера (хитозан) обладают перспективным каталитическим потенциалом в реакции окисления алканов в мягких условиях. В качестве окислителя использовался пероксид водорода, который является экологически безопасным, так как продуктом его разложения является вода. При исследовании влияния природы субстрата (н-гептан, н-октан, н-нонан, н-декан) на протекание процесса окисления пероксидом водорода было выявлено, что с ростом

молекулярного веса углеводорода, от гептана до октана конверсия снижается, а затем повышается при окислении н-нонана, и затем, в случае н-декана также несколько понижается. На 5 %Cr-Хит/SBA-15 и 5 %Fe-Хит/SBA-15 каталитических системах наибольший выход продуктов наблюдался при окислении н-нонана и составляет 17,8 % и 11,0 %, соответственно.

Ключевые слова: зеленая химия; окисление; алкан; хитозан; носитель; пероксид водорода

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (Грант No AP19679984).

Введение

Основой концепции «зеленой химии» является снижение негативного воздействия химической промышленности на окружающую среду и человеческое здоровье. Основные критерии «зеленой химии» направлены на решение следующих проблем: уменьшение отходов, использование более безопасных реагентов и катализаторов, повышение эффективности процессов и продуктов, а также уменьшение энергозатрат (Torosyan, 2019; Mattiello, 2023). В этом контексте изучение и применение принципов «зеленой химии» в процессах окисления алканов имеет важное значение. Окисление алканов представляет собой важную группу химических реакций, широко применяемых в промышленности для синтеза ценных дорогостоящих продуктов, таких как спирты, альдегиды и кетоны, карбоновые кислоты (Shen, 2018; Yang, 2021). Например, при окислении метана в зависимости от катализатора и условий можно получить метанол, формальдегид, муравьиную кислоту, при окислении бутана, уксусную кислоту, при окислении циклогексана смесь циклогексанона и циклогексанола, называемая КА-ойл (Ouariach, 2015; Yang, 2024; Auyezkhanova, 2023). Однако традиционные промышленные методы окисления алканов часто сопряжены с высокими энергозатратами, образованием токсичных отходов и использованием гомогенных катализаторов, что противоречит принципам «зеленой химии». В связи с этим, последние годы исследователи обратили свое внимание на разработку новых методов окисления алканов, основанных на принципах зеленой химии. Значительный вклад внесли такие работы, как исследование катализаторов на основе наночастиц металлов, разработка биохимических методов окисления, а также применение энергоэффективных и безопасных реагентов (Dong, 2018; Abdi-Khanghah, 2018; Isazade, 2022). Особый интерес вызывает применение полимер-металлических комплексов, нанесенных на неорганические носители, как катализаторов, способных улучшить эффективность процесса окисления. В последнее время актуально использование при конструировании каталитических систем природных полисахаридов, в частности хитозана, в качестве стабилизатора наночастиц переходных металлов (Zharmagambetova, 2019; Nasrollahzadeh, 2020; Zharmagambetova, 2020; Azmana, 2021; Dohendou, 2021). В качестве подложки наночастиц металлов часто используются мезоструктурированные материалы из-за их большой площади поверхности, способности регулировать размер пор и возможности легко изменять модификацию поверхности (Leckie, 2019; Albayati, 2019; Crucianelli 2019).

В данной работе представлены результаты исследований активности и селективности каталитических систем на основе хитозан-стабилизированных ионов хрома и железа, закрепленных на мезоструктурированном диоксиде кремния марки SBA-15, в окислении трудноокисляемых линейных алканов (н-гептан, н-октан, н-нонан, н-декан) пероксидом водорода в мягких условиях.

Материалы и основные методы

Адсорбционный способ приготовления катализаторов предполагает

последовательное осаждение полимера, а затем ионов металлов из водных растворов на неорганический сорбент. Для функции стабилизатора был выбран хитозан (Хит) – водорастворимый и азотсодержащий природный полимер. В качестве активного компонента были выбраны соли металлов хрома и железа ($\text{Cr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ и $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). В качестве носителя использовали мезоструктурированный диоксид кремния марки SBA-15. Содержание металлов в катализаторе составлял 5 %.

В водную суспензию носителя при комнатной температуре и постоянном перемешивании добавляли водный раствор полимера и перемешивали в течение 2 часов. Далее добавляли водный раствор хлорида железа (нитрата хрома) и смесь перемешивали в течение 3 часов. Полученный маточный раствор выдерживали в течение 24 часов, после чего осадок промывали водой и сушили на воздухе при комнатной температуре.

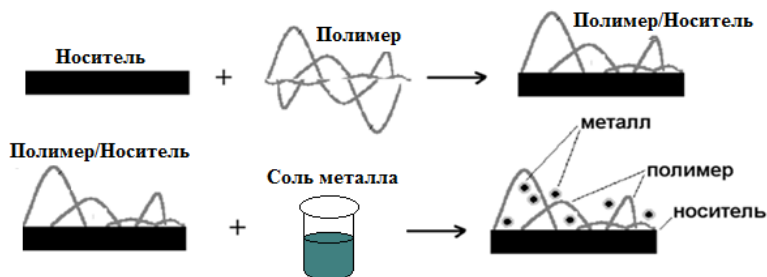
Процесс окисления проводили на лабораторной установке, в стеклянном термостатированном реакторе, соединенного с бюреткой. Были выбраны следующие параметры опыта: ацетонитрил (5 мл), катализатор (0,3 г.), субстрат (1,8 моль/л), окислитель ($[\text{H}_2\text{O}_2] = 0,31 \cdot 10^2$ моль/л), температура реакции 50 °С, давление атмосферное, время опыта – 360 мин.

