

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 № **KZ66VPU00025419** 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 2. Number 459 (2024), 21–33
<https://doi.org/10.32014/2024.2518-1491.219>

ӨОЖ: 661.961.6;66.074.36;661.993637.1

© **Y.B. Assylbekov^{1,2*}, S.A. Tungatarova^{1,2}, G.G. Xanthopoulou³,
T.S. Baizhumanova^{1,2}, M. Zhumabek¹, 2024**

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

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

³National Center for Scientific Research «Demokritos», Athens, Greece.

E-mail: yer-asyl@mail.ru

CONVERSION OF METHANOL INTO HYDROGEN-CONTAINING FUEL MIXTURE ON CATALYSTS SYNTHESIZED BY SHS METHOD

Assylbekov Yernur Batyrbekuly — PhD student of Al-Farabi Kazakh National University, research associate of Laboratory of Oxidative Catalysis, JSC “D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan

E-mail: yer-asyl@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7395-2748>;

Tungatarova Svetlana Alexandrovna — Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Oxidative Catalysis, JSC “D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”; Professor of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: tungatarova58@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6005-747X>;

Xanthopoulou Galina Georgievna — Doctor of Chemical Sciences, Professor, Institute of Nanoscience and Nanotechnology, NCSR Demokritos, Athens, Greece

E-mail: g.xanthopoulou@inn.demokritos.gr, <http://orcid.org/0000-0002-1788-141X>;

Baizhumanova Tolkyn Saparbekovna — Leading Researcher, Candidate of Chemical Sciences, Laboratory of Oxidative Catalysis, JSC “D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan

E-mail: baizhuma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9851-2642>;

Zhumabek Manapkhan — Senior Researcher, PhD, Laboratory of Oxidative Catalysis, JSC “D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan

E-mail: manapkhan_86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2026-0577>.

Abstract. Currently, hydrogen is one of the best energy sources to meet the ever-increasing demand for clean energy sources, while interest in the use of fossil fuels is declining. However, the storage and production of controlled hydrogen remains a serious, complex and at the same time, very pressing problem for hydrogen energy based on fuel cells. The conversion of a parent chemical compound into a gas containing hydrogen is usually accomplished through catalytic processes. In the modern world, various systems for producing hydrogen from hydrocarbons and alcohols are being developed to generate energy. We chose methanol for our process because of its relatively low catalytic conversion temperature into hydrogen and CO₂, which greatly simplifies the reactor design. Additionally, the absence of a C–C bond in methanol reduces the risk of coke formation. We have used catalytic steam reforming process and self-propagating high temperature synthesis (SHS) method of preparing catalyst for mentioned process. This method has a several advantages such as highly exothermic reaction of a mixture of powders, low

pre-heating temperature (furnace) but very high reaction (combustion) temperatures up to 3000 °C, very high heating and cooling rates: 10³–10⁶ °C/sec, very short completion times, of the order of minutes “just-in-time” manufacturing and easily controlled physico-chemical properties of the products.

Keywords: methanol; hydrogen; Cu-Al-O catalysts; SHS method; cooling conditions

© **Е.Б. Асылбеков**^{1,2*}, **С.А. Тунгатарова**^{1,2}, **G.G. Xanthopoulou**³,
Т.С. Байжуманова^{1,2}, **М. Жумабек**¹, 2024

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

²эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

³National Center for Scientific Research «Demokritos», Athens, Greece.

E-mail: yer-asy1@mail.ru

МЕТАНОЛДЫ SHS ӘДІСІМЕН СИНТЕЗДЕЛГЕН КАТАЛИЗАТОРЛАРДА СУТЕГІ БАР ЖАНАРМАЙ ҚОСПАСЫНА КОНВЕРСИЯЛАУ

Асылбеков Ернұр Батырбекұлы — эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің PhD студенті, Д.В. Сокольский атындағы «Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, тотығу катализі зертханасының ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан

E-mail: yer-asy1@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7395-2748>;

Тунгатарова Светлана Александровна — химия ғылымдарының докторы, профессор, тотығу катализі зертханасының меңгерушісі, Д.В. Сокольский атындағы «Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ; эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің профессоры, Алматы, Қазақстан

E-mail: tungatarova58@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6005-747X>;

Xanthopoulou Galina Georgievna — химия ғылымдарының докторы, профессор, наноғылым және нанотехнология институты, Демокритос ФЗҰО, Афины, Грекия

E-mail: g.xanthopoulou@inn.demokritos.gr, <http://orcid.org/0000-0002-1788-141X>;

Байжуманова Толқын Сапарбекқызы — жетекші ғылыми қызметкер, химия ғылымдарының кандидаты, тотығу катализі зертханасы, Д.В. Сокольский атындағы «Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

E-mail: baizhuma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9851-2642>;

Жумабек Манапхан — аға ғылыми қызметкер, PhD, тотығу катализі зертханасы, Д.В. Сокольский атындағы «Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

E-mail: manapkhan_86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2026-0577>.

