

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



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ
АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN

SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

1 (462)

JANUARY – MARCH 2025

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынулы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, РБҚ ҚР ҰҒА президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакция алқасы:

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» Халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

СТРНАД Мирослав, профессор, Чехия ғылым академиясының Эксперименттік ботаника институтының зертхана меңгерушісі (Оломоуц, Чехия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

ХОХМАНН Джудит, Сегед университетінің Фармацевтика факультетінің Фармакогнозия кафедрасының меңгерушісі, Жаратылыстану ғылымдарының пәнаралық орталығының директоры (Сегед, Венгрия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

РОСС Самир, PhD, Миссисипи университетінің Өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу ұлттық орталығы, Фармация мектебінің профессоры (Окефорд, АҚШ) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, философия докторы (PhD, фармацевт), Реддинг университетінің профессоры (Реддинг, Англия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛТАЕВ Бағдат Бұрханбайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджида Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдард университетінің Шығыс медицина факультеті (Карачи, Пәкістан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

ФАЗЫЛОВ Серік Драхметұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Органикалық синтез және көмір химиясы институты директорының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробекқызы, химия ғылымдарының докторы, профессор, Қырғызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Қырғызстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, химия ғылымдарының докторы, профессор, Тәжікстан ҒА академигі, В.И. Никитин атындағы Химия институты (Душанбе, Тәжікстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

ФАРЗАЛИЕВ Вағиф Меджидоглы, химия ғылымдарының докторы, профессор, АҰҒА академигі (Баку, Әзірбайжан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

ГАРЕЛИК Хемда, философия докторы (PhD, химия), Халықаралық таза және қолданбалы химия одағының Химия және қоршаған орта бөлімінің президенті (Лондон, Англия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы»

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **28.02.2025 ж.** берген №КЗ63ВРҮ00113743 Күәлік.

Тақырыптық бағыты: *химия және химиялық технология*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы РҚБ, 2025

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент РОО Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакционная коллегия:

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

СТРНАД Мирослав, профессор, заведующий лабораторией института Экспериментальной ботаники Чешской академии наук (Оломоуц, Чехия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

ХОХМАНН Джудит, заведующий кафедрой Фармакогнозии Фармацевтического факультета Университета Сегеда, директор Междисциплинарного центра естественных наук (Сегед, Венгрия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

РОСС Самир, PhD, профессор Школы Фармации национального центра научных исследований растительных продуктов Университета Миссисипи (Оксфорд, США), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, доктор философии (Ph.D, фармацевт), профессор Университета Рединга (Рединг, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛЬТАЕВ Багдат Бурханбайулы, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

ФАРУК Ахсана Дар, профессор колледжа Восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет Восточной медицины университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

ФАЗЫЛОВ Серик Драхметович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углекислотной химии (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробековна, доктор химических наук, профессор, академик НАН Кыргызстана, Институт химии и химической технологии НАН КР (Бишкек, Кыргызстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, доктор химических наук, профессор, академик АН Таджикистана, Институт химии имени В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, Таджикистан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджид оглы, доктор химических наук, профессор, академик НАНА (Баку, Азербайджан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

ГАРЕЛИК Хемда, доктор философии (Ph.D, химия), президент Отдела химии и окружающей среды Международного союза чистой и прикладной химии (Лондон, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

«Известия НАН РК. Серия химии и технологии».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство №KZ63VPY00113743 о повторной регистрации периодического печатного издания информационного агентства, информационного агентства и сетевого издания, выданное Республиканским государственным учреждением «Комитет информации» Министерства культуры и информации Республики Казахстан 28.02.2025 г.

Тематическая направленность: *химия и химические технологии*

Периодичность: 4 раза в год.

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

© РОО Национальная академия наук Республики Казахстан, 2025

Editor in chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, President of NAS RK RPA, general director of JSC "D.V. Sokolsky Institute of fuel, catalysis and electrochemistry (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

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) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

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) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

STRNAD Miroslav, head of the laboratory of the Institute of Experimental Botany of the Czech Academy of Sciences, professor (Olomouc, Czech Republic) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

BURKITBAYEV Mukhambetkali, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

HOHMANN Judith, head of the department of pharmacognosy, faculty of Pharmacy, University of Szeged, director of the interdisciplinary center for Life sciences (Szeged, Hungary) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

ROSS Samir, Ph.D, professor, school of Pharmacy, National Center for scientific research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

KHUTORYANSKY Vitaly, Ph.D, pharmacist, professor at the University of Reading (Reading, England) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

TELTAYEV Bagdat Burkhanbayuly, doctor of technical sciences, professor, academician of NAS RK, Ministry of Industry and infrastructure development of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid college of Oriental medicine, faculty of Oriental medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

FAZYLOV Serik Drakhmetovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, deputy director of the Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry (Karaganda, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ZHOROBEKOVA Sharipa Zhorobekovna, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Kyrgyzstan, Institute of Chemistry and chemical technology of NAS KR (Bishkek, Kyrgyzstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

KHALIKOV Jurabay Khalikovich, doctor of chemistry, professor, academician of the Academy of Sciences of Tajikistan, V.I. Nikitin Institute of Chemistry AS RT (Tajikistan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

FARZALIEV Vagif Medzhid ogly, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

GARELIK Hemda, PhD in chemistry, president of the department of Chemistry and Environment of the International Union of Pure and Applied Chemistry (London, England) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

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.

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, 2025

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224–5286

Volume 1. Number 462 (2025), 104–120

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1491.270>

ӨОЖ 544.478.023.57

MPFTA 31.15.28

© **B.K. Massalimova^{1*}, A.S. Darmenbayeva², Zh. Mukazhanova³,
K.A. Shorayeva⁴, N.V. Ostafeychuk¹, 2025.**

¹North Kazakhstan University named after M. Kozybayev, Petropavlovsk, Kazakhstan;

² M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan;

³ S.Amanzholov East Kazakhstan University, Oskemen, Kazakhstan;

⁴ Research institute for biological safety problems, Kazakhstan.

E-mail: bkmasalimova@ku.edu.kz

DEVELOPMENT AND STUDY OF CATALYSTS FOR DEHYDROGENATION OF SATURATED HYDROCARBONS TO OLEFINS

Massalimova Bakytgul Kabykenovna - Professor at the Department of Chemistry and Chemical Technology, M. Kozybayev North Kazakhstan University, e-mail: bkmasalimova@ku.edu.kz, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0135-9712>;

Darmenbayeva Akmaral Sabetbekkyzy - Associate professor at the Department of Chemistry and Chemical technology, M.Kh. Dulaty Taraz University, Taraz, Kazakhstan, e-mail: maral88@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2974-0398>;

Mukazhanova Zhazira Bigalievna - PhD, Head of the Department of Chemistry, East Kazakhstan University named after S. Amanzholov, e-mail: mukazhanovazhb@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4635-8000>;

Shorayeva Kamshat Abitkhanovna - Research institute for biological safety problems, Head of laboratory, Zhambyl region, Guardeyskiy uts, Kazakhstan, E-mail: k.a.shorayeva@mail.ru, k.shorayeva@biosafety.kz, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8777-8453>

Ostafeichuk Natalya Vladimirovna – Senior lecturer, Master’s degree at the Department of Chemistry and Chemical Technology, M. Kozybayev North Kazakhstan University, E-mail: nostafeichuk@ku.edu.kz, ORCID: 0000-0003-2808-080X,

Abstract. The primary processes in petrochemistry are pyrolysis, cracking, and dehydrogenation. The oxidation of light alkanes into basic chemical products is a priority area of technological development and has a radical impact on the progressive advancement of modern petrochemistry in this field. The efficiency of the pyrolysis process can be increased by adding a small amount of oxygen to the feedstock. Partial oxidation of hydrocarbons results in direct heat release in the reaction zone, accompanied by the formation of highly active OH- radicals, which significantly enhances the reactivity of the system. Oxidative dehydrogenation can solve many problems, including optimizing the problems associated with soot formation. The prioritization of studying

the dehydrogenation process of oxides is directly linked to the rapidly growing demand for propylene, whose yield from catalytic cracking and pyrolysis of hydrocarbon feedstocks is not very high. The increasing demand for olefins (alkenes) encourages researchers to explore ways to improve existing technologies and develop new, more efficient catalysts. The traditional method for producing C₂-C₄ olefins (accounting for more than 95% of total production) is pyrolysis (of saturated hydrocarbon fractions C₂-C₄ and naphtha) and catalytic cracking of hydrocarbon feedstocks (petroleum products). The second most common method for producing olefins is catalytic dehydrogenation (DH) of alkanes, using associated petroleum gas, natural gas, and shale gas as feedstocks. An analysis of scientific publications on oxidative dehydrogenation of saturated hydrocarbons C₁-C₄ into olefins over the past 20 years shows that research in this area is underdeveloped in Kazakhstan. The synthesized catalyst has significant practical value in olefin production. In dehydrogenation processes of hydrocarbons, a secondary process plays an important role. The dehydrogenation of hydrocarbons was carried out using a mono- or multi-component catalytic system supported on a natural carrier. The method of effectively utilizing natural clay as a catalyst support has been studied.

Keywords: hydrocarbon, natural clay, dehydrogenation, olefin, monooxide catalyst.

©**Б.К. Масалимова**^{1*}, **А.С. Дарменбаева**², **Ж.Б. Мукажанова**³,
К.А. Шораева⁴, **Н.В. Остафейчук**¹, 2025.

^{1*}М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті,
Петропавл, Қазақстан;

²М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан;

³С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан;

⁴Биологиялық қауіпсіздік проблемаларының ғылыми-зерттеу институты,
Қазақстан.