Качественный и количественный анализ продуктов реакции окисления проводили на хроматографе Хромос ГХ-1000 (Россия) с пламенно-ионизационным детектором в изотермическом режиме с использованием капиллярной колонки ВР21 (FFAP) с полярной фазой (ПЭГ, модифицированный нитротерефталатом) длиной 50 м и внутренним диаметром 0,32 мм. Температура колонки составляла 90 °С, температура инжектора – 200 °С, газом-носителем служил гелий, объем вводимой пробы - 0,2 мкл.

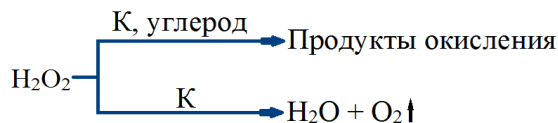
Результаты и обсуждение

Были приготовлены хитозан-содержащие комплексы хрома и железа, нанесенные на диоксид кремния, с содержанием активной фазы 5 %.

В данных катализаторах активным компонентом является комплекс переходных металлов, закрепленный на поверхность твердого носителя с помощью полисахарида. Макромолекула прочно адсорбируется на сорбенте и химически связывается с металлом. Таким образом, образовался гетерогенный катализатор, объединяющий активность гомогенного комплекса, а также стабильность и продуктивность типичных гетерогенных систем за счет применения активной фазы на поверхности носителя:



Окисление алканов пероксидом водорода включает две параллельные конкурирующие реакции: а) каталитическое окисление углеводорода активированным кислородом с образованием целевых продуктов; б) стехиометрическое разложение H_2O_2 на воду и неактивный молекулярный кислород, который выходит из системы в виде газа:



Таким образом, для использования катализатора в реакции окисления алканов пероксидом водорода необходимо, чтобы каталитическая система проявляла активность в реакции разложения пероксида водорода. Поэтому были проведены эксперименты по изучению активности синтезированных 5 %Cr-Хит/SBA-15 и 5 %Fe-Хит/SBA-15 каталитических систем в разложении пероксида водорода. В результате проведенных исследований показано, что реакционная способность 5 %-ном хромовом катализаторе выше, чем на железо-содержащем катализаторе (Рисунки 1а, 2а). Скорость разложения пероксида водорода на 5 %Cr-Хит/SBA-15 и 5 %Fe-Хит/SBA-15 системах составляет $7,5 \cdot 10^{-6}$ моль/с и $4,8 \cdot 10^{-6}$ моль/с, соответственно.

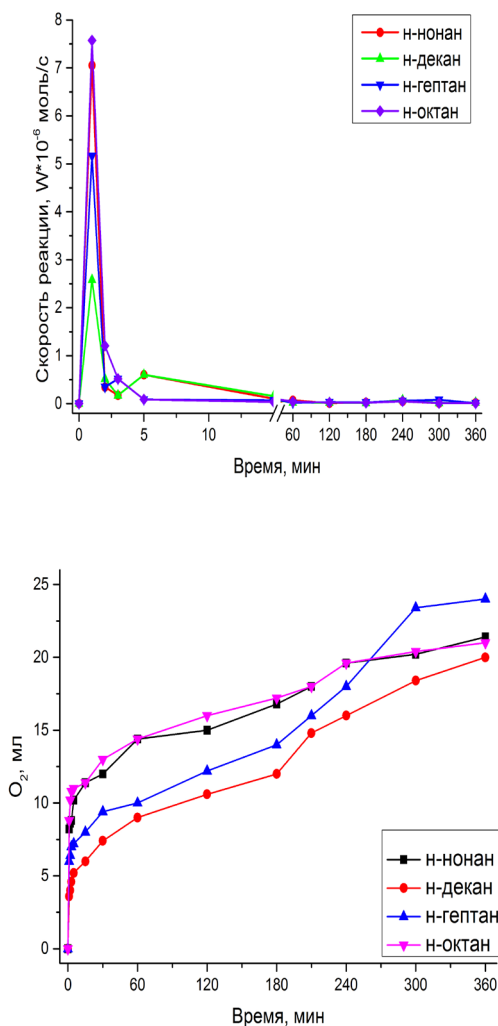
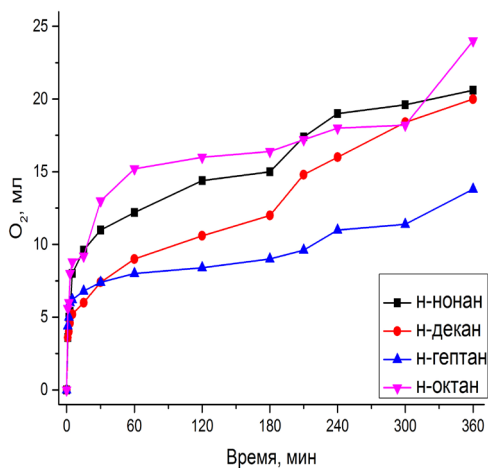
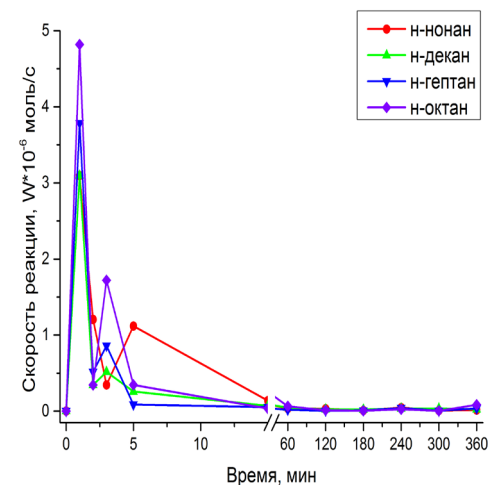