Аннотация. Қазіргі таңда экологиялық таза қуат көзіне деген үнемі өсіп келе жатырған сұранысты қанағаттандыра алатын ең жақсы энергия тасымалдаушылардың бірі болып сутегі табылады, ал қазбалы отын көздерін пайдалануға деген қызығушылық күннен күнге азайып келеді. Дегенмен, бақыланатын сутекті сақтау және өндіру отын ұяшығына негізделген сутегі экономикасы үшін әлі де маңызды, күрделі және шұғыл қажет мәселе болып келеді. Бастапқы химиялық қосылыстың құрамында сутегі бар газ немесе газ қоспасына айналуы, әдетте, каталитикалық процестердің көмегімен жүзеге асырылады. Энергия алу үшін көмірсутектер мен спирттерден сутегі алудың әртүрлі жүйелері жасалуда. Біздің процесс үшін шикізат ретінде біз метанолды таңдадық, өйткені оның көптеген басқа органикалық отындардан айырмашылығы, метанолдың сутегі мен CO₂ дейінгі каталитикалық конверсиясының салыстырмалы түрде төмен температурасына ие болуы болып табылады, ал бұл реактордың дизайнын айтарлықтай жеңілдетеді. Сонымен қатар, метанолда С-С байланысы

болмағандықтан кокс түзілу қаупі болар болмас болып келеді. Біз каталирикалық бу риформинг процесін және аталған процеске катализатор дайындау үшін өздігінен таралатын жоғары температуралы синтез (SHS) әдісін қолдандық және зерттеулер жүргіздік. Бұл әдіс ұнтақтар қоспасының жоғары экзотермиялық реакциясы, алдын ала (пеш ішінде) қыздырудың айтарлықтай төмен температурасы, бірақ 3000°C дейін жететін өте жоғары реакция (жану) температурасы, аса жоғары қыздыру және салқындату жылдамдығы: 10³-10⁶°C/сек, өте қысқа жұмыс уақыты, минуттар ішінде ғана, «дәл уақытында» мәлімдемесіне сай өндіріс және өнімнің оңай бақыланатын физика-химиялық қасиеттері сияқты артықшылықтарға ие.

Түйін сөздер: метанол; сутегі; Cu-Al-O катализаторлары; SHS әдісі; салқындату жағдайлары

Қаржыландыру. *Зерттеу Қазақстан Республикасы ғылым және жоғары білім министрлігінің қаржылық қолдауымен орындалды (AP19677006).*

© Е.Б. Асылбеков^{1,2*}, С.А. Тунгатарова^{1,2}, G.G. Xanthopoulou³,
Т.С. Байжуманова^{1,2}, М. Жумабек¹, 2024

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

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

³National Center for Scientific Research «Demokritos», Athens, Greece.

E-mail: yer-asyl@mail.ru

КОНВЕРСИЯ МЕТАНОЛА В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩУЮ ТОПЛИВНУЮ СМЕСЬ НА КАТАЛИЗАТОРАХ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ МЕТОДОМ SHS

Асылбеков Ернұр Батырбекұлы — PhD, студент Казахского Национального университета имени аль-Фараби, научный сотрудник лаборатории окислительного катализа, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан

E-mail: yer-asyl@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7395-2748>;

Тунгатарова Светлана Александровна — доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией окислительного катализа, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского»; профессор Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

E-mail: tungatarova58@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6005-747X>;

Xanthopoulou Galina Georgievna — доктор химических наук, профессор, Институт нанонауки и нанотехнологий, НЦНИ Демокритос, Афины, Греция

E-mail: g.xanthopoulou@inn.demokritos.gr, <http://orcid.org/0000-0002-1788-141X>;

Байжуманова Толкын Сапарбековна — ведущий научный сотрудник, кандидат химических наук, лаборатория окислительного катализа, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан

E-mail: baizhuma@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9851-2642>;

Жумабек Манапхан — старший научный сотрудник, PhD, лаборатория окислительного катализа, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан

E-mail: manapkhan_86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2026-0577>.

Аннотация. В настоящее время водород является одним из лучших источников энергии, способных удовлетворить постоянно возрастающий спрос на экологически чистые источники энергии, в то время как интерес к использованию ископаемых топлив снижается. Однако хранение и производство контролируемого

водорода остается серьезной, сложной и в то же время очень актуальной проблемой для быстрорастущей водородной энергетики, основанной на топливных элементах. Превращение исходного химического соединения в газ, содержащий водород или смесь газов, обычно осуществляется через каталитические процессы. В современном мире разрабатываются различные системы получения водорода из углеводородов и спиртов для производства и генерации энергии. Для нашего процесса в качестве сырья мы выбрали метанол из-за его относительно низкой температуры при каталитической конверсии в водород и CO_2 , что значительно упрощает конструкцию используемого в процессе реактора. Кроме того, отсутствие связи C-C в метаноле значительно снижает риск образования кокса на катализаторе. Мы использовали и исследовали процесс каталитического парового риформинга и метод самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) для приготовления катализатора для указанного процесса. Этот метод имеет ряд преимуществ, такие как сильно экзотермическая реакция смеси порошков, низкая температура предварительного нагрева (в печи), но очень высокие температуры реакции (сгорания) до $3000\text{ }^\circ\text{C}$, очень высокие скорости нагрева и охлаждения: $10^3\text{--}10^6\text{ }^\circ\text{C}/\text{сек}$, очень короткие сроки выполнения, порядка минуты, производство по методу «точно в срок» и легко контролируемые физико-химические свойства продукции.

Ключевые слова: метанол; водород; катализаторы Cu-Al-O; метод SHS; условия охлаждения

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

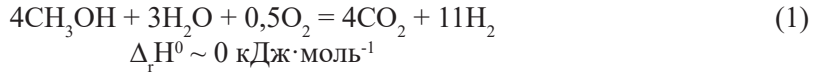
Кіріспе

Мұнай қорларының тез азаюы салдарынан жаңа химиялық энергия тасымалдаушыларың кеңінен игеру ХХІ ғасырда баламалы және дәстүрлі емес энергия көздерін пайдалануды талап етеді (Parmon et al., 1999: 236). Барлық органикалық заттар мен судың құрамында кездесетін сутегіге ерекше көңіл бөлуге тура келеді. Сутегінің бірегей қасиеттері оны әмбебап және экологиялық таза энергия тасымалдаушы деп санауға мүмкіндік береді, жылу қозғалтқыштары мен электр энергиясын өндіруге арналған құрылғылардың кез-келген түріне жарамды болып табылады (Godfrey et al., 2022: 100042). Қазіргі уақытта энергияны көп қажет ететін өнеркәсіп пен көлік салаларын «отын элементтері» (ОЭ) негізінде сутегі отынына және электрохимиялық генераторларға ауыстыру жолдарын белсенді іздеу жүргізілуде. Бұл мәзетте «отын процессорлары» (Halder et al., 2024: 114543) ерекше маңызға ие, себеі органикалық қосылыстар: көмірсутектерден, спирттерден және эфирлерден сутегі генерациясын жасауға мүмкіндік береді.