*E-mail: bkmasalimova@ku.edu.kz

КӨМІРСУТЕКТЕРДІ ОЛЕФИНДЕРГЕ ДЕГИДРЛЕУ ҮШІН КАТАЛИЗАТОРЛАРДЫ ҚҰРУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ

Масалимова Бакытгуль Кабыкеновна - «Химия және химиялық технология» кафедрасының профессоры, М. Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл, Қазақстан, E-mail: bkmasalimova@ku.edu.kz, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0135-9712>;

Дарменбаева Ақмарал Сабетбекқызы - «Химия және химиялық технология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан, e-mail: maral88@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2974-0398;

Мукажанова Жазира Бигалиевна - PhD, «Химия» кафедрасының меңгерушісі, С. Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті, Өскемен, Қазақстан, e-mail: mukazhanovazhb@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4635-8000>

Шораева Камшат Абитхановна - Биологиялық қауіпсіздік проблемаларының ғылыми-зерттеу институт, зертхана меңгерушісі; Жамбыл облысы, Гвардейск қалашығы, Қазақстан, E-mail: k.a.shorayeva@mail.ru, k.shorayeva@biosafety.kz, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8777-8453>;

Остафейчук Наталья Владимировна - «Химия және химиялық технология» кафедрасының аға оқытушысы, магистр, М.Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл, Қазақстан, E-mail: nostafejchuk@ku.edu.kz, ORCID: 0000-0003-2808-080X;

Аннотация. Пиролиз, крекинг, дегидрлену реакциялары мұнайхимиясының негізі болып табылады. Көмірсутекті шикізаттардың жартылай тотығуы сәйкес технологиялық процестерді жүргізу барысында энергиямен қамтамасыз етуде тиімді әдістердің қатарына жатады. Базалық химиялық өнімдерге дейін жеңіл алкандардың тотыға айналуы технологиялық тұрғыдан дамуда басымдылығы жоғары және заманауи мұнайхимиясының радикалды түрде осы салада прогрессивті дамуына әсер етеді. Шикізатқа аз мөлшердегі оттегіні қосу арқылы пиролиз процесінің өнімділігін арттыруға болады. Көмірсутектердің жартылай тотығуы нәтижесінде реакция аймағында тікелей жылу шығару, өте белсенді ОН-радикалдарының пайда болуымен бірге жүреді, жүйенің реакциялық белсенділігін күрт арттырады. Тотыға дегидрлену көптеген мәселелерді шешуге, соның ішінде күйенің түзілуіне байланысты мәселелерді оңтайландыруға мүмкіндік береді. Тотыға дегидрлену процесін зерттеудің басымдылығы пропиленге сұраныстың тез ұлғаюына тікелей байланысты, оның шығымы көмірсутекті шикізаттың каталитикалық крекинг және пиролизде аса жоғары емес.

Көмірсутектерге өсіп келе жатқан сұраныс зерттеушілерді қолданыстағы технологияларды жақсарту және жаңа, тиімді катализаторлар жасау жолдарын анықтауға әкеліп отыр. C_2 - C_4 олефиндерді алудың дәстүрлі әдісі (өндірістің жалпы көлемінің 95%-дан астамы) пиролиз (C_2 - C_4 қаныққан көмірсутектердің фракциялары, нафта) және көмірсутек шикізатының (мұнай өнімдері) каталитикалық крекингі болып табылады. Олефиндерді алудың екінші кең тараған әдісі - ілеспе мұнай газы, табиғи газ және тақтатас газы шикізат ретінде әрекет ететін алкандарды каталитикалық дегидрлеу (ДГ) болып табылады. Соңғы 20 жылда C_1 - C_4 қаныққан көмірсутектерді олефиндерге тотыға дегидрленуге байланысты ғылыми жарияланымдарды талдау барысында Қазақстанда осы бағытта зерттеулер жүргізіліп жатқанын көрсетті. Синтезделген катализатор олефиндер алуда үлкен қолданбалы қызығушылық көрсетеді. Көмірсутектердің дегидрлену процестерінде қосалқы процесс маңызды орын алады. Көмірсутектердің дегидрлену процесі табиғи тасымалдағышқа қондырылған монокөпкомпонентті каталитикалық жүйеде жүргізілді. Катализатордың тасымалдағышы ретінде табиғи сазбалшықты тиімді пайдаланудың әдісі зерттелді.

Түйін сөздер: көмірсутек, табиғи сазбалшық, дегидрлеу, олефин, монооксидті катализатор.

© Б.К. Масалимова^{1*}, А.С. Дарменбаева², Ж.Б. Мукажанова³,
К.А. Шораева⁴, Н.В. Остафейчук¹, 2025.

^{1*}Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, Петропавловск,
Казахстан;

²Таразский университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан;

³Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова,
Усть-Каменогорск, Казахстан;

⁴Научно-исследовательский институт проблем биологической безопасности,
Казахстан.

^{1*}E-mail: bkmasalimova@ku.edu.kz

РАЗРАБОТКА И ИЗУЧЕНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ДЕГИДРИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ ДО ОЛЕФИНОВ

Масалимова Бакытгуль Кабыкеновна – профессор кафедры «Химия и химическая технология», Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан, e-mail: bkmasalimova@ku.edu.kz, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0135-9712>;

Дарменбаева Акмарал Сабетбеккызы – ассоциированный профессор кафедры «Химия и химическая технология», Таразский университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан, e-mail: maral88@mail.ru, ORCID: 0000-0003-2974-0398;

Мукажанова Жазира Бигалиевна – PhD, заведующий кафедры «Химии», Восточно-Казахстанский университет имени

С. Аманжолова, Усть-Каменогорск, Казахстан, e-mail: mukazhanovazhb@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4635-8000>;

Шораева Камшат Абитхановна – Научно-исследовательский институт проблем биологической безопасности, заведующая лабораторией, Жамбылская область, пгт. Гвардейский, Казахстан, E-mail: k.a.shorayeva@mail.ru, k.shorayeva@biosafety.kz, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8777-8453>;

Остафейчук Наталья Владимировна – старший преподаватель, магистр кафедры «Химия и химическая технология», Северо-Казахстанский университет имени М. Козыбаева, Петропавловск, Казахстан, E-mail: nostafejchuk@ku.edu.kz, ORCID: 0000-0003-2808-080X.

Аннотация. Основными процессами нефтехимии являются пиролиз, крекинг и дегидрирование. Окисление легких алканов в базовые химические продукты считается приоритетным направлением технологического развития и оказывает существенное влияние на прогрессивное развитие современной нефтехимии. Производительность процесса пиролиза можно повысить, добавив к исходному сырью небольшое количество кислорода. Парциальное окисление углеводородов обеспечивает прямое выделение тепла в зоне реакции и образование высокоактивных радикалов OH-, что значительно увеличивает реакционную способность системы. Окислительное дегидрирование позволяет решить многие проблемы, в том числе оптимизировать проблемы, связанные с образованием сажи. Приоритетное изучение процесса дегидрирования связано с растущим спросом на пропилен, выход которого при каталитическом крекинге и пиролизе углеводородного сырья остаётся невысоким.

Растущий спрос на олефины (алкены) стимулирует разработку новых, более эффективных катализаторов и совершенствование существующих технологий. Традиционным методом получения олефинов C₂-C₄ (более 95% от общего объема производства) являются пиролиз (предельных углеводородов C₂-C₄ и нефти) и каталитический крекинг углеводородного сырья (нефтепродуктов). Вторым по распространенности методом является каталитическое дегидрирование (ДГ) алканов, где в качестве сырья используются попутный нефтяной газ, природный газ и сланцевый газ. Анализ научных публикаций за последние 20 лет по теме окислительного дегидрирования предельных углеводородов C₁-C₄ в олефины показал, что исследования в этом направлении в Казахстане развиты хорошо. Синтезированные катализаторы имеют значительный практический интерес для производства олефинов. В процессах дегидрирования углеводородов важную роль играет вторичный процесс. Дегидрирование углеводородов проводилось

на основе моно- или многокомпонентных каталитических систем, нанесенных на природном носителе. В ходе исследований был изучен метод эффективного использования природной глины в качестве носителя катализатора.

Ключевые слова: углеводород, природная глина, дегидрирование, олефин, монооксидный катализатор.

Кіріспе. Көмірсутектерді каталитикалық тотықтыра дегидрлеудің өнеркәсіптік маңызы жоғары. Моноолефиндерден бутadiен, изопрен және акролеин алудың жоғары талғамды процестері әзірленген. Көмірсутектерді тотықтыра дегидрлеу арқылы қайта өңдеу көп зерттелмеген. Алкендерге қарағанда алкандардың олефиндерге талғамдылығы төмен болып келеді, себебі алкандардың реакцияға қабілеттілігі өте нашар болуында. Қазіргі уақытта алкан пиролизінің тиімділігін арттырудың маңызды бағыты каталитикалық пиролиз болып табылады (Heracleous, et al, 2004; Масалимова, 2019; Shorayeva, Massalimova, et al, 2020). Реакция температурасын төмендетуге, мақсатты өнімдер бойынша талғамдылықты арттыруға, күйе түзілуін төмендетуге және пиролиздің шикізат базасын кеңейтуге мүмкіндік беретін біртекті және гетерогенді катализаторларды белсенді зерттеу жұмыстары қарқынды жүріп жатыр. Процесс температурасының төмендеуі оны жүзеге асыру үшін энергия шығынының төмендеуіне әкеледі, сонымен қатар қосалқы реакцияларды тежейді. Қазіргі уақытта осы процестерді жүзеге асыру үшін каталитикалық реакцияларды қолданудың баламасы жоқ. Гетерогенді катализаторлар ең оңтайлы болып табылады. Көптеген ғылыми жұмыстарда өнімдердің шығу процестерін каталлиздеуге, күйе және реакцияның жанама өнімдерінің түзілуін тежеуге қабілетті заттар зерттелген (Fang, et al, 2014). Сондықтан, ұсынылып отырған жұмыста қаныққан көмірсутектердің тотыға дегидрлену процесі ағынды қондырғыда, реакцияның технологиялық параметрларын өзгерте отырып жүргізілді. Көмірсутектер қоспасының дегидрлену процесіне температураның, катализатордың құрамының әсері зерттелді. Әдебиеттік шолуларда пропан-бутанды қоспадан олефин алуға байланысты жұмыстар өте аз кездеседі (Закумбаева, 2013; Shorayeva, et al, 2020; Shorayeva, et al, 2021). Сондықтан, осы жұмыста пропан-бутан қоспасын дегидрлеу арқылы табиғи сазбалшыққа қондырылған монооксидті катализатордың белсенділігі зерттелді.