Рисунок 1 – а) Скорость выделения кислорода (а) и количество выделенного кислорода (б) при разложении пероксида водорода (б) на 5%Cr-Хит/SBA-15 катализаторе

Максимальное количество выделившегося кислорода в одинаковых условиях реакции (H_2O_2 – 0,9 мл ($0,31 \cdot 10^2$ моль/л), CH_3CN – 5 мл, $m_{\text{кат}}$ – 0,03 г, T – 50 °С, P – 1 атм, t – 360 мин) на 5 %Cr–Хит/SBA – 15 и 5 %Fe–Хит/SBA–15 системах составляет 24,0 мл и 21,0 мл, соответственно (Рисунки 16, 26). В обоих случаях максимальное количество газа выделяется в первые 5 мин.

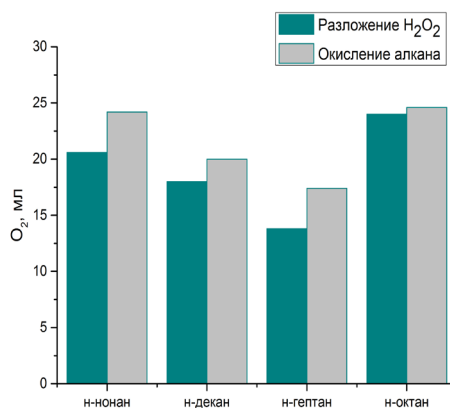
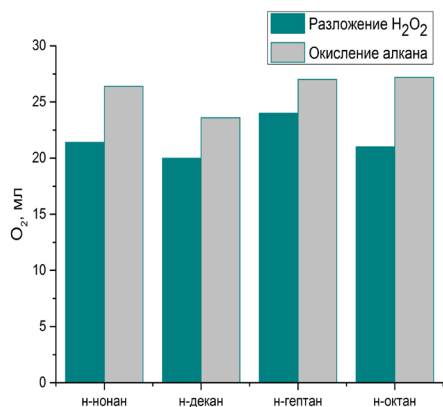


а)

б)

Рисунок 2 – Скорость выделения кислорода (а) и количество выделенного кислорода при разложении пероксида водорода (б) на 5%Fe-Хит/SBA-15 катализаторе

В ходе исследования влияния природы субстрата (н-гептан, н-октан, н-нонан, н-декан) на протекание процесса окисления пероксидом водорода было установлено, что с ростом молекулярного веса углеводорода, от гептана до октана конверсия снижается, а затем повышается при окислении н-нонана, и затем, в случае н-декана также несколько понижается, что, видимо, связано с неодинаковым доступом к активным центрам. В процессе окисления алканов выделяется большее количество кислорода, чем при разложении H_2O_2 (Рисунок 3 а,б).



а)

б)

Рисунок 3 – Количество выделившегося кислорода при разложении H₂O₂ и окислении алкана: а – 5 %Cr-Хит/SBA-15; б – 5 %Fe-Хит/SBA-15

Согласно результатам хроматографического анализа, выявлено, что при окислении н-нонана, н-декана, н-октана и н-гептана наблюдается преимущественное образование кетонов (Таблицы 1, 2). Образование карбоновых кислот и других побочных соединений не наблюдалось (отсутствие RCOOH подтверждалось методом ИКС). Оптимальная эффективность достигается при использовании 5 %Cr-Хит/SBA-15 катализатора. В присутствии 5 %Cr-Хит/SBA-15 конверсия субстрата изменяется следующим образом: 17,8 % (н-нонан) > 11,4 % (н-декан) > 6,0 % (н-гептан) > 4,2 % (н-октан) (Таблица 1).

Аналогичная зависимость наблюдается в присутствии 5%Fe-Хит/SBA-15 катализатора: 11,0% (н-нонан) > 7,4 % (н-декан) > 4,2 % (н-гептан) > 1,6 % (н-октан) (Таблица 2).