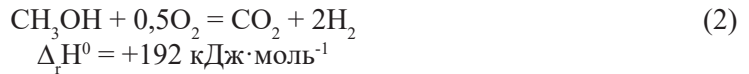
ХХІ ғасырдың басынан бастап көптеген индустриалды дамыған елдерде сутегі энергетикасын зерттеудің ірі мемлекеттік бағдарламалары жарияланып, іске асырып келеді. Бүгінгі таңда әлемнің барлық ірі автомобиль және энергетикалық компаниялары, сондай-ақ жүздеген орта және шағын инновациялық кәсіпорындар осы бағытта белсенді зерттеулер жүргізуде (Veras et al., 2017: 2018).

Химиялық қосылыстарды, оның ішінде органикалық қосылыстарды сутегіге айналдыру процесі каталитикалық риформинг арқылы жүзеге асырылады (Loricera, 2017: 11). Бұл процесске қысқаша тоқтала кететін болсақ: қазіргі таңда үш дара түрі қолданылады – автотермиялық риформинг, ішінара тотықтандыру және бу риформингі әдістері.

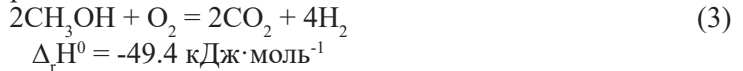
Автотермиялық риформинг кезінде бір уақытта екі түрлі реакция қатар жүреді (Nos et al., 2024: 1121): эндотермиялық бу риформингі мен экзотермиялық толық тотығу реакциясы. Соының нәтижесінде процестің энтальпиясы нөлге жақын болады да, реакция (1) сыртқы жылу беруді қажет етпейді:



Метанолдың оттегімен ішінара тотығуы (Cubeiro et al., 1998: 307) экзотермиялық жолмен жүреді және реакция (2) аймағынан бөлінетін жылуды кетіруді (бөліп шығаруды) қажет етеді:



Метанолдың булы риформингі (Kang et al., 2022: 3587) эндотермиялық реакция (3) болып табылады және реакция аймағына жылу беруді қажет еткенімен, қолдануға ыңғайлы және арзан әдіс болып келеді:



Ал құрамында мысы бар катализаторларды қолдану (Alejo et al., 1997: 281) булы риформинг процесін 200–400° С температурада жүргізуге мүмкіндік береді. Бұл жағдайда метанолды 100 % конверсиялау үшін реактивтердің катализатор қабатымен жанасуы ұзақтығы 0,1–1 секундтан аспайтын уақыт жиі жеткілікті болып келеді.

Осы процеске сайма сай катализаторды SHS, яғни өздігінен таралатын жоғары температуралы синтез әдісі бойынша дайындадық. Өздігінен таралатын жоғары температуралық синтез (SHS) конденсацияланған жүйелердің бақыланатын жануына негізделген. Ұнтақтардың мұқият жобаланған және бақыланатын қоспаларының өзін-өзі қамтамасыз ететін экзотермиялық жануы кезінде синтез температурасы реакцияның өте қысқа болып келетін жалпы алғандағы уақытында 1500–3000 °С жетуі мүмкін, яғни бірнеше секунд ішінде ғана (Aruna et al., 1997: 158; Merzhanov et al., 1990: 144; Merzhanov, 1997: 242; Moore et al., 2008: 243). Бұл мезетте «жану» процесі алынған үлгі бойымен жану толқынының таралуы түрінде жүреді. Аталған жағдайларда синтезделген материалдар кристалдық тор ақауларының өте жоғары құрамымен сипатталады. Бұл катализатордың белсенділігін анықтайтын өте маңызды каталитикалық сипаттама болып табылады, өйткені олар катализ үшін белсенді учаскелер ретінде әрекет етеді. Жану толқыны өткеннен кейін толқындық «фронттың» артында қалған материал салқындай бастайды. Синтезделген катализатордың соңғы құрылымы мен құрамы салқындату жылдамдығы мен сипатына байланысты өзгереді. Құрылымдық және химиялық конверсияның бес аймағын бөлуге болады (Gladoun, 2011: 269). V аймақ салқындату аймағы болып табылады және материалдардың құрамы әлі де өзгертіні анық. Үлгіні әртүрлі жылдамдықтар мен шарттарда (минутына бірнеше жүзден жүздеген мың градусқа дейін) салқындату композициялар ауқымын алуға, сонымен қатар тор ақауларының концентрациясын өзгертуге мүмкіндік береді (Korchagin et al., 2007: 176).