Олефиндерге (алкендерге) өсіп келе жатқан сұраныс зерттеушілерді қолданыстағы технологияларды жақсарту және жаңа, тиімді катализаторлар жасау жолдарын анықтауға әкеліп отыр. C_2 - C_4 олефиндерді алудың дәстүрлі әдісі (өндірістің жалпы көлемінің 95%-дан астамы) пиролиз (C_2 - C_4 қаныққан көмірсутектердің фракциялары, нафта) және көмірсутек шикізатының (мұнай өнімдері) каталитикалық крекингі болып табылады. Олефиндер химия өнеркәсібінде полимерлер, эластомерлер және бағалы химиялық заттардың кең спектрін алу үшін кеңінен қолданылады (мысалы, этиленгликоль, акролеин, метил үшіншілік бутил эфирі). Олефиндерді алудың екінші кең тараған әдісі - ілеспе мұнай газы, табиғи газ және тақтатас газы шикізат ретінде әрекет ететін

алкандарды каталитикалық дегидрлеу болып табылады (Heracleous, et al, 2010; Бондарева, et al, 2017).

Соңғы 20 жылда C_1-C_4 қаныққан көмірсутектерді олефиндерге тотыға дегидрленуге байланысты ғылыми жарияланымдарды талдау барысында Қазақстанда осы бағытта зерттеулер әлі де әлсіз жүргізіліп жатқанын көрсетті. Катализаторларды әзірлеу бойынша негізгі зерттеулер АҚШ-та, Германияда, Ресейде, Жапонияда жүзеге асырылады, бірақ пилоттық және тәжірибелік-өнеркәсіптік кезеңдерге жеткізілген елеулі ғылыми әзірлемелер әлі жеткіліксіз болып табылады. Өнеркәсіптің олефиндерге деген қажеттілігінің тұрақты өсуі, бір жағынан, әлемдегі ең үлкен табиғи газ қорлары, екінші жағынан, C_1-C_4 көмірсутектерінің тотықтыра дегидрлеу процесі үлкен қызығушылық тудырады (Lemonidou, et al, 2001). Технология табиғи газ негізінде этилен, пропиленді және басқа өнімдерді (метанол, формальдегид) алудың басқа процестерімен салыстырғанда тиімдірек болып табылады. Синтезделген катализатор олефиндер алуда үлкен қолданбалы қызығушылық көрсетеді. Көмірсутектердің дегидрлену процестерінде C_1-C_2 көмірсутектер түзіле жүретін крекинг сияқты аралық процестің маңызы зор. Сонымен қатар, көміртектің бөлінуінен катализатор беті көмірленіп, катализатордың белсенділігі төмендейді. Бастапқы шикізат ретінде модельді көмірсутектерді, оның ішінде изобутан, пропанды қолдану, газтәрізді көмірсутектер қоспасынан оларды бөліп алу үшін арнайы әдістер қажет болады. Осыған байланысты экономикалық тұрғыдан алғанда көмірсутектерді дегидрлеу процесі тиімді. Ұсынылып отырған ғылыми жұмыста көмірсутектердің дегидрлену процесі табиғи тасымалдағышқа қондырылған монокөпкомпонентті каталитикалық жүйеде жүргізілді. Көмірсутек қоспасының табиғи сазбалшық негізінде құрылған оксидті катализаторларда жартылай тотығуы бірнеше бағытта жүретін каталитикалық процеске жатады. Көп бағытты реакция болғандықтан әртүрлі заттар түзіледі (Масалимова, 2019).

Материалдар мен негізгі әдістер.

Көмірсутекті (КС) қоспадан құрамында олефиндері бар қосылысты дегидрлену процесі арқылы алу үшін кварцты түтікті реакторда, атмосфералық қысымда ағынды қондырғыда тәжірибелер жүргізілді. Дегидрлену процесін жүргізу үшін келесі газ қоспалары: көмірсутек газ баллоннан, ауадағы оттегі, инертті газ (Ar) қатысуымен және қатысуынсыз қолданылды. Қаныққан көмірсутектердің тотыға дегидрлену процесінде катализатордың катализдік белсенділігін зерттеу бойынша жасалынған эксперименттер ағынды-катализдік қондырғыда жүргізілді (Масалимова Б.К. және т.б., 2024). Ағынды қондырғы үш негізгі бөліктен құралған: бастапқы газ қоспасын дайындау, ағынды типтегі катализдік кварц реакторы және газдарды талдауға арналған хроматограф. Өзірленген катализаторлардың белсенділігін анықтау кезінде реактордың температурасы 300-ден 600°C аралығында зерттелді. Катализаторды дайындау үшін олардың судағы тұздарының ерітінділерін сіңіру әдісі бойынша табиғи сазбалшығына қондырылды. Дайындалған үлгілер күйдіріліп, эксикаторда сақталынды (Масалимова, 2019). Хроматографиялық талдауды жүргізу «Agilent Technologies

6890N» (АҚШ) хроматографы арқылы жүргізілді (Масалимова, 2019; Tungatarova, et al, 2019).

Табиғи сазбалшыққа қондырылған хром негізді катализатор құрылып, оның қасиеттері зерттелді. Қазақстанда табиғи сазбалшықтардың көптеген түрлері бар. Табиғи сазбалшықтардың каталитикалық белсенділігі, құрылымдық қасиеттері туралы мәліметтер отандық және шетелдік ғалымдардың ғылыми зерттеулерінде жарияланған (Shorayeva, et al, 2020; Shorayeva, et al, 2021). Табиғи тасымалдағыштар өңдеу технологиясы жағынан тиімді және қолайлы болып келеді. Көптеген каталитикалық процестердің өзіндік құнын жоғарылату үшін табиғи сазбалшықты тасымалдағыш негізіндегі катализаторларды қолдану өзекті сұрақтардың бірі болып табылады (Vernikovskaya, et al, 2011; Масалимова, 2019).

Ғылыми әдебиет көздеріне сүйенсек, хромқұрамды катализаторларды дайындаудың әртүрлі әдістері көрсетілген (Heracleous, et al, 2004; Heracleous, et al, 2005; Петров, et al, 2009; Петров, et al, 2009) және т.б.

Катализатор дайындау кезінде қолданылатын әдістердің бірі ылғал сыйымдылық арқылы сіндіру. Осы әдістің басты артықшылықтары қарапайымдылығы, ауқымдылығы және белсенді компоненттің біркелкі таралуы және оны жоғары дисперсті күйде тұрақтандыру есебінен активтілігі жоғары, жұмыс жасау мерзімі тұрақты болып келетін катализаторларды алу мүмкіндігін айтуға болады (Jesper, et al, 2014). Силикагель, алюминий оксидтері, цирконий диоксиді, титан диоксидтерін тасымалдағыш ретінде қарастыруға болады. Жоғарыда аталған жүйелердің каталитикалық активтілігі негізінен тасымалдағыш сипатына, белсенді компоненттің (CrOx) мөлшеріне, каталитикалық жүйелерді алдын-ала өңдеу процестеріне тікелей байланысты.

Ғылыми әдебиеттерде хром оксидінің ізашарлары ретінде зерттеулер жүргізілген (Арутюнов, et al, 2012; Heracleous, et al, 2004; Петров, et al, 2009; Heracleous, et al, 004; Петров, et al, 2009). Әртүрлі тасымалдағыштардың сіндіру кезінде құрамында хром бар прекурсорлардың өзара әрекеттесу сипаты бетінің әртүрлі функционалдық қасиеттеріне байланысты әртүрлі болуы мүмкін. Хром оксиді құрылымдарымен бетін жабудың төмен және орташа дәрежесінде көптеген тасымалдағыштар оттегінің тетраэдрлік координациясында Cr(VI) иондары түріндегі хромды тұрақтандыруға көмектеседі, ал жоғары дәрежеде хром қосылыстарының ($\alpha\text{-Cr}_2\text{O}_3$) көлемді фазалары қалыптасады. (Jesper, et al, 2014) жұмыста металдар мен металл оксидтеріндегі жеңіл алкандардың каталитикалық дегидрленуін көрсететін зерттеу жүргізілген. Әрбір каталитикалық жүйе үшін белсенді орталықтардың ерекше табиғаты, сондай-ақ катализатордың өнімділігі мен қызмет ету мерзімін анықтау үшін тасымалдағыштың, промоторлардың және шикізаттың әсері сияқты тиісті факторлар талқыланды. Зерттеу реакция механизмі, дезактивация жолдары және каталитикалық сипаттамалары бойынша әртүрлі катализаторлар салыстырылған. Дегидрлеу кезеңінің ұзақтығы реакцияның эндотермиялық сипатына байланысты тез төмендейтін катализатор қабатының жылу сыйымдылығына байланыстылығы анықталған.

Құрамында шамамен 6 мас.% болатын хром және калий мөлшерін (1,8 мас.%)

дейін), біртіндеп жоғарылата отырып, гамма-алюминий оксидіне қондырылған хром оксиді негізіндегі дегидрлеу катализаторлары дайындалып және бірнеше әдістер арқылы химиялық талдаулар жүргізілген. Пропанның 813 К дегидрлеу реакциясындағы үлгілердің каталитикалық әрекеті, калий қоспасының әсері зерттелді (Rombi, et al, 2003). Тасымалдағышқа ізашар ретінде хром оксиді немесе аммоний бихромат/хроматты қолдану тиімді, өйткені хромның тұрақтануы сіңдіру сатысында оң зарядталған гамма-алюминий оксидінің бетінде теріс зарядталған ізашар аниондардың адсорбциясы арқылы жүреді (Петров, et al, 2009).