Таблица 1
Окисление алканов на 5%Cr-Хит/SBA-15

| Субстрат | Продукты реакции | | Конверсия, % | Селективность, % |
|----------|------------------|-----------|-----------------|---------------------------|
| | кетоны, % | спирты, % | | |
| н-гептан | 5,1 | 0,9 | 6,0 | $S_{\text{кетон}} - 85,0$ |
| н-октан | 3,4 | 0,8 | 4,2 | $S_{\text{кетон}} - 80,9$ |
| н-нонан | 11,8 | 6,0 | 17,8 | $S_{\text{кетон}} - 66,3$ |
| н-декан | 7,0 | 4,4 | 11,4 | $S_{\text{кетон}} - 61,4$ |

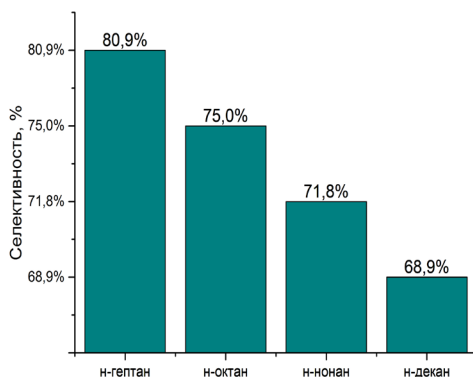
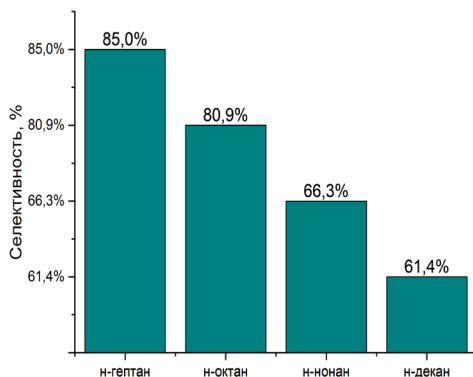
Условия опытов: $m_{\text{кат}} = 0,03\text{г}$; субстрат – 0,3мл; $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0,31 \cdot 10^2 \text{моль/л}$; $\text{CH}_3\text{CN} - 5 \text{мл}$; $T = 50^\circ\text{C}$; $P = 1 \text{атм}$, время реакции – 6ч.

Таблица 2
Окисление алканов на 5%Fe-Хит/SBA-15

| Субстрат | Продукты реакции | | Конверсия, % | Селективность, % |
|----------|------------------|-----------|-----------------|---------------------------|
| | кетоны, % | спирты, % | | |
| н-гептан | 3,4 | 0,8 | 4,2 | $S_{\text{кетон}} - 80,9$ |
| н-октан | 1,2 | 0,4 | 1,6 | $S_{\text{кетон}} - 75,0$ |
| н-нонан | 7,9 | 3,1 | 11,0 | $S_{\text{кетон}} - 71,8$ |
| н-декан | 5,1 | 2,3 | 7,4 | $S_{\text{кетон}} - 68,9$ |

Условия опытов: $m_{\text{кат}} = 0,03\text{г}$; субстрат – 0,3мл; $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0,31 \cdot 10^2 \text{моль/л}$; $\text{CH}_3\text{CN} - 5 \text{мл}$; $T = 50^\circ\text{C}$; $P = 1 \text{атм}$, время реакции – 6ч.

Следует отметить, что с увеличением длины углеводородной цепи селективность по кетону снижается (Рисунок 4 а, б). Отмечается, что с увеличением молекулярного веса углеводорода от гептана до декана (C_7 - C_{10}) селективность по кетону снижается с 85,0 % до 61,4 % на 5 %Cr-Хит/SBA-15 и с 80,9 % до 68,9 % на 5 %Fe-Хит/SBA-15.



а)

б)

Рисунок 4 – Изменение селективности в зависимости от природы субстрата: а – 5 %Cr-Хит/SBA-15;
б – 5 %Fe-Хит/SBA-15

Заключение

Разработаны хитозан-модифицированные катализаторы хрома и железа, закрепленные на мезопористый диоксид кремния марки SBA-15 с содержанием активной фазы 5 % для реакций разложения пероксида водорода и окисления значительно менее реакционноспособных n-алканов при 50 °С и атмосферном давлении. Оптимальным катализатором жидкофазного окисления предельных углеводородов линейного строения является 5 %Cr-Хит/SBA-15, в присутствии которого максимальная конверсия была достигнута при окислении n-нонана и составила 17,8 %.

Таким образом, применение хитозана в создании каталитических систем открывает перспективы для рассмотрения катализаторов, содержащих полисахариды, как потенциально эффективных для процесса низкотемпературного окисления алканов пероксидом водорода.