SHS өнімдерін термогравиметриялық талдау жану толқынының бойында бастапқы ұнтақтардың көп жағдайда толық реакцияға түсіп үлгермейді (Gladun et al., 1993: 107) деген тұжырымға келтіреді. Талдаулардың қорытындылары көрсеткендей, синтез өнімдері Al, CuCO₃, MgCO₃, және т. б. сияқты ыдырау және тотығу температуралары салыстырмалы түрде алғанда төмен (500–900 °C) болып келетін қосылыстардан тұрады. Әдетте қосылыстардың жану температурасы 1300 °C–2500 °C арасындағы шаманы көрсетеді, бұл көптеген жағдайларда бастапқы ұнтақтардың реакцияға түсіп үлгермей, толық ыдырайтынын көрсетеді (Vekinis, 2000: 227). Осы жаңалықтардың нәтижесінде синтез жүргеннен кейінгі салқындату жылдамдығының өзгеруі жану процестерінің ұзақтығы мен тереңдігінің өзгеруі нәтижесінде катализатордың микроқұрылымы мен қасиеттерінің әртүрлі болып шығуы белгіленді.

Бұл жағдай материалдардың каталитикалық белсенділігіне айтарлықтай әсер етеді деп күтілді. Каталитикалық белсенділікті көрсететін SHS әдісімен дайындалған катализаторлармен эксперименттер жүргізілді.

Зерттеу нысаны мен әдістері

Катализаторлар өздігінен таралатын жоғары температуралы синтез (self-propagating high temperature synthesis - SHS) әдісімен дайындалды. Біріншіден, катализаторды синтездеуге арналған ұнтақтарды дайындап аламыз. Ол үшін метал күйіндегі таза алюминий (Al) мен мыс (I) оксидінің (Cu₂O) ұнтақтары белгілі мөлшер мен қатынаста өлшеніп алынды. Содан соң өлшенген ұнтақтар араластырылып, 50 бар қысым астында гидравликалық пресстің күшімен нығыздап «таблетка» пішініне келтірдік.

Дайындалған таблетканы алдын ала 700 °C температураға дейін тұрақты қыздырып қойылған муфель пешіне енгіздік. Синтез реакциясы лезде басталып, жүріп кетуі үшін реакцияның инициаторы ретінде 1 г таза магний (Mg) ұнтағын таблетканың үстіне қойдық. 10 секунд өткеннен кейін синтез магний тұтанып, синтез реакциясының инициациясы басталды. Пешке енгізілген термopара арқылы синтез реакциясының өту температурасын бақылап, тіркеп алдық.

Зерттеу жұмыстарының барысында жоғарыда аталған Al-Cu-O жүйелерінің негізіндегі материалдар бірдей жағдайларда SHS-жануына ұшырады және реакциядан кейін әртүрлі жағдайларда суытылды: пеш ішінде, ауада (бөлме температурасында), азот (N₂) қысымының астында. Осы жағдайлардың синтезделген катализатордың құрылымы мен белсенділігіне ықпалы алдағы уақытта метанолдың каталитикалық риформинг процесіне қалай әсер ететіндігі бақыланды.

Каталитикалық риформингке дейінгі бастапқы қоспаны және процесстен кейінгі реакция өнімдерін талдау «Chromos GC-1000» (Ресей) хроматографының көмегімен жүргізілді, ол саптама және капиллярлық колонкалармен жабдықталған. H₂, O₂, N₂, CH₄, C₂H₆, C₂H₄, C₃-C₄ көмірсутектер, CO және CO₂ талдау үшін оралған баған қолданылады.

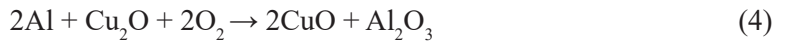
Катализаторларды синтездеу және оларға физика-химиялық зерттеулер «Демокритос» Ұлттық Ғылыми-Зерттеу Орталығының (Афины қ., Греция) жетілдірілген керамика және композиттер зертханасында жүргізілді. Синтезделген катализаторлар ішкі стандарты ретінде 10 % KCl және CuKa1 сәулеленуін қолданатын жартылай сандық Siemens Spellman DF3 спектрометрінде рентгендік дифракция (XRD) талдаулары жүргізілді. Катализаторлардың меншікті бетінің ауданын

Брунауэр-Эмметт-Теллер әдісімен өлшенді (ВЕТ әдісі). Сонымен қатар, катализатор үлгілері сканерлеуші электронды микроскопия әдісімен (СЭМ) зерттелді.

Катализаторлар атмосфералық қысым астында диаметрі 10 мм, ал ұзындығы 40 см болатын тұрақты қабаты бар кварц реакторында сыналды. Катализатор (2 мл) кварц түйіршіктері арасында құбырлы реакторға орналастырылды. Реактор ішіндегі катализатордың тұтастығын сақтап қалу мақсатында оның екі жағынан «әйнектелген» мақта қабаттары орналастырылды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

SHS жануы кезіндегі реакциялардың өнімділігіне лаулап жану аяқталғаннан кейінгі үлгіні салқындату немесе суыту жылдамдығы тікелей әсер етеді. Біз қарастырып отырған жағдайда, яғни Al-Cu-O жүйесіндегі негізгі химиялық реакциялар келесідей:



Алғашқы үш реакция көбінесе SHS процестеріне тән, ал төртіншісі болса жанудан кейінгі өңдеу аймағында жүреді. Сонымен, жоғарыда келтірілген катализатор синтездеу процесі кезінде жүретін реакциялардан көруге болатындай, үлгіні салқындату жылдамдығы төмендеген сайын мыс көбірек тотығады. Егер синтезден кейін үлгі пеште жоғары температурада ұсталса, онда барлық реакциялардың аяғына дейін толық жүруіне мүмкіндік туады. Алайда, егер қарастырылып отырған үлгі жану реакциясынан, яғни синтезден кейін бірден салқындатылатын болса, онда реакциялардың барлығы немесе кейбіреуі тоқтайды және аяғына жете алмайды. Реакцияның аяқталу дәрежесі салқындату жылдамдығына тікелей байланысты екені белгілі болды. Өртүрлі жағдайдағы салқындатудың катализатордың белсенділігі мен құрылымына әсері көрнекі түрде 1 кестеде көрсетілген.