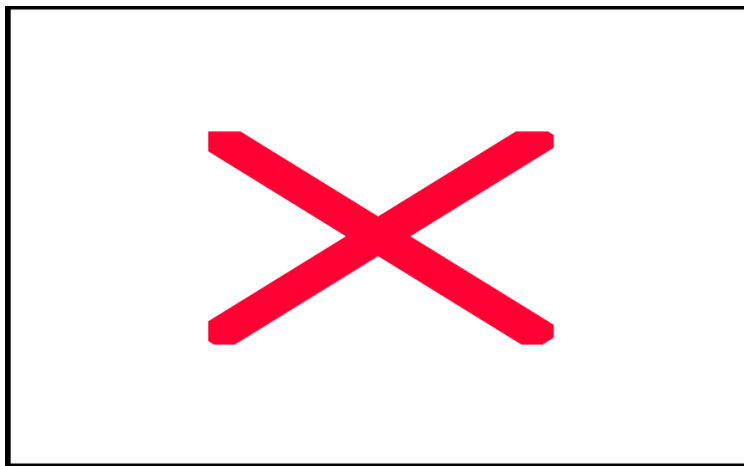
Жұмыста (Арутонов, et al, 2012; Jesper, et al, 2014) хром негізді каталитикалық жүйе қасиеттеріне температура, атмосфера сияқты термиялық өңдеу жағдайлары әсер етеді. (Арутонов, et al, 2012; Fang, et al, 2015) жұмыста құрамында 13,2 мас.% хром мөлшері бар хром-алюминий катализаторлары азот және оттеққұрамды қоспалардың қатысуында әртүрлі температурада дайындалған және олардың морфологиялық құрылым зерттелген. Каталитикалық жүйені дайындау кезіндегі күйдіру температурасын жоғарылату арқылы хромның алты валентті катионының үлесі төмендеген, қолданылатын азот және оттеққұрамды қоспалардың қатысуындағы өңдеу түріне қарамастан, катализаторлардағы альфахром оксидінің ($\alpha\text{-Cr}_2\text{O}_3$) массалық үлесінің жоғарылауы анықталған. Каталитикалық жүйелерді бірдей температурада күйдіргенде, құрамында оттегі бар қоспалармен салыстырғанда инертті ортада күйдіруде хромның алыт валентті катионының үлесі жоғары болды, ал қоспадағы оттегі мөлшерін жоғарылатса, катализаторлардағы хромның алты валентті катионының үлесі жоғарылаған.

Авторлар тасымалдағыш бетіне қондырылған хром оксидінің (CrO_3) негізгі бөлігінің ыдырауы 450 °С температураға дейін, ал тасымалдағыш бетімен әрекеттесетін хроматтар мен полихроматтардың хромның алты валентті оксидіне (Cr_2O_3) айналуы үшін жоғары температура қажет екенін атап көрсеткен. Изобутанды дегидрлеуде азот және 15% оттегі/азот атмосферасында 450 °С температурада күйдірілген катализаторлар, сондай-ақ құрамында 10, 15 және 21% оттегі бар оттегі/азот атмосферасында 760 °С температурада күйдірілген каталитикалық жүйелер зерттелген. Хром катионы (Cr^{6+}) үлесінің жоғарылауынан изобутан айналым мөлшері шамалы ғана артады (шамамен 4,5%) және изобутанды крекинг өнімдерінің ($\text{C}_1\text{-C}_3$ көмірсутектер) және кокс шығымының салыстырмалы түрде 30% жоғарылауы көрсетілген. Қосалқы өнімдер шығымының артуы Cr^{6+} мөлшерінің жоғарылауымен катализаторлардың қышқылдығының жоғарылауымен байланысты болды. Термиялық өңдеу жағдайлары, қолданылатын ізашарлардың түрі хром күйіне және хромды құрайтын катализаторлардың каталитикалық қасиеттеріне әсер етеді. Хром оксидінің ізашарларын таңдау тасымалдағыш бетінің сипатына байланысты болуы керек (Петров, et al, 2009; Słoczyński, et al, 2011; Арутонов, et al, 2012).

Нәтижелері.

Көмірсутектерді олефиндерге дейін дегидрлеу процесіне қолданылған катализаторды алу үшін тасымалдағышты хромның суда ерігіш қосылысымен сіңіру әдісі арқылы дайындалды (Реймбаев, et al, 2024). Синтезделіп алынған

катализатор кептіріліп, күйдірілді. Кептіру процесі кептіргіш шкафта 200 °С температурада 2 сағат бойы, күйдіру процесі муфельді пеште 500 °С 2 сағат бойы ұсталды. Зерттеуге таңдалып алынған табиғи тасымалдағыштың меншікті беттік ауданы 31,2 м²/г, кеуек көлемі 5 нм көрсетті. Катализатор дайындау үшін алдын-ала табиғи тасымалдағыштың ылғал сыйымдылығы есептелінді. Құрамында хром металы бар хром нитраты ерітіндісін (10 мл) алдын-ала өңделген табиғи тасымалдағышқа қосып, оларды араластырып, белгіленген бөлме температурасында сіңіру процесі жүргізілді. Алынған қоспаны араластыра отырып су моншасында буландырады. Дайын болған катализаторды кептіргіш шкафта кептіріп, муфельді пеште күйдіріп, бюкске салып, эксикаторда сақтайды. Көмірсутек қоспасы мен оттегіден олефин алу үшін ағынды кварцты түтіккі реакторға катализаторды салады, реакторға зерттеуге алынған реакциялық қоспаны C₃-C₄:O₂:N₂=7:1:4 көлемдік қатынаста өткізеді. Бастапқы реакциялық қоспаның көлемдік жылдамдығы автоматты түрде реттеліп отырады. Көмірсутектердің олефиндерге дегидрлену процесі атмосфералық қысымда, 750 сағ⁻¹ көлемдік жылдамдықта, температураны әрбір 50 °С жоғарылата отырып 350-600 °С температура аралығында жүргізілді. Реакция 2 сағат бойы жүргізілді. Осы процесте олефиндерден басқа, сутегі мен СО₂ іздері және оттеkkұрамдас органикалық қосылыстар да түзілді. Реакция жағдайына байланысты көмірсутек қоспасының ауадағы оттегімен дегидрленуінде температураға байланысты айналымның пайыздық мөлшері есептелді (3-сурет).



Сурет 3 – Көмірсутек қоспасының дегидрленуінде айналымның реакция температурасына тәуелділігі. Реакция жағдайы: КС:ауадағы оттегі=150мл/мин:100мл/мин. 1%Cr/ТСБ.

3-суретте көрсетілгендей, көмірсутек қоспасының дегидрленуінде қолданылған 1%Cr/ТСБ катализаторының бастапқы қоспа айналымы температураның жоғарылауына байланысты артады. Тасымалдағыштың кеуекті құрылымы катализатордың белсенді аймақтарында көмірсутегінің ыдырауына кедергі жасайды, бастапқы қосылыстың айналымын төмендетеді, катализаторды қолдану

барысында кокстің көп мөлшерде түзілуіне әкеледі. Сондықтан, осы өзекті мәселенің тиімді немесе баламалы шешімі ретінде табиғи тасымалдағышқа қолайлы белсенді фазаны қондыру арқылы табиғи сазбалшықтарды пайдалану қажет (Масалимова, 2019). Зерттеуді қорытындылай келе, көптеген ғалымдардың аса үлкен қызығушылығын тудырып отырған мәселердің бірі - табиғи сазбалшықтарды адсорбенттер және катализаторлардың тасымалдағыштары ретінде қолдану. Көмірсутектердің дегидрлену процесіне реакция температурасының әсері көрсетілген. 1-кестеге сәйкес көмірсутек қоспасының дегидрлену процесінде 1%Cr/ТСБ катализаторында температураға байланысты өнімдердің шығымы зерттелген (Реймбаев, et al, 2024).

Кесте 1 - Көмірсутек қоспасының дегидрлену процесінде 1%Cr/ТСБ катализаторында түзілетін өнімдердің шығымына температураның әсері.

T, °C	K _{C3H8} , %	K _{n-C4H10} , %	K _{i-C4H10} , %;	ШЫҒЫМЫ*, %					
				C ₃ H ₆	H ₂	CO	CH ₄	CO ₂	Σ Оттекті органикалық қосылыстар
400	40	10	10	29,2	ізі	1,0	0	0	12
450	35	5	5	33,1	3,4	2,0	0	0	11
500	35	20	33	39,2	4,5	2,0	0	0	8
550	35	35	36	36,9	6,2	1,8	ізі	ізі	8
600	37	40	42	37,4	6	2,4	ізі	ізі	9

1-кестеде көрсетілгендей, 400-600 °C температура аралығында пропанның айналымы 35-40%, н-бутан айналымы 10-40%. и-бутан айналымы 5-42% болғанда, осы температура аралығындағы пропилен шығымы 29,2-37,4% аралығында түзіледі. H₂ шығымы 3,4-6,2%; CO шығымы 1-2,4%; CH₄ және CO₂ мүлдем түзілмейді; оттекті органикалық қосылыстардың жиынтық шығымы 8-12% аралығында түзіледі. Реакция температурасын 600 °C температурадан жоғарылатқанда, бастапқы реакциялық қоспа конверсиясы өзгеріссіз болды, сонымен қатар, пропилен, сутегі, CO, CH₄, CO₂, оттекті органикалық қосылыстардың жиынтық шығымы төмендейді. Қорытындылай келе, температураның жоғарылауынан бастапқы реакциялық қоспадағы қаныққан көмірсутектердегі сигма байланыстың үзілуі баяулайды, сонымен қатар, катализатордың белсенділігі төмендейді.

Талқылау.

Көмірсутектердің дегидрлену процесінде хромнегізді элементтермен түрлендіріп, қолданылған монооксидті катализатор физика-химиялық әдістер: БЭТ, элементтік талдау, электрондық микроскопия және рентгенофазалық талдау, ИҚС арқылы зерттелді. Рентгенфазалық талдауды Д.В.Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институтының ғылыми қызметкерлерімен талданып, қорытындыланды. Табиғи тасымалдағышқа қондырылған хром құрамды катализатордың фазалық құрамы рентгендік дифрактометр DRON-4

-07 Co K_α-сәуелендіру құралы арқылы анықталды. Алынған дифрактометрлік рефлекстерді салыстыру мақсатында қолданылып, ұнтақты стандартты JCPDS картотекасы арқылы негізделіп, сипатталды және қорытындыланды. Электронды микроскопиялық талдау Д.В.Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институтының ғылыми қызметкерлерімен талданып, қорытындыланды. Қаныққан көмірсутектердің дегидрлену процесінде зерттелген табиғи сазбалшық негізіндегі хромды катализатордың морфологиясы, бөлшектердің көлемін немесе мөлшерін зерттеу үшін электронды микроскопия әдісі қолданылды. Синтездеп алынған 1%Cr/TСБ катализаторы ЭМ-125К электронды микроскоп көмегі арқылы бір сатыдан тұратын көмір репликасы әдісімен микродифракциялық сурет арқылы экстракцияланып, жарықтандыру әдісі арқылы зерттелді. Микродифракциялық суреттерді түсіру бөлшектердің көлеміне байланысты өзгертіле отырып, әртүрлі үлкейтулерді қолдану нәтижесінде жүргізілді (Масалимова, 2019; Реймбаев, et al, 2024).