REFERENCES

- Auyezkhanova A.S., Zhanuzak D.E., Jumekeyeva A.I., Korganbaeva Zh.K., Naizabayev A.A. (2023). Chitosan-stabilized catalysts for cyclohexane oxidation to ka-oil // — *News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Series chemistry and technology*. — 2023. — №457(4). — Pp. 44–53. — <https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.191>
- Abdi-Khanghah M., Adelizadeh M., Naserzadeh Z., Zhang Zh. (2018). n-Decane hydro-conversion over bi- and tri-metallic Al-HMS catalyst in a mini-reactor // — *Chinese Journal of Chemical Engineering*. — 2018. — 26(6). — Pp. 1330–1339. — <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2018.04.007>
- Dohendou M., Pakzad K., Nezafat Z., Nasrollahzadeh M., Dekamin M.G. (2021). Progresses in chitin, chitosan, starch, cellulose, pectin, alginate, gelatin and gum based (nano)catalysts for the Heck coupling reactions: A review // *International Journal of Biological Macromolecules*. — 2021. — 192. — Pp. 771–819. — <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.09.162>
- Dong J., Fernández-Fueyo E., Hollmann F., Paul C. E., Pesic M., Schmidt S., Wang Y., Younes S., Zhang W. (2018). Biocatalytic Oxidation Reactions: A Chemist's Perspective // *Angewandte Chemie*. — 2018. — 130(30). — Pp. 9380–9404. — <https://doi.org/10.1002/ange.201800343>
- Isazade A.F., Mammadova U.A., Asadov M.M., Zeynalov N.A., Tagiev D.B. (2022). Oxidation of n-octane in the presence of manganese-polymer catalyst and selection of the appropriate kinetic model // *Azerbaijan chemical journal*. — 2022. — 3. — Pp. 6–11. — <https://doi.org/10.32737/0005-2531-2022-3-6-11>
- Leckie L., Mapolie S.F. (2019). Triazole complexes of ruthenium immobilized on mesoporous silica as recyclable catalysts for octane oxidation // *Catalysis Communications*. — 2019. — 131. — P. 105803. — <https://doi.org/10.1016/j.catcom.2019.105803>
- Crucianelli M., Bizzarri B.M., Saladino R. (2019). SBA-15 Anchored Metal Containing Catalysts in the Oxidative Desulfurization Process // *Catalysts*. — 2019. — 9(12). — P. 984. — <https://doi.org/10.3390/catal9120984>
- Mattiello S., Ghiglietti E., Zucchi A., Beverina L. (2023). Selectivity in micellar catalysed reactions: The role of interfacial dipole, compartmentalisation, and specific interactions with the surfactants // *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. — 2023. — 64. — P. 101681. — <https://doi.org/10.1016/j.cocis.2023.101681>
- Motia A., Syed M., Ayah R.H., Azizur R., Mohd A.B.A., Shakeeb A. (2021). A review on chitosan and chitosan-based bionanocomposites: Promising material for combatting global issues and its applications // *International Journal of Biological Macromolecules*. — 2021. — 185. — Pp. 832–848. — <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.07.023>
- Nasrollahzadeh M., Shafiei N., Nezafat Z., Bidgoli N.S.S., Soleimani F. (2020). Recent progresses in the application of cellulose, starch, alginate, gum, pectin, chitin and chitosan based (nano)catalysts in sustainable and selective oxidation reactions: A review // *Carbohydrate Polymers*. — 2020. — 41. — P. 116353. — DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116353
- Ouariach O., Kacimi M., Ziyad M. (2015). Surface reactivity and self-oscillating oxidation of butan-2-ol over palladium loaded AlPO₄ // *Applied Catalysis A: General*. — 2015. — 503. — Pp. 84–93. — <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2015.07.004>
- Shen H., Wang Y., Deng J., Zhang L., She Y. (2018). Catalyst-free and solvent-free oxidation of cycloalkanes (C₅-C₈) with molecular oxygen: Determination of autoxidation temperature and product distribution // *Chinese Journal of Chemical Engineering*. — 2018. — 26. — Pp. 1064–1070. — <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2018.02.019>
- Talib M. Albayati, Abd Alkadir A. Jassam (2019). Synthesis and characterization of mesoporous materials as a carrier and release of prednisolone in drug delivery system // *Journal of Drug Delivery Science and Technology*. — 2019. — 53. — P. 101176. — <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2019.101176>
- Torosyan G.H., Torosyan Ye.G. (2019). “Green chemistry” and phase transfer catalysis, Materials of the 9th international symposium, Fundamental and applied problems of science // — Moscow. — 2019. — Pp. 36–43
- Yang W., Wang W., Agathokleous E., Bai Y., Zhang Sh., Wang Ch., Feng Y., Liu J., Yang Y., Geng C., Shen L. (2024). Climatic factors and fertilization rates co-regulate anaerobic methane oxidation driven by multiple electron acceptors in Chinese paddy fields // *Journal of Cleaner Production*. — 2024. — 436. — P. 140600. — <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2024.140600>
- Yang L., Sheng J.J. (2021). Roles of alkanes, alcohols, and aldehydes for crude oil oxidation during the air injection process // *Fuel*. — 2021. — 298. — P. 120834. — <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.120834>
- Zharmagambetova A.K., Usmanova M.M., Auyezkhanova A.S., Akhmetova S.N., Talgatov E.T., Tumabayev N.Zh., Dyusenalin B.K. (2019). Synthesis and catalytic properties of composites with Pd-(2-Hydroxyethylcellulose) on bentonite // *News of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan, Series Chemistry and Technology*. — 2019. — №5. — Pp. 22–29. — <https://doi.org/10.32014/2019.2518-1491.49>
- Zharmagambetova A.K., Auyezkhanova A.S., Talgatov E.T., Akhmetova S.N., Tumabayev N.Z., Rafikova