Кесте 1. Салқындату жағдайларының мыс негізіндегі катализаторлардың құрамына, физикалық қасиеттеріне және метанолдың риформинг процесіндегі белсенділігіне әсері

Салқындату жағдайлары	Катализатор құрамы, %			Метанол конверсиясы, %	Сутегі селективтілігі, %	Физика-механикалық қасиеттері	
	CuAl ₂ O ₄	CuO	Cu			Қысу беріктігі, МПа	Меншікті бетінің ауданы, м ² /г
N ₂	27	47	26	88,5	91,2	24	0,8
Ауа	24	61	15	79,2	77,9	17	1,2
Пеш	23	74	3	71,7	63,8	11	1,5

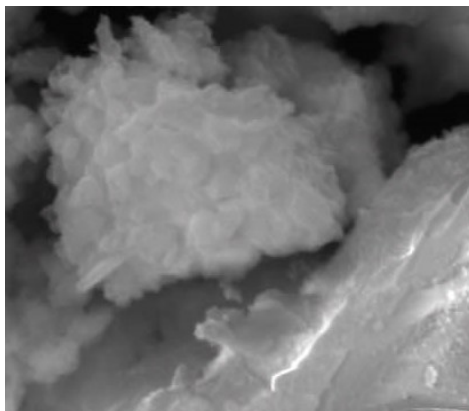
Al-Cu-O жүйесінің негізінде синтезделген катализатордың талдауы соңғы

SHS өніміндегі мыстың ең үлкен үлесі салқындату жылдамдығы ең жоғары болған кезде, яғни үлгіні қысымдағы азоттың астында салқындатуы кезінде болатынын көрсетті. Рентгендік құрылымды талдау азоттың катализатор бетіндегі ашық саңылауларына еніп, кеңірек, жылдамырақ және біркелкі салқындатуға әкелетінін, осылайша катализаторда мыстың көбірек және біркелкі таралуын қамтамасыз ететінін көрсетті (Кесте 1).

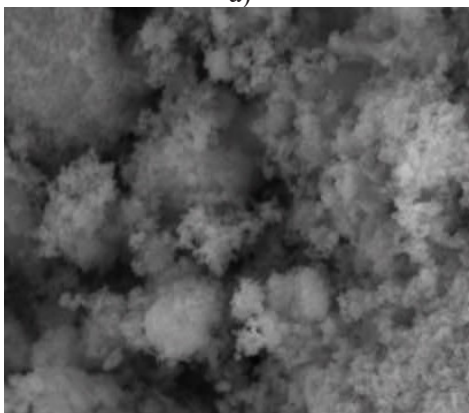
Үлгіні ауада салқындату алғашқы жағдайға қарағанда айтарлықтай төмен жылдамдықпен жүреді, сондықтан металл мыс мөлшері азаяды (Кесте 1). Ал катализаторды муфель пешінде үлгі толық суығанға дейін ұқтаған кезде дайын болған катализатор құрамында мыс іздері ғана байқалды (Кесте 1). Бұл бақылаулардың барлығы рентгендік-сандық талдау деректерімен расталды (Кесте 1). Салқындату жағдайларын өзгерту арқылы мыс концентрациясын 1-ден 27 %-ға дейін өзгертуге болатындығын көрсетті. Нәтижесінде катализаторлардың физикалық-механикалық қасиеттері де өзгерді (Кесте 1) және азот қысымымен суыту өте жоғары қысу беріктігін берді, бірақ меншікті бетінің ауданы төмен болды.

Үлгілерді салқындату жылдамдығы катализаторлардың қасиеттеріне тікелей әсер етеді, өйткені құрамы мен құрылымының өзгеруі белсенділіктің өзгеруіне әкеледі. Жоғары салқындату жылдамдығында кристалдық тордың құрылымдық ақаулары көбірек пайда болады (ақаулар катализаторлардың белсенді орталықтары болып табылады), бұл материалдың белсенділігін арттырады. Дегенмен, катализатордың соңғы белсенділігі екі параметрге де байланысты: ақаулы құрылым және композиция. Мысалы, дегидрлеу жағдайында ең маңызды параметр катализатордағы мыс мөлшері болып табылады. Al-Cu-O жүйесі жағдайында ең белсендісі 27 % Cu (азот ағынында салқындатылған) бар катализатор болды, бұл жағдайда сутегінің селективтілігі 91,2 % құрады (Кесте 1).