Синтезделген катализаторда электронды микроскопия әдісі бойынша анықталған кейбір фазалар құрамы, зерттеуде қолданылған құралдың сезімталдылығының жоғары немесе төмен болуына байланысты РФА әдісімен зерттеу барысында көрінбеуі немесе айқындалмауы мүмкін болды. Табиғи сазбалшықта (ТСБ) негізінен ерімейтін компоненттердің мөлшері өте көп болды. Бастапқы катализатор үлгісіне ірі және тығыз бөлшектерден тұратын агрегаттардың болатындығымен сипатталады. Микродифракциялық сурет жекеленген сирек рефлекс түрінде берілетін біріккен фазасы бар. Мөлшері 3-5 нм болатын бөлшектен тұратын шағын шоғырлану көрсетілген. Микродифракциялық сурет сақина қоспасынан және жеке рефлекс түрінде берілген.

БЭТ әдісі бойынша катализаторлардың текстуралық сипаттамасын анықтау. Меншікті бет мөлшері мен қатты заттардың кеуектілігін анықтау газ фазасының молекулаларын олардың бетке сіңіру процесі арқылы анықталатын изотерма адсорбциясына негізделген. Изотерма адсорбциясы бірқалыпты температурада адсорбцияланған молекулалар мөлшерінің қысымға тәуелділігімен анықталады. Катализатордың текстуралық және адсорбциялық сипаттамасы азоттың төменгі температуралы адсорбциясы бойынша БЭТ әдісі арқылы американдық «Micromeritics Accusorb» құралында жүргізілді. Кеуектің жалпы көлемі төмендегі формула бойынша есептелінді: $\sum_{\text{шынайы кеуек көлемі}} = V_{\text{АДСmax}} \cdot K$; (K=0,001558 мл/г) (Масалимова, 2019; Реймбаев, et al, 2024). Катализаторлардың беттік ауданы БЭТ әдісі арқылы анықталды (Кесте 2).

Кесте 2 - Тасымалдағыштардың әртүрлі өңдеу әдістеріне байланысты беттік ауданының, кеуек көлемінің және негізгі көлемінің өзгерісі

Тасымалдағыштар	S, м ² /г	Кеуек көлемі, V _{АДСmax} , мл/г	V _{негізгі} , мл
Табиғи сазбалшық	9,4	341,96	0,53
№1 өңдеу	10,34	50,2	0,078
№2 өңдеу	11,42	454,07	0,707
№3 өңдеу	14,2	47,73	0,074
№4 өңдеу	14,51	457,55	0,713

Табиғи сазбалшықтардың құрылымына арналған ғылыми еңбектер аса көп емес, табиғи сазбалшықтардың құрылымы толық зерттелмеген. Каолинит пен монтмориллониттен құралған табиғи сазбалшықтардың құрылымы қабатты болып келеді. Табиғи сазбалшықтағы кеуектердің таралуы әртүрлі және тұрақсыз деп айтуға болады, беттік ауданы 5-85 м²/г аралықта болады (Масалимова, 2019; Shorayeva, et al, 2020; Shorayeva, et al, 2021).

Табиғи сазбалшық және оның негізінде алынған катализатордың құрылымдық сипаттамалары төмен температурадағы азоттың адсорбциялық изотермаларының мәліметтері бойынша өзгерісі келтірілген (3-кесте). 3-кестедегі көрсетілген катализаторлардың да кеуектілік көлемдері де әртүрлі. Жоғарыда көрсетілген ерекшеліктер $V_{\text{негізгі}}$ мөлшерлерінің өзгерулерінен де байқалады.

Кесте 3- Көмірсутек қоспаның жартылай тотығу процесінде қолданылған катализаторлардың беттік мөлшері.

№	Катализаторлар құрамы	Беті, м ² /г	Кеуек көлемі V_{ADSmax} , мЛ/г	$V_{\text{негізгі}}$, мЛ
1	ТСБ	14,51	155.53	0.24
2	1%Cr/ТСБ	23,13	272.87	0.43

Тасымалдағыш ретінде қолданылған табиғи сазбалшықтар әртүрлі өндеуден өткізілді, одан соң әрбір үлгіге элементтік талдау жасалды.

Элементтік талдау нәтижесі бойынша 4-кестеде көрсетілген қосылыстар тасымалдағыштарға ортақ, бірақ пайыздық мөлшері бойынша ерекшелік байқалады. Өңделмеген тасымалдағыштағы Al₂O₃ ең көп мөлшері 68% болса, қышқылдық өндеуден кейіе оның пайыздық мөлшері 42% төмендейді. SiO₂ пайыздық мөлшері өңделген және өңделмеген табиғи сазбалшықта 25-30% арлығын көрсетті.

Кесте 4 - Тасымалдағышқа элементтік талдау жүргізу нәтижесі

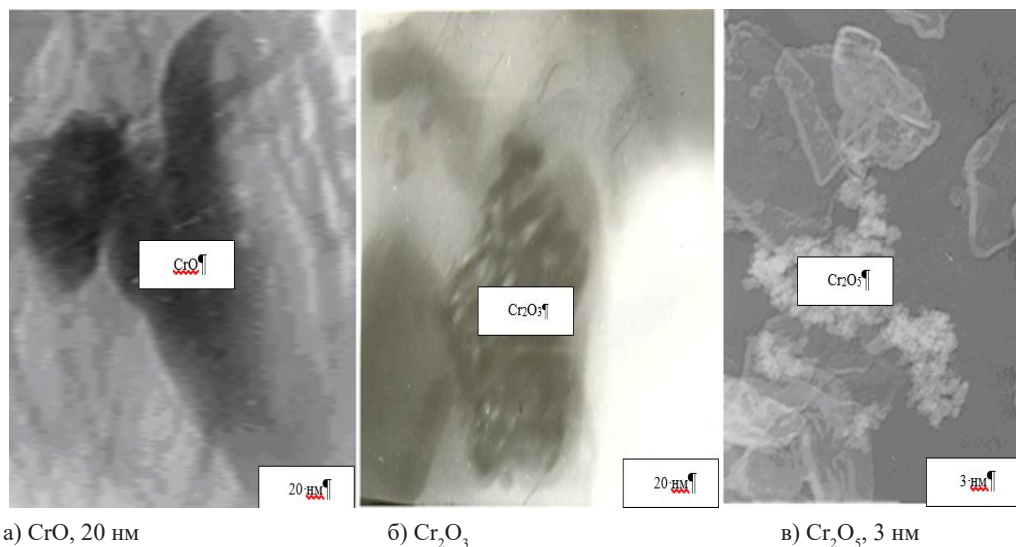
Элементтер	Өңделмеген тасымалдағыш	Өңделген тасымалдағыш
CaO	<01	<01
MgO	<01	<01
Fe ₂ O ₃	02	19
Al ₂ O ₃	68	42
Na ₂ O	<01	02
K ₂ O	-	-
SiO ₂	25	30

Элементтік талдау бойынша қорытындыласақ, тасымалдағышты қышқылдық өндеуден кейінгі элементтік құрамында өзгеріс болатындығы анықталды.

Инфра-қызыл спектроскопия әдісі арқылы табиғи сазбалшықта қарқынды сіңіру жолақтары (с.ж.) байқалды: валенттік симметриялық тербеліс жиілігі 1069 см⁻¹ Si-O-Si и Si-O-Al сәйкес келеді, 400-800 см⁻¹ аралығындағы жиілік Al-O, Si-O байланысының деформациялық тербеліс жиілігіне сәйкес келді. (Al-O 654-670 см⁻¹), (SiO 806-792см⁻¹). Si-O деформациялық тербеліс жиілігі 454 см⁻¹ тең болды.

Рентгенфазалық талдау нәтижесі бойынша, 1%Cr/ТСБ катализаторы α -кварцтан тұрады, рентгеноаморфты құрамды, әлсіз каолинит рефлекстерін көрсетті. Cr_2O_3 фазасының рефлекстері байқалды: 3.63_x , 2.66_x , 2.48_y және т.б. (6-504 JCPDS).

Электронды микроскопия әдісі арқылы 1%Cr/ТСБ катализаторы зерттелді. 4а-суретте көлемі 20 нм болатын тығыз бөлшектерден құралған аздаған қырлану белгісі бар агрегатты көруге болады. Микродифракциялық сурет рефлекс түрінде берілген, шеңбер бойынша орналасқан, CrO (JCPDS, 6-532) фазасына сәйкес келеді. 4б-суретте ірі және тығыз орналасқан бөлшектерден тұратындығы көрсетілген. Сирек кездесетін рефлекстер Cr_2O_3 (JCPDS, 6-508) фазасына сәйкес келеді. 5в-суретте аз мөлшердегі фазалардың шоғырлануы байқалады, дисперсті жүйенің мөлшері 3 нм сәйкес келеді. Микродифракциялық сурет шеңбер түрінде көрсетілген және Cr_2O_5 (JCPDS, 36-1329) фазасына сәйкес келеді.



Сурет 4 - 1%Cr/ТСБ катализаторының микродифракциялық суреті

Көмірсутектердің тотыға дегидрленуінде табиғи тасымалдағышқа қондырылған 1%Cr/ТСБ катализаторында олефин шығымының артуы жоғарыда көрсетілген өзгеріске байланыстылығы анықталды. Сонымен, 1%Cr/ТСБ катализаторының белсенділігі РФА және ЭМ зерттеу әдістерінің нәтижесіне сәйкес жаңа фазалық құрамның түзілуіне, фазалардың көлеміне, хром оксидінің валенттік өзгерісіне тікелей байланысты екені көрсетілді. Катализаторлар мен каталитикалық процестерді зерттеудің заманауи әдістерін жасау қолданыстағы дегидрлеу технологияларын жетілдіруге және жаңаларын әзірлеуге мүмкіндіктер береді.