K.S. (2020). Polysaccharide-Stabilized Nanocatalysts in Hydrogenation of Phenylacetylene // Theoretical and Experimental Chemistry. — 2020. — 56. — Pp. 39–45. — <https://doi.org/10.1007/s11237-020-09638-2>

МАЗМҰНЫ

| | |
|--|-----|
| Қ. Амантайұлы, С. Азат, Н.Н. Нурғалиев, Х. Аббас, Қ. Тоштай МЫРЫШ БАЛҚЫТУ ҚОЖДАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫНАН МЫРЫШТЫ АММОНИЙ ХЛОРИДІ АРҚЫЛЫ ШАЙМАЛАП БӨЛІП АЛУ..... | 7 |
| Е.Б. Асылбеков, С.А. Тунгатарова, G.G. Xanthoroulou, Т.С. Байжуманова, М. Жумабек МЕТАНОЛДЫ SHS ӘДІСІМЕН СИНТЕЗДЕЛГЕН КАТАЛИЗАТОРЛАРДА СУТЕГІ БАР ЖАНАРМАЙ ҚОСПАСЫНА КОНВЕРСИЯЛАУ..... | 21 |
| С.Н. Ахметова, А.С. Ауезханова, А.К. Жармагамбетова, Э.Т. Талғатов, А.И. Джумекеева АЛКАНДАРДЫҢ СҰЙЫҚ ФАЗАЛЫҚ ТОТЫҒУЫНДА ГЕТЕРОГЕНДІ ХИТОЗАНМЕН ТҰРАҚТАНДЫРЫЛҒАН ХРОМ ЖӘНЕ ТЕМІР КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНЫҢ КАТАЛИТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ...34 | 34 |
| М.Д. Даулетова, А.К. Умбетова, Ю.А. Литвиненко, Г.Ш. Бурашева, Н.С. Елибаева <i>POLYGANACEAE</i> ТҰҚЫМДАС ӨСІМДІК ТҮРІНЕН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ КЕШЕНДІ АЛУ ЖОЛДАРЫН ҰСЫНУ..... | 46 |
| Г.Д. Жетписбаева, Б.К. Масалимова, В.А. Садықов ТРАНСМИССИЯЛЫҚ ЭЛЕКТРОНДЫ МИКРОСКОПИЯНЫҢ КӨМЕГІМЕН ПЕРОВСКИТ ТӘРІЗДІ КҮРДЕЛІ ОКСИДТЕРДІ ЗЕРТТЕУ..... | 62 |
| Б.И. Диханбаев, А.Б. Диханбаев, М.Б. Кошумбаев, Ж.Т. Бекишева ҚАЗАҚСТАН ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ КЕШЕНІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ПРОБЛЕМАЛАРЫ ЖӘНЕ ҚАЛДЫҚСЫЗ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА КӨШЕ ОТЫРЫП, ЖЫЛУ КӨМІР ЭНЕРГЕТИКАСЫН ДЕКАРБОНИЗАЦИЯЛАУ..... | 70 |
| Э.А. Камбарова, Н.А. Бектенов, А.К. Байдуллаева, М.А. Гавриленко ЦЕОЛИТ БЕТІНДЕГІ ЭПОКСИДІ ШАЙЫРЛЫ ПЛАНДАРДАҒЫ СОРБИЦИЯЛЫҚ ЗАТТАРДЫҢ БӨЛҮІ..... | 87 |
| М.Б. Камбатыров, П.А. Абдуразова, У.Б. Назарбек КӨМІР ӨНДІРУ ҚАЛДЫҚТАРЫН АЗЫҚ ӨНДІРУ ҮШІН ПАЙДАЛАНУ: ҚҰС ТАҒАМЫНДАҒЫ ГУМАТТАРДЫҢ ӘЛЕУЕТІН ЗЕРТТЕУ..... | 99 |
| М.М. Матаев, Г.С. Патрин, К.Ж. Сейтбекова, М.А. Нурбекова, М.Е. Жайсанбаева ШПИНЕЛЬ-ПЕРОВКСИТТИ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДЫ ӨНДІРУ ЖӘНЕ ҚҰРЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ ӘДІСІН ӘЗІРЛЕУ..... | 114 |
| Г. Мукушева, Р. Джалмаханбетова, М. Алиева, А. Самородов, А. Тәжібай ХИНИН АЛКАЛОИДЫНЫҢ СИНТЕЗДЕЛГЕН ТУЫНДЫЛАРЫНЫҢ АНТИКОАГУЛЯЦИЯЛЫҚ ЖӘНЕ АГРЕГАЦИЯҒА ҚАРСИ БЕЛСЕНДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ..... | 126 |
| А.О. Оразымбетова, С.А. Сакибаева, Г.Ф. Сагитова, А.Ж. Суйгенбаева ШАНҚАНАЙ КЕН ОРНЫНДАҒЫ ЦЕОЛИТТЕРДІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ..... | 138 |
| Ж. Рахимберлинова, И. Кулаков, Г. Якуда, А. Ағысбай, А. Альжанов ХЛОРЛАНҒАН КӨМІРЛЕР МЕН ХЛОРГУМИН ҚЫШҚЫЛДАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН СИНТЕЗДЕР..... | 151 |