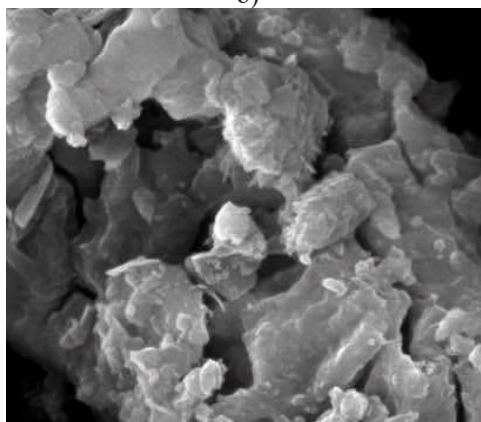
Бастапқы CuO мен Al SHS жаңуына негізделіп жүргізілген тәжірибелер (біркелкі бастау үшін өте аз мөлшерде Mg қосылған) де физика-химиялық қасиеттер мен каталитикалық белсенділіктің салқындату жағдайларына тәуелділігін көрсетті. Материалдардың сканерлеуші электронды микроскопиясы негізгі себептердің біркелкі емес салқындатумен, сондай-ақ материалдың бетіне жақын жерде микрожарықтардың пайда болуына және таралуына әкелетін салқындату кезіндегі термиялық соққымен байланысты болуы мүмкін екенін көрсетті. Суығаннан кейінгі катализатордың қысу беріктігінің міндері айтылған тұжырымдамалардың жақсы көрсеткіші болып табылады. Азот ағынында салқындатылғаннан кейін (үлгінің бетіндегі максималды салқындату жылдамдығына ие) өлшенген беріктік шамамен 24 МПа болды. SHS синтезінен кейін бөлме температурасындағы ауада салқындатылған және 700 °C температуралы пеште салқындатылған материалдардың қысымға беріктігі сәйкесінше 17 МПа және 11 МПа дейін баяу азайды. Бұл сканерлеуші электронды микроскопия әдісімен жасалған талдаулардың нәтижелерінен байқалатын микроқұрылымның өзгеруіне байланысты болуы мүмкін деген тұжырымға келдік (Сурет 1). Бұл бақылаулар пештің ішіндегі температурада суыту шыны тәрізді фазаны төмендететінін, атомдық диффузия арқылы кристалдануға ықпал ететінін көрсетеді, бұл үлгінің жақсы адгезиясына және жоғары беріктігіне әкеледі. Дегенмен, пештің ішінде ұзақ уақыт ұстау кристалдық бөлшектердің өсуіне әкеледі де қысым беріктігін төмендетеді.



а)



б)

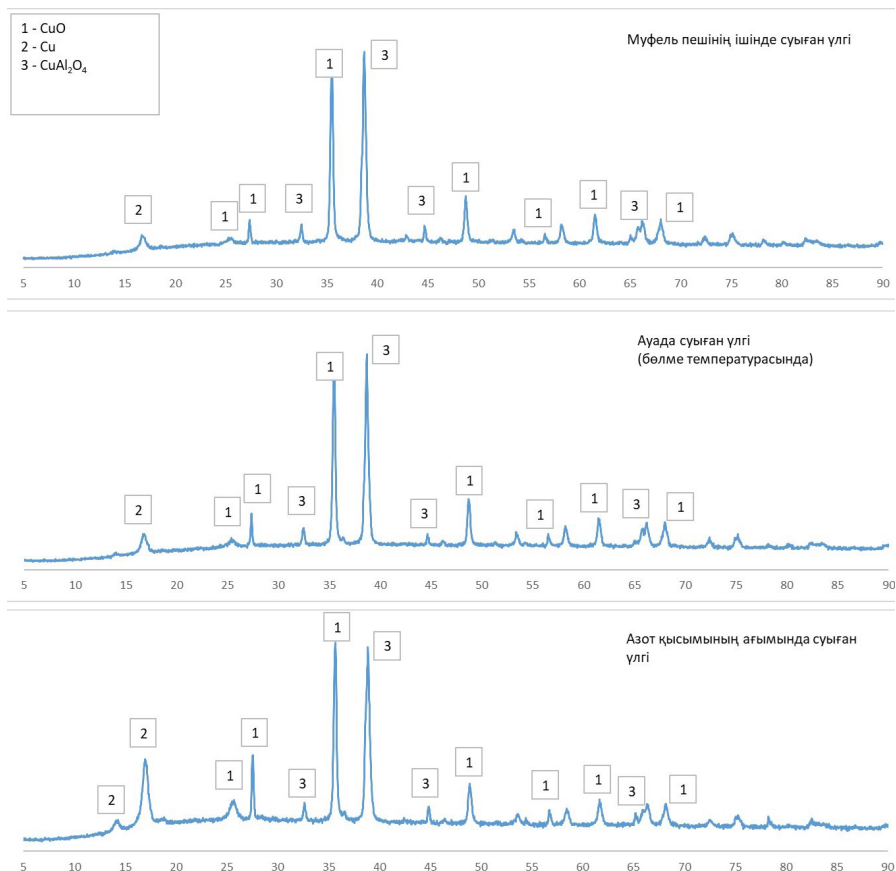


в)

Сурет 1. SHS жануынан кейінгі әртүрлі жағдайларда салқындатқаннан кейінгі Cu-Al-O катализаторлар сериясының сыну бетінің сканерлеуші электронды микрографтары: а) 700°C дейін қыздырылған муфель пешінің ішінде салқындалатын, б) ашық ауада (бөлме температурасында) салқындалатын, в) азот қысымының ағынында салқындалатын үлгілер

SHS жану процесінен кейін азотта, ауада және пештің ішінде ұзақ уақыт салқындалу композицияның құрамдық сипаттамасын өзгертпесе де, сол құрамның

сандық көрсеткіштерінің өзгеруіне әкелді. 2 суреттегі рентген спектрлерінде көрсетілгендей, ауада немесе пеште салқындату CuAl_2O_4 мөлшеріне әсер етпейтін сияқты, бірақ CuO мөлшерін көбейтіп, ал Cu мөлшері азотпен салқындатылған үлгіде біршама артады. Мұны жоғарыда айтылған SHS кезінде және одан кейінгі негізгі реакциялар тізбегін қарастыру арқылы түсінуге болады.