Әртүрлі ғылыми топтардың басты назары альтернативті катализаторларды жасауға, қолданыстағы катализаторлардың тұрақтылығын арттыруға, технологиялық өзгерістер арқылы алкандарды дегидрлеу процесінің энергия тиімділігін

арттыруға, сонымен қатар термодинамикалық шектеулерді азайту және қосалқы реакциялардың үлесін азайтуға бағытталған. Жаңа катализаторларды әзірлеудегі ең маңызды міндеттер олардың каталитикалық қасиеттерін жақсарту (белсенділік, талғамдылық және тұрақтылық), белсенді орталықтарды анықтау және құрылым-белсенділік-талғамдылық қатынастарын орнату, алайда Pt-Sn және CrO_x қасиеттерімен салыстырылатын практикалық балама жүйелері табылмаған. Сондықтан ғалымдардың назары сонымен қатар алкандардың дегидрлеу заңдылықтарын зерттеуге және қолданыстағы катализаторлардың белсенді орталықтарын құруға және оларды одан әрі жетілдіруге бағытталған (Olsbye U. және т.б., 2005).

Құрамында хром бар катализаторларды зерттеудегі ең көп тараған көзқарас алкан молекулаларының адсорбциясы Cr-O орталықтарында жүреді деп есептейтіндіктен, олардың тотығу-тотықсыздану жағдайында (соның ішінде дегидрлеу реакциясы жағдайларында) түзілуіне әсер ететін факторларды және бастапқы катализаторлардағы CrO_x формасын, олардан кейін белсенді орталықтардың түзілу формаларын түсіну маңызды болып табылады.

Әртүрлі ғылыми топтардың зерттеулеріне сәйкес, жаңа дайындалған катализаторлардағы хром құрамын және дайындалу шарттарын өзгерте отырып, әртүрлі промоторларды енгізу арқылы хром Cr^{6+} , Cr^{5+} , Cr^{3+} және Cr^{2+} күйлері анықталды, ал Cr^{6+} беттік хроматтар, полихроматтар түрінде болады, ал Cr^{3+} кристалды және аморфты $\alpha\text{-Cr}_2\text{O}_3$ түрінде берілген (Петров, et al, 2009).

Соңғы зерттеулерде дегидрлеуде қолданылатын хромды катализаторлардың белсенділігі негізінен Cr^{3+} әртүрлі жоғары дисперсті және үйлестіру қанықпаған түрлерімен анықталады. Реакциялық орта жағдайында Cr^{6+} немесе Cr^{5+} дегидрлеу реакциясында алкендерге қатысты талғамдылығы төмен екендігі анықталды, бірақ, олар Cr^{3+} белсенді орталықтары үшін прекурсорлар болып табылады. Әдебиеттерді талдау CrO_x әртүрлі формаларының арақатынасы хром құрамына (тасымалдағыштың меншікті бетінің ауданына қатысты), катализаторды дайындау әдісіне, қолданылатын прекурсорларға, термиялық өңдеуге және қолданылатын тасымалдағышқа байланысты екенін көрсетеді. Тасымалдағыштарға қойылатын талаптарға қарамастан, дегидрлеу катализаторлары үшін зерттелетін тасымалдағыштар толық инертті емес және реагенттердің адсорбциясына және негізгі немесе жанама реакциялардың жүруіне әсер ететіні бірнеше рет көрсетілді. Осылайша, беттік қышқылдығы төмен катализаторлар жұмыс кезінде жоғары тұрақтылықты көрсетеді және кокстелуі төмен болады, алканның активтенуінде орташа күшті қышқыл орталықтардың болуы маңызды рөл атқарады, осылайша катализатордың белсенділігін арттырады (Масалимова, 2019).

Қорытынды. Зерттелетін каталитикалық жүйелерде көмірсутектердің дегидрлену процесін жүргізудің қолайлы жолдарын анықтау үшін температура, реагенттердің (сандық қатынастарының мөлшерлерінің әсерлері тексеріліп реакциялық өнімдер алудың қолайлы жолдары анықталды. Жоғары талғамды, белсенді катализаторлардың тасымалдағыштары ретінде табиғи сазбалшықтарды тиімді пайдаланудың әдісі көрсетілді. Қаныққан көмірсутектерді олефиндерге

дейін тотықтыра дегидрлеуде қолданылған катализаторларды физика-химиялық әдістермен зерттелді: БЭТ, ИҚС, ЭМ, РФА, элементтік талдау. Қорытындылай келе, қаныққан көмірсутектердің тотыға дегидрлену процесінің механизмін зерттеу үлкен қызығушылықты тудыратыны анық.

Көмірсутектерді олефиндерге дейін тотықтыра дегидрлеу үшін табиғи сазбалшық негізінде дайындалған катализатордың қолайлы құрамы, катализатордың құрылымдық қасиеттері зерттелді. Жұмыстың нәтижелері бойынша катализатор және осы катализаторларды қолдана отырып, олефиндер өнімділігін жоғарылатып, күйе түзілуін төмендететін, каталитикалық пиролиздің тиімді әдісі зерттелді. Құрамында хром мөлшері аз тиімді каталитикалық композицияларды жасау және катализаторлардың белсенді бетінің қасиеттерін қаныққан көмірсутектерді тотықтыра дегидрлеу үшін зерттеу, сонымен қатар құрылым, белсенді беттік құрамы және каталитикалық қасиеттер арасындағы байланыстарды орнатудың практикалық маңызы зор.

Әдебиеттер

Арутюнов В.С., Магомедов Р.Н. (2012). Газофазный окспиролиз легких алканов. Успехи химии. 2012, 81(9), 790-822.

Бондарева В.М., Ищенко Е.В., Шадрин Л.А., Соболев В.И., Пармон В.Н., Парахин О.А., Чернов М.П. (2017). Способ получения оксидных катализаторов для процесса окислительной конверсии этана в этилен. Патент RU №2634593 С1. Опубл. 01.11.2017.

Fang D., Zhao J., Li W. (2015). Investigation of the characteristics and deactivation of catalytic active center of Cr-Al₂O₃ catalysts for isobutane dehydrogenation. Journal of Energy Chemistry. 2015, 24(1), 101–107. DOI: 10.1016/S2095-4956(15)60290-X

Chen K., Xie S., Bell A.T., Iglesia E. (2001). Structure and Properties of Oxidative Dehydrogenation Catalysts Based on MoO₃/Al₂O₃. J. Catal. 2001, 198(2), 232-242. DOI: 10.1006/jcat.2000.3125

Słoczyński J., Grzybowska B., Kozłowska A., Samson K., Grabowski R., Kotarba A., Hermanowska M. (2011). Effect of potassium on physicochemical properties of CrOx/Al₂O₃ and CrOx/TiO₂ catalysts for oxidative dehydrogenation of isobutane: The role of oxygen chemisorption. Catalysis Today. 2011, 169(1), 29–35. DOI: 10.1016/j.cattod.2010.10.096

Heracleous E., Vakros J., Lemonidou A.A., Kordulis Ch. (2004). Role of preparation parameters on the structure–selectivity properties of MoO₃/Al₂O₃ catalysts for the oxidative dehydrogenation of ethane. Catal. Today. 2004, (91–92), 289-292. DOI: 10.1016/j.cattod.2004.03.046

Heracleous E., Machli M., Lemonidou A.A., Vasalos I.A. (2005). Oxidative dehydrogenation of ethane and propane over vanadia and molybdena supported catalysts. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical. 2005, 232, 29–39. DOI: 10.1016/j.molcata.2005.01.027

Lemonidou A.A., Nalbandian L., Vasalos I.A. (2000). Oxidative dehydrogenation of propane over vanadium oxide based catalysts: Effect of support and alkali promoter. Catal. Today. 2000, 61(1–4), 333-341. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0920-5861\(00\)00393-X](https://doi.org/10.1016/S0920-5861(00)00393-X)

Масалимова Б.К. (2024). С3-С4 көмірсутектердің жартылай тотығуы. Astana. 2019. ISBN: 978-601-7300-69-2. -128б.

Massalimova B.K., Darmenbayeva A.S., Mukazhanova Zh., Tungatarova S.A., Sadykov V.A. (2024). Partial Oxidation of a Propane-butane Mixture on Catalysts Supported on a Natural Support. NEWSOF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY. 2024, 1(458), 94–105. DOI: 10.32014/2024.2518-1491.210

Макарян И.А., Рудакова И., Савченко В.И. (2010). Промышленные процессы целевого каталитического дегидрирования пропана в пропилен. И.А. Макарян, М. Альтернативная энергетика и экология. 2010, (6), 67–81.

Olsbye U., Virnovskaia A., Prytz Ø. (2015). Mechanistic insight in the ethane dehydrogenation reaction over Cr/Al₂O₃ catalysts. Catalysis letters. 2005, 103, (1-2), 143–148. DOI: 10.1007/s10562-005-6521-7

Петров И.Я., Трясунов Б.Г. (2009). Структура и каталитические свойства нанесенных оксидомолибденовых, оксидованадиевых и оксиднохромовых катализаторов дегидрирования углеводородов. Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2009, 49-61.

Реймбаев Е., Шораева К.А., Масалимова Б.К. (2024). Қаныққан көмірсутектерді олефиндерге дейін тотықтыра дегидрлеу үшін табиғи сазбалшық негізінде катализаторларды дайындау және олардың құрылымдық қасиеттерін зерттеу. XII Халық.ғыл.-прак.конф. 12 сәуір, 2024, 440-443.