В.В. Романов, В.В. Меркулов, С.К. Кабиева, Р.Қ. Жаслан, Л.М. Власова
КЛИНКЕРСІЗ ТҮТҚЫР ЗАТ АЛУ МАҚСАТЫНДА ДОМНА ӨНДІРІСІНІҢ
ТЕХНОГЕНДІК ҚАЛДЫҚТАРЫН ҚАЙТА ӨНДЕУ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ.....164

Ә.И. Тасмағамбетова, А.Д. Товасаров, Н.Б. Акынбаев
ИТБАЛЫҚ МАЙЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ.....177

Р. Шулен, Д. Махаева, Д. Казыбаева, Г. Ирмухаметова, Г.А. Мун
ТЕТРААКРИЛАТ ПЕНТАЭРИТРИТОЛ ЖӘНЕ ТЕТРАКИС(3-
МЕРКАПТОПРОПИОНАТ) ПЕНТАЭРИТРИТОЛ НЕГІЗІНДЕ
БИОДЕГРАДАЦИЯЛАНАТЫН ДӘРІЛІК ФОРМАЛАРДЫ АЛУ.....191

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|-----|
| Қ. Амантайұлы, С. Азат, Н. Нурғалиев, Х. Аббас, Қ. Тошта ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦИНКА ИЗ ЦИНКОВЫХ ШЛАКОВ ПУТЕМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ХЛОРИДОМ АММОНИЯ..... | 7 |
| Е.Б. Асылбеков, С.А. Тунгатарова, G.G. Xanthoroulou, Т.С. Байжуманова, М. Жумабек КОНВЕРСИЯ МЕТАНОЛА В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩУЮ ТОПЛИВНУЮ СМЕСЬ НА КАТАЛИЗАТОРАХ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ МЕТОДОМ SHS..... | 21 |
| С.Н. Ахметова, А.С. Ауезханова, А.К. Жармагамбетова, Э.Т. Талғатов, А.И. Джумекеева ИССЛЕДОВАНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГЕТЕРОГЕННЫХ ХИТОЗАН-СТАБИЛИЗИРОВАННЫХ ХРОМОВЫХ И ЖЕЛЕЗНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ В ЖИДКОФАЗНОМ ОКИСЛЕНИИ АЛКАНОВ..... | 34 |
| М.Д. Даулетова, А.К. Умбетова, Ю.А. Литвиненко, Г.Ш. Бурашева, Н.С. Елибаева РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ АКТИВНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ РАСТЕНИЙ СЕМЕЙСТВА POLYGANACEAE..... | 46 |
| Г.Д. Джетписбаева, Б.К. Масалимова, В.А. Садыков ИЗУЧЕНИЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ ПЕРОВСКИТНОГО ТИПА МЕТОДОМ ТРАНСМИССИОННОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ..... | 62 |
| Б.И. Диханбаев, А.Б. Диханбаев, М.Б. Кошумбаев, Ж.Т. Бекишева ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА КАЗАХСТАНА И ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОЙ УГОЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ С ПЕРЕХОДОМ НА БЕЗОТХОДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ..... | 70 |
| Э.А. Камбарова, Н.А. Бектенов, А.К. Байдуллаева, М.А.Гавриленко РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СОРБИРОВАННОГО ВЕЩЕСТВА В ПЛЕНКАХ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ НА ПОВЕРХНОСТИ ЦЕОЛИТА | 87 |
| М.Б. Камбатыров, П.А. Абдуразова, У.Б. Назарбек ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ УГЛЕДОБЫЧИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОРМОВ: ИЗУЧЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ГУМАТОВ В ПИТАНИИ ПТИЦЫ..... | 99 |
| М.М. Матаев, Г.С. Патрин, К.Ж. Сейтбекова, М.А. Нурбекова, М.Е. Жайсанбаева РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ШПИНЕЛЬНО-ПЕРОВКСИТНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА.... | 114 |
| Г. Мукушева, Р. Джалмаханбетова, М. Алиева, А. Самородов, А. Тәжібай ИЗУЧЕНИЕ АНТИКОАГУЛЯЦИОННОЙ И АНТИАГРЕГАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ СИНТЕЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АЛКАЛОИДА ХИНИНА..... | 126 |
| А.О. Оразымбетова, С.А. Сакибаева, Г.Ф. Сагитова, А.Ж. Суйгенбаева ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЦЕОЛИТОВ ЧАНКАНАЙСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ..... | 138 |
| Ж. Рахимберлинова, И. Кулаков, Г. Якуда, А. Ағысбай, А. Альжанов СИНТЕЗЫ НА ОСНОВЕ ХЛОРИРОВАННЫХ УГЛЕЙ И ХЛОРГУМИНОВЫХ КИСЛОТ | 151 |

| | |
|--|-----|
| В.В. Романов, В.В. Меркулов, С.К. Кабиева, Р.Қ. Жаслан, Л.М. Власова ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДОМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ БЕЗКЛИНКЕРНОГО ВЯЖУЩЕГО..... | 164 |
| А.И. Тасмагамбетова, А.Д. Товасаров, Н.Б. Акынбаев ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЖИРА ТЮЛЕНЯ..... | 177 |
| Р. Шулен, Д. Махаева, Д. Казыбаева, Г. Ирмухаметова, Г.А. Мун ПОЛУЧЕНИЕ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ФОРМ НА ОСНОВЕ ТЕТРААКРИЛАТА ПЕНТАЭРИТРИТОЛА И ТЕТРАКИС(3- МЕРКАПТОПРОПИОНАТА) ПЕНТАЭРИТРИТОЛА..... | 191 |