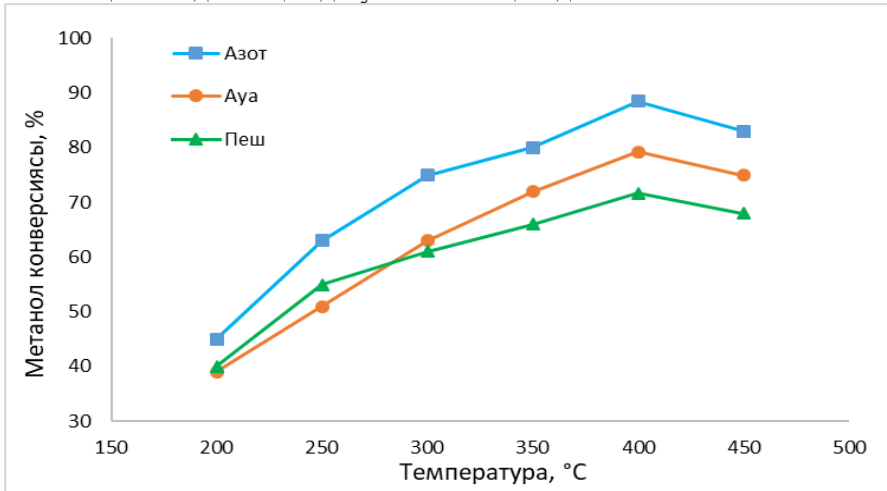


Сурет 2. Өртүрлі жағдайларда салқындатылғаннан кейінгі Al-Cu-O катализаторлар сериясының рентгендік құрылымдық спектрлері

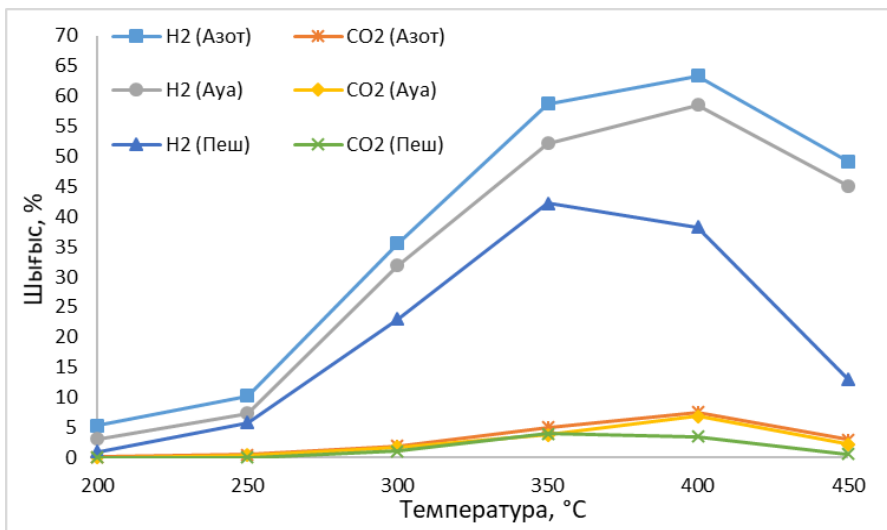
Алынған катализаторлардың сапалық құрамы ұқсас болды, бірақ фазалық қатынасы бойынша әр түрлі екенің байқадық. Фазалар арасындағы шамаланған қатынастар рентген сәулесінің салыстырмалы қарқындылығы арқылы анықталды.

Синтезделген Cu-Al-O катализаторларының каталитикалық белсенділігі бөлме температурасындағы ауада, азот ағынының астында, сондай-ақ $700\text{ }^\circ\text{C}$ дейін қыздырылған пеште салқындатылғаннан кейін зерттелді (Сурет 3 және Сурет 4). Пеште салқындату каталитикалық белсенділікті айтарлықтай төмендететіні анықталды. Осыған дейін қарастырылған СЭМ бақылаулары (Сурет 1) бұл заңдылық микроқұрылымның өзгеруінен, әсіресе дәндердің дамуы мен кристалдануынан туындауынан болуы мүмкін екендігін көрсетті. Ауада және азот ағынының астында қатаю микроқұрылымның дамуын тоқтатады және кристалдану толық емес болып шығады. Екінші жағынан, SHS реакциясынан кейін пеште ұзақ уақыт

ұстап салқындату микроқұрылымның толық дамуына мүмкіндік береді және «дәндердің» дамуына мен өсуіне мүмкіндік береді. Жылдам салқындату ақаулы құрылымның пайда болуына әкелуі мүмкін және бұл ақаулар белсенділіктің негізі болады да, катализатордың белсенді орталықтары ретінде әрекет етеді. Дегенмен, бұл микроқұрылымдық деңгеймен теңестіріледі, сондықтан белгілі бір процестің белсенділігі максималды болатын оңтайлы салқындату жылдамдығы болуы керек. Сонымен қатар, ұзақ уақыт бойы қызып тұрған пештің ішінде суыту микротор немесе интерфейстер арқылы атомдардың диффузиясына ықпал етіп, «ақаулардың» концентрациясын төмендетеді. 3 және 4 суреттерде көрсетілген нәтижелерді ескере отырып, SHS синтезінен кейін катализаторды оңтайлы салқындату жылдамдығы – азот ағынының астында салқындату екені анықталды.



Сурет 3. Өртүрлі жағдайларда салқындағаннан кейін бірдей Cu-Al-O катализаторы үшін температураға байланысты метанолдың конверсиясы



Сурет 4. Өртүрлі жағдайларда салқындағаннан кейін бірдей Cu-Al-O катализаторы үшін температураға байланысты H₂ мен CO₂ шығымы

Осылайша, метанолдың каталитикалық риформинг процесі арқылы сутегі мен көміртегінің қос тотығына дейін конверсиялану реакциясының оңтайлы шарттары анықталды: $T = 400 \text{ }^\circ\text{C}$, $P = 0,27 \text{ бар}$, $V = 100 \text{ мкл/мин}$, шикізат пен энергияны ұтымды тұтыну кезінде өнімнің максималды шығымдылығын алу үшін, реакция қоспасындағы заттардың қатынасы $\text{CH}_3\text{OH}:\text{H}_2\text{O} = 2,5:1$ болды.