Rombi E., Cutrufello M.G., Solinas V. (2003). Effects of potassium addition on the acidity and reducibility of chromia/alumina dehydrogenation catalysts. Applied Catalysis A: General. 2003, 251(2). P. 255–266

Jesper J. H. B. Sattler, Javier Ruiz-Martinez, Eduardo Santillan-Jimenez, Bert M. Weckhuysen (2014). Catalytic dehydrogenation of light alkanes on metals and metal oxides. Chemical reviews. 2014, 114(20), 10613–10653. DOI: 10.1021/cr5002436

Shorayeva K.A., Massalimova B.K., Bepalko Y.N., Kovalev E.P., Ishchenko A.V., Sadykov V.A. (2021). Synthesis, properties, and activity of MoVTeNbO catalysts modified by zirconia-pillared clays in oxidative dehydrogenation of ethane. Open Chemistry. 2021, 19, 492–502. DOI 10.1515/chem-2021-0048

Shorayeva K.A., Massalimova B.K., Bepalko Yu.N., Sadykov V.A. (2020) Testing of mo-containing catalysts applied to al-, Al/Zr-pillared clays during the oxidative dehydrogenation of ethane to ethylene. Известия НАН РК. Серия химия и технология. 2020, 4. 37-43. DOI: <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.62>

Tungatarova S., Xanthopoulou G., Baizhumanova T., Zhumabek M., G. Kaumenova G., Massalimova B., Shorayeva K. (2019). Catalytic methane reforming into synthesis-gas over developed composite materials prepared by combustion synthesis. Reaction Kinetics, Mechanisms, and Catalysis. 2019, 126(2), 645-661.

Vernikovskaya N., Savin I., Kashkin V. (2011). Dehydrogenation of propane–isobutane mixture in a fluidized bed reactor over Cr₂O₃/Al₂O₃ catalyst: Experimental studies and mathematical modelling. Chemical Engineering Journal. 2011, 176, 158–164.

Закумбаева Г., Иткулова Ш. (2013). Каталитические превращения газообразных углеводородов. Нефтезаменяющие процессы. Издательство LAP LAMBERT. Academic Publishing. ISBN 9783659335426. -384с. -2013.

References

Arutyunov V.S., Magomedov R.N. (2012). Gazofaznyj okspiroliz legkih alkanov. Uspekhi himii [Gas-phase oxyprolysis of light alkanes]. Russ. Chem. Rev. 2012, 81 (9), 790-822. (In Russ.).

Bondareva V.M., Ishchenko E.V., Shadrina L.A., Sobolev V.I., Parmon V.N., Parakhin O.A., Chernov M.P. (2017). Sposob polucheniya oksidnyh katalizatorov dlya processa okislitel'noj konversii etana v etilen [A method for producing oxide catalysts for the process of oxidative conversion of ethane into ethylene]. Patent RU No. 2634593 C1. Publ. 01.11.2017. Арутюнов В.С., Магомедов Р.Н. (2012). (In Russ.).

Fang D., Zhao J., Li W. (2015). Investigation of the characteristics and deactivation of catalytic active center of Cr-Al₂O₃ catalysts for isobutane dehydrogenation. Journal of Energy Chemistry. 2015, 24(1), 101–107. DOI: 10.1016/S2095-4956(15)60290-X (in Eng.)

Chen K., Xie S., Bell A.T., Iglesia E., 2001. Chen K., Xie S., Bell A.T., Iglesia E. (2001). Structure and Properties of Oxidative Dehydrogenation Catalysts Based on MoO₃/Al₂O₃. J. Catal. 2001, 198(2), 232-242. DOI: 10.1006/jcat.2000.3125 (in Eng.)

Słoczyński J., Grzybowska B., Kozłowska A., Samson K., Grabowski R., Kotarba A., Hermanowska M. (2011). Vliyanie kaliya na fiziko-himicheskie svojstva katalizatorov CrOx/Al₂O₃ i CrOx/TiO₂ dlya okislitel'nogo degidrirovaniya izobutana: rol' hemosorbicii kisloroda. [Effect of potassium on physicochemical properties of CrOx/Al₂O₃ and CrOx/TiO₂ catalysts for oxidative dehydrogenation of isobutane: The role of oxygen chemisorption]. Catalysis Today. 2011, 169(1), 29–35. DOI: 10.1016/j.cattod.2010.10.096 (In Russ.).

Heraclous E., Vakros J., Lemonidou A.A., Kordulis Ch. (2004). Role of preparation parameters on the structure–selectivity properties of MoO₃/Al₂O₃ catalysts for the oxidative dehydrogenation of ethane. Catal. Today. 2004, (91–92), 289-292. DOI: 10.1016/j.cattod.2004.03.046 (in Eng.)

Heracleous E., Machli M., Lemonidou A.A., Vasalos I.A. (2005). Oxidative dehydrogenation of ethane and propane over vanadia and molybdena supported catalysts. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*. 2005, 232, 29–39. DOI: 10.1016/j.molcata.2005.01.027 (in Eng.)

Lemonidou A.A., Nalbandian L., Vasalos I.A. (2000). Oxidative dehydrogenation of propane over vanadium oxide based catalysts: Effect of support and alkali promoter. *Catal. Today*. 2000, 61(1–4), 333–341. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0920-5861\(00\)00393-X](https://doi.org/10.1016/S0920-5861(00)00393-X) (in Eng.)

Masalimova B.K. (2024). S3-S4 көмірсутектердің зһартылај тотығуы. [C3-C4 partial oxidation of hydrocarbons]. Astana. (in Kaz.)

Massalimova B.K., Darmenbayeva A.S., Mukazhanova Zh., Tungatarova S.A., Sadykov V.A. (2024). Partial Oxidation of a Propane-butane Mixture on Catalysts Supported on a Natural Support. *NEWSOF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY*. 2024, 1(458), 94–105. DOI: 10.32014/2024.2518-1491.210 (in Eng.)

Makaryan I.A., Rudakova I., Savchenko V.I. (2010). Promyshlennye processy celevogo kataliticheskogo degidrirovaniya propana v propilen. [Industrial processes of targeted catalytic dehydrogenation of propane into propylene]. *I.A. Makaryan, M. Al'ternativnaya energetika i ekologiya*. 2010, (6), 67–81. (In Russ.).

Olsbye U., Virnovskaia A., Prytz Ø. (2015). Mechanistic insight in the ethane dehydrogenation reaction over Cr/Al₂O₃ catalysts. *Catalysis letters*. 2005, 103, (1-2), 143–148. DOI: 10.1007/s10562-005-6521-7 (in Eng.)

Petrov I.YA., Tryasunov B.G. Struktrua i kataliticheskie svoystva nanesennyh oksidnomolibdenovyh, oksidnovanadiyevy i oksidnrohromovyh katalizatorov degidrirovaniya uglevodorodov. [Structure and catalytic properties of supported molybdenum oxide, vanadium oxide and chromium oxide catalysts for hydrocarbon dehydrogenation.]. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2009, 49-61. (In Russ.).

Rejmbaev E., SHoraeva K.A., Masalimova B.K. (2024). Қаныққан көмірсутектерді olefinderge dejin тотықтыра degidrele үшін tabiri sazbalshық negizinde katalizatorlardy dajyndau zhөne olardyң қырылымдық касиеттерін zertteu. [Preparation of catalysts based on natural clay for oxidative dehydrogenation of saturated hydrocarbons to olefins and study of their structural properties]. *XII Halyқ.ryl.-prak.konf. 12 сәuir, 2024*, 440-443. (in Kaz.)

Rombi E., Cutrufello M.G., Solinas V. (2003). Effects of potassium addition on the acidity and reducibility of chromia/alumina dehydrogenation catalysts. *Applied Catalysis A: General*. 2003, 251(2). P. 255–266 (in Eng.)

Jesper J. H. B. Sattler, Javier Ruiz-Martinez, Eduardo Santillan-Jimenez, Bert M. Weckhuysen (2014). Catalytic dehydrogenation of light alkanes on metals and metal oxides. *Chemical reviews*. 2014, 114(20), 10613–10653. DOI: 10.1021/cr5002436 (in Eng.)

Shorayeva K.A., Massalimova B.K., Bepalko Y.N., Kovalev E.P., Ishchenko A.V., Sadykov V.A. (2021). Synthesis, properties, and activity of MoVTeNbO catalysts modified by zirconia-pillared clays in oxidative dehydrogenation of ethane. *Open Chemistry*. 2021, 19, 492–502. DOI 10.1515/chem-2021-0048 (in Eng.)

Shorayeva K.A., Massalimova B.K., Bepalko Yu.N., Sadykov V.A. (2020) Testing of mo-containing catalysts applied to al-, Al/Zr-pillared clays during the oxidative dehydrogenation of ethane to ethylene. *News of NAS RK. Series of Chemistry and Technology*. 2020, 4. 37-43. DOI: <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.62> (in Eng.)

Tungatarova S., Xanthopoulou G., Baizhumanova T., Zhumabek M., G. Kaumenova G., Massalimova B., Shorayeva K. (2019). Catalytic methane reforming into synthesis-gas over developed composite materials prepared by combustion synthesis. *Reaction Kinetics, Mechanisms, and Catalysis*. 2019, 126(2), 645-661. (in Eng.)

Vernikovskaya N., Savin I., Kashkin V. (2011). Dehydrogenation of propane–isobutane mixture in a fluidized bed reactor over Cr₂O₃/Al₂O₃ catalyst: Experimental studies and mathematical modelling. *Chemical Engineering Journal*. 2011, 176, 158–164. (in Eng.)

Zakumbaeva G., Itkulova SH. Kataliticheskie prevrashcheniya gazoobraznyh uglevodorodov. Neftezamenyayushchie processy. [Catalytic transformations of gaseous hydrocarbons. Oil substitution processes]. Izdatel'stvo LAP LAMBERT. Academic Publishing. ISBN 9783659335426. -384c. -2013. (In Russ.).