CONTENTS

| | |
|--|-----|
| K. Amantaiuly, S. Azat, N.N. Nurgaliyev, Q. Abbas, K. Toshtay EXTRACTION OF ZINC FROM ZINC SMELTING SLAG BY LEACHING WITH AMMONIUM CHLORIDE..... | 7 |
| Y.B. Assylbekov, S.A. Tungatarova, G.G. Xanthopoulou, T.S. Baizhumanova, M. Zhumabek CONVERSION OF METHANOL INTO HYDROGEN-CONTAINING FUEL MIXTURE ON CATALYSTS SYNTHESIZED BY SHS METHOD..... | 21 |
| S.N. Akhmetova, A.S. Auyezkhanova, A.K. Zharmagambetova, E.T. Talgatov, A.I. Jumekeyeva STUDY OF THE CATALYTIC PROPERTIES OF HETEROGENEOUS CHI- TOSAN-STABILIZED CHROMIUM AND IRON CATALYSTS IN LIQUID-PHASE OXIDATION OF ALKANES..... | 34 |
| M.D. Dauletova, A.K. Umbetova, Yu.A. Litvinenko, G.Sh. Burasheva, N.S. Yelibaeva DEVELOPMENT OF A METHOD FOR OBTAINING A BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOSITION BASED ON PLANTS OF THE <i>POLYGANACEAE</i> FAMILY..... | 46 |
| G.D. Jetpisbayeva, B.K. Massalimova, V.A. Sadykov STUDYING COMPLEX OXIDES OF THE PEROVSKITE TYPE BY THE METHOD OF FLASHED ELECTRON MICROSCOPY..... | 62 |
| B.I. Dikhanbayev, A.B. Dikhanbayev, M.B. Koshumbayev, Zh.T. Bekisheva ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF KAZAKHSTAN'S ENERGY COMPLEX AND DECARBONIZATION OF THERMAL COAL POWER WITH THE TRANSITION TO WASTE-FREE TECHNOLOGIES..... | 70 |
| E.A. Kambarova, N.A. Bektenov, A.K. Baidullayeva, M.A. Gavrilenko DISTRIBUTION OF SORBED SUBSTANCE IN EPOXY RESIN FILMS ON THE SURFACE OF ZEOLITE, 2024 | 87 |
| M.B. Kambatyrov, P.A. Abdurazova, U.B. Nazarbek UTILIZING COAL MINING WASTE FOR FEED PRODUCTION: EXPLORING THE POTENTIAL OF HUMATES IN POULTRY NUTRITION..... | 99 |
| M.M. Mataev, G.S. Patrin, K.Zh. Seitbekova, M.A. Nurbekova, M.E. Zhaisanbaeva DEVELOPMENT OF A METHOD FOR PRODUCING AND STUDYING THE STRUCTURE OF SPINEL-PEROVSKITE COMPOSITE MATERIAL..... | 114 |
| G. Mukusheva, R. Jalmakhanbetova, M. Aliyeva, A. Samorodov, A. Tazhibay STUDY OF ANTICOAGULATION AND ANTIAGGREGATIONAL ACTIVITY OF SYNTHESIZED QUININE ALKALOID DERIVATIVES..... | 126 |
| A.O. Orazymbetova, S.A. Sakibayeva, G.F. Sagitova, A.Zh. Suigenbayeva INVESTIGATION OF THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF ZEOLITES OF THE CHANGKANAI DEPOSIT..... | 138 |
| Zh. Rakhimberlinova, I. Kulakov, G. Yakuda, A. Agysbay, A. Alzhanov SYNTHESES BASED ON CHLORINATED CARBONS AND CHLOROHUMIC ACIDS..... | 151 |

V. Romanov, V. Merkulov, S. Kabiyeva, R. Zhaslan, L. Vlasova
INVESTIGATION OF THE PROCESS OF PROCESSING TECHNOGENIC WASTE
FROM BLAST FURNACE PRODUCTION IN ORDER TO OBTAIN A CLIN-
KER-FREE BINDER.....164

A.I. Tasmagambetova, A.D. Tovassarov, N.B. Akynbayev
RESEARCH ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF SEAL OIL.....177

R. Shulen, D. Makhayeva, D. Kazybayeva, G. Irmukhametova, G. Mun
CREATING BIODEGRADABLE DOSAGE FORMS BASED ON PENTAERYTHRI-
TOL TETRAACRYLATE AND TETRAKIS(3-MERCAPTOPROPIONATE)
PENTAERYTHRITOL.....191

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)**

Подписано в печать 15.06.2024.
Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
13,0 п.л. Тираж 300. Заказ 2.