Қорытынды

Осылайша, өздігінен таралатын жоғары температуралық (SHS) синтезінен кейінгі үлгілерді салқындату мен суыту жағдайлары катализаторлардың физикалық қасиеттері мен каталитикалық белсенділігіне айтарлықтай әсер етеді. Жүйеге байланысты салқындату жылдамдығының өзгеруі SHS катализаторларының құрамын да, құрылымын да өзгерте алады. Әр түрлі салқындату жағдайларын қолдана отырып жүргізілген тәжірибелер метанолдың сутегіге дейін конверсиялану процесінің каталитикалық белсенділігі арту үшін оңтайлы салқындату жағдайлары мен жылдамдығы бар екенін көрсетті. Бұл құбылыстың негізгі механизмдері құрамның, микроқұрылымның және ақаулардың концентрациясының өзгеруіне байланысты екені белгілі болды. Осы зерттеудің нәтижелері SHS катализаторларының репродуктивтілігін, қасиеттерін және каталитикалық белсенділігін жылдамдық пен салқындату жағдайларын бақылау арқылы арттыруға болатынын растайды.

REFERENCES

- Alejo L., Lago R., Pena M.A., Fierro J.L.G. (1997). Partial oxidation of methanol to produce hydrogen over Cu Zn-based catalysts, *Applied Catalysis — A: General*. — 162:281–297. — DOI: 10.1016/S0926-860X(97)00112-9.
- Aruna S.T., Patil K.C., Ekambaram S. (1997). Combustion Synthesis, *Current Opinion in Solid State and Materials Science*. — 2: 158–165. — DOI: 10.1016/S1359-0286(97)80060-5.
- Cubeiro M.L., Fierro J.L.G. (1998). Partial oxidation of methanol over supported palladium catalysts, *Applied Catalysis — A: General*. — 168:307–322. — DOI: 10.1016/S0926-860X(97)00361-X.
- Gladoun G.G. (2011). Some Advanced applications of SHS: an Overview, *International journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis*. — 20:269–272. — DOI: 10.3103/S1061386211040133.
- Gladun G.G., Kasymbekova D.A., Yskakova A.Z., Li Zh.G. (1993). Influence of Cooling Conditions on the Formation of Catalyst Composition, *Problems of Gas and Condensed Systems, Combustion Problems Institute Publications*. — Almaty, Kazakhstan. — P.123.
- Gofrey S.N., Judith U.J., Nonso E.O., Chukwuma O. (2022). Present and Projected Developments in Hydrogen Production: a technological review, *Carbon Capture Science & Technology*. — 3:100042. — DOI:10.1016/j.ccst.2022.100042 (in Eng.).
- Halder P., Babaie M., Salek F., Shah K., Stevanovic S. (2024). Performance, emissions and economic analyses of hydrogen fuel cell vehicles, *Renewable and Sustainable energy reviews*. — 199:114543. — DOI: 10.1016/j.rser.2024.114543.
- Hos T., Srör G., Herskowitz M. (2024). Autothermal reforming of methanol for on-board hydrogen production in marine vehicles. — *International journal of hydrogen energy*. — 49A:11212–1132. — DOI: 10.1016/j.ijhydene.2023.08.315.
- Kang J., Song Y., Kim T., Kim S. (2022). Recent trends in the development of reactor systems for hydrogen production via methanol steam reforming. — *International journal of hydrogen energy*. — 47:3587–3610. — DOI: 10.1016/j.ijhydene.2021.11.041.
- Korchagin M.A., Dudina D. (2007). Application of self-propagating high-temperature synthesis and mechanical activation for obtaining nanocomposites, *Combustion Explosion and Shock Waves*. — 43(2):176–187. — DOI: 10.1007/s10573-007-0024-3.
- Loricera C.V., Alvarez-Galvan M.C., Guil-Lopez R., Ismail A.A., Al-Sayari S.A., Fierro J.L.G. (2017).

Structure and reactivity of sol-gel V/SiO₂ catalysts for the direct conversion of methane to formaldehyde, *Topics in Catalysis*. — 60:1129–1139. — DOI: 10.1007/s11244-017-0809-x (in Eng.).

Merzhanov A.G., Munir Z.A. and Holt J.B. (1990). *Combustion and Plasma Synthesis of High Temperature Materials*, VCH Publishers. — New York. — P.1.

Merzhanov A.G., Borovinskaya I.P. (2008). Historical retrospective of SHS: An autoreview. — *International journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis*. — 17:242–265. — DOI: 10.3103/S1061386208040079.

Moore J.J. and Feng H.J. (1995). Combustion synthesis of advanced materials, *Progress in Materials Science*. — 39:243–273. — DOI: 10.1016/0079-6425(94)00011-5.

Parmon V.N., Bridgewater A., Tributsch H. (1999). *Chemistry for the Energy Future*. — Blackwell, London. — ISBN 10: 0632052694.

Vekinis G. (2000). Deep oxidation of methane using catalysts and carriers produced by self-propagating high-temperature synthesis, *Applied Catalysis*. — A: General. — 199:227–238. — DOI: 10.1016/S0926-860X(99)00562-1.

Veras T.S., Mozer T.S., Santos D.C., Cesar A.S. (2017). Hydrogen: Trends, production and characterization of the main process worldwide. — *International journal of Hydrogen Energy*. — 42:2018–2033. — DOI: 10.1016/j.ijhydene.2016.08.219 (in Eng.).

МАЗМҰНЫ

Қ. Амантайұлы, С. Азат, Н.Н. Нургалиев, 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. Талгатов, 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. Садықов 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.