CONTENTS

A.A. Anarbayev, B.N. Kabyzbekova, J.E. Khusanov, G. M. Ormanova INVESTIGATION OF THE PROCESS OF OBTAINING A COMPLEX PHOSPHOHUMATE MINERAL FERTILIZER.....	5
G.Zh. Baisalova, A.A. Zhanybekova, A.B. Shukirbekova, B.B. Torsykbaeva, Sh.K. Utzhanova QUANTITATIVE DETERMINATION OF FLAVONOIDS IN ULMUS PUMILA LEAVES BY SPECTROPHOTOMETRIC METHOD.....	21
N. Bektenov, G. Koszhanova QUANTUM-CHEMICAL MODEL CALCULATION REVIEW OF VERMICULITE AND ITS BASED MODIFIED SORBENT.....	33
G.M. Zhusipnazarova, R. Reshmy, A.S. Dardenbayeva, Zh.B. Mukazhanova, G.B. Aubakirova PRODUCTION AND STUDY OF PROPERTIES OF BIOLOGICAL COATINGS BASED ON CELLULOSE OBTAINED FROM BARLEY AND FLAX STEMS.....	43
M. Ibrayeva, E. Sagindykova, Zh. Mukazhanova ISOLATION OF IRIDOIDS FROM <i>VERBASCUM MARSCHALLIANUM</i>	57
L.K. Kazhygeldiyeva, B.Kh. Mussabayeva, A.N. Sabitova, L.K. Orazzhanova, A.S. Seitkan DETERMINATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF FRUIT EXTRACTS FROM <i>HIPPOPHAE RHAMNOIDES</i> L. AND <i>CRATAEGUS SANGUINEA</i> L.	68
M.B. Kambatyrov, P.A. Abdurazova, U.B. Nazarbek, Y.B. Raiymbekov FTIR SPECTROSCOPIC STUDY OF HUMIC ACIDS PRECIPITATION.....	79
N.B. Kassenova, R. Sh. Erkassov, N.N. Nurmukhanbetova, S.K. Makhanova, G.K. Bekishova THE INVESTIGATION OF SPIN-CROSSOVER IN TETRANUCLEAR IRON (II) COMPLEXES BY MAGNETIC MEASUREMENTS.....	94
B.K. Massalimova, A.S. Dardenbayeva, Zh. Mukazhanova, K.A. Shorayeva, N.V. Ostafeychuk DEVELOPMENT AND STUDY OF CATALYSTS FOR DEHYDROGENATION OF SATURATED HYDROCARBONS TO OLEFINS.....	104

D.N. Makhayeva, Sh. Zhetesbayeva, G.S. Irmukhametova, Z.A. Kenessova PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF POLYMER FILMS BASED ON IODINE COMPLEXED WITH POLY(2-ETHYL-2-OXAZOLINE).....	121
N. Merkhately, S.B. Abeuova, S.K. Zhokizhanova, A. Sviderskiy, S.A. Kairoldin INCLUSION OF AZULENE INTO THE BACKBONE OF CONJUGATED OLIGOMERS: IMPROVEMENT OF PROTON SENSITIVITY AND ELECTRONIC ABSORPTION.....	133
A.N. Nurlybayeva, A.E. Tulegen, K.B. Bulekbayeva, D.A. Kulbayeva, G.K. Matniyazova DETERMINATION OF COAGULATION THRESHOLDS OF MOLYBDENUM-VANADIUM BLUE SOLS.....	144
E.T. Talgatov, A.A. Naizabaev, A.M. Tynyshbay, A.S. Auezkhanova, A.Z. Abilmagzhanov INVESTIGATION OF COMPLEXATION OF RUTHENIUM (III) IONS WITH POLYMERS.....	157
A.A. Tolepbergen, U. Amzeyeva, Ye. Shybyray, A. Baiseitova, J. Jenis PHYTOCHEMICAL PROFILE OF UNDERGROUND PART OF CICHORIUM INTUBYS L.	170
T.S. Khosnutdinova, A.O. Sapieva, N.A. Sultanova, Sh.A. Madieva DEVELOPMENT OF A METHOD FOR OBTAINING A FLAVONOID COMPLEX FROM THE AERIAL PART OF <i>FERULA SONGARICA</i> PALL. EX SPRENG. WITH ANTIOXIDANT ACTIVITY.....	183
D.Y. Shoganbek, S.A. Tungatarova, D.Yu. Murzin, T.S. Baizhumanova, M. Zhumabek DRY REFORMING OF METHANE ON Co-La-Al AND Co-Ce-Al CATALYSTS PREPARED BY THE SCS METHOD.....	195

МАЗМҰНЫ

А.А. Анарбаев, Б.Н. Кабылбекова, Ж.Е. Хусанов, Г.М. Орманова КҮРДЕЛІ ФОСФОГУМАТТЫ МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШ АЛУ ПРОЦЕССИН ЗЕРТТЕУ.....	5
Г.Ж. Байсалова, А.А. Жаныбекова, А.Б. Шукирбекова, Б.Б. Торсыкбаева, Ш.К. Утжанова <i>ULMUS PUMILA</i> ЖАПЫРАҚТАРЫНДАҒЫ ФЛАВОНОИДТАР МӨЛШЕРІН СПЕКТРОФОТОМЕТРЛІК ӘДІСПЕН АНЫҚТАУ.....	21
Н. Бектенов, Г. Қосжанова ВЕРМИКУЛИТ ЖӘНЕ ОНЫҢ НЕГІЗІНДЕ МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН СОРБЕНТТІҢ КВАНТТЫ-ХИМИЯЛЫҚ МОДЕЛІН ЕСЕПТЕУГЕ ШОЛУ.....	33
Г.М. Жусипназарова, Р. Решми, А.С. Дарменбаева, Ж.Б. Мукажанова, Г.Б. Аубакирова. АРПА МЕН ЗЫҒЫР САБАҒЫНАН АЛЫНҒАН ЦЕЛЛЮЛОЗА НЕГІЗІНДЕГІ БИОЛОГИЯЛЫҚ ЖАБЫНДАРДЫҢ ДАЙЫНДАЛУЫ ЖӘНЕ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	43
М. Ибраева, Э. Сагиндыкова, Ж. Мукажанова <i>VERBASCUM MARSCHALLIANUM</i> -НАН ИРИДОИДТАРДЫ БӨЛУ.....	57
Л.К. Қажыгелдиева, Б.Х. Мұсабаева, А.Н. Сабитова, Л.К. Оразжанова, А.С. Сейтқан. <i>HIPPURHAE RHAMNOIDES</i> L. ЖӘНЕ <i>CRATAEGUS SANGUINEA</i> L. ӨСІМДІК ЖЕМІСТЕРІНІҢ ЭКСТРАКТТАРЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЖӘНЕ АНТИОКСИДАНТТЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІН АНЫҚТАУ.....	68
М.Б. Камбатыров, П.А. Абдуразова, У.Б. Назарбек, Е.Б. Райымбеков ГУМИН ҚЫШҚЫЛДАРЫН ТҰНДЫРУ ҮРДІСІН ИҚ-СПЕКТРОСКОПИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	79
Н.Б. Касенова, Р.Ш. Еркасов, Н.Н. Нурмуханбетова, С.К. Маханова, Г.К. Бекишова МАГНИТТІК ӨЛШЕУЛЕР ӘДІСІМЕН ТЕМІРДІҢ (II) ТӨРТЯДРОЛЫ КЕШЕНДЕРІНДЕ СПИН-КРОССОВЕРДІ ЗЕРТТЕУ.....	94

- Б.К. Масалимова, А.С. Дарменбаева, Ж.Б. Мукажанова, К.А. Шораева, Н.В. Остафейчук**
КӨМІРСУТЕКТЕРДІ ОЛЕФИНДЕРГЕ ДЕГИДРЛЕУ ҮШІН
КАТАЛИЗАТОРЛАРДЫ ҚҰРУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ.....104
- Д.Н. Махаева, Ш. Жетесбаева, Ғ.С. Ирмухаметова, З.А. Кенесова**
ЙОДТЫҢ ПОЛИ(2-ЭТИЛ-2-ОКСАЗОЛИНМЕН) КЕШЕНІ НЕГІЗІНДЕ
ПОЛИМЕРЛІ ҮЛДІРЛЕРДІ АЛУ ЖӘНЕ СИПАТТАУ.....121
- Н. Мерхатұлы, С.Б. Абеуова, С.К. Жокижанова, А. Свидерский, С.А. Қайролдин**
ҚОСАРЛАНҒАНОЛИГОМЕРЛЕР НЕГІЗІНЕ АЗУЛЕНДІЕНГІЗУ: ПРОТОНҒА
СЕЗІМТАЛДЫҚ ПЕН ЭЛЕКТРОНДЫҚ СІңІРУ ДІЖАҚСАРТУ.....133
- А.Н. Нұрлыбаева, А.Е. Төлеген, Қ.Б. Бөлекбаева, Д.А. Құлбаева, Ғ.Қ. Матниязова**
МОЛИБДЕН-ВАНАДИЙ КӨК ҚОСЫЛЫСЫНЫҢ ҚОЙЫЛУ ШЕКТЕРІН
АНЫҚТАУ.....144
- Э.Т. Талғатов, А.А. Найзабаев, А.М. Тынышбай, А.С. Ауезханова, А.З. Абильмағжанов**
РУТЕНИЙ (III) ИОНДАРЫМЕН ПОЛИМЕРЛЕРДІҢ КЕШЕН ТҮЗУІН
ЗЕРТТЕУ.....157
- А.А. Төлепберген, Ұ. Әмзеева, Е. Шыбырай, А. Байсеитова, Ж. Жеңіс**
SICHORIUM INTYBUS L. ӨСІМДІГІНІҢ ЖЕР АСТЫ БӨЛІГІНІҢ
ФИТОХИМИЯЛЫҚ ПРОФИЛІ.....170
- Т.С. Хоснутдинова, А.О. Сәпиева, Н.А. Сұлтанова, Ш.А. Мадиева**
АНТИОКСИДАНТТЫҚ БЕЛСЕНДІЛІККЕ ИЕ *FERULA SONGARICA* PALL. EX
SPRENG. ЖЕР ҮСТІ БӨЛІГІНЕН ФЛАВОНОИДТЫ КЕШЕНДІ АЛУ ӘДІСІН
ӘЗІРЛЕУ.....183
- Д.Е. Шоғанбек, С.А. Тунгатарова, Д.Ю. Мурзин, Т.С. Байжуманова, М. Жұмабек**
ЖТС ӘДІСІМЕН ДАЙЫНДАЛҒАН Co-La-Al ЖӘНЕ Co-Ce-Al
КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНДА МЕТАНДЫ ҚҰРҒАҚ РИФОРМАЛАУ.....194

СОДЕРЖАНИЕ

А.А. Анарбаев, Б.Н. Кабылбекова, Ж.Е. Хусанов, Г.М. Орманова ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО ФОСФОГУМАТНОГО МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ.....	5
Г.Ж. Байсалова, А.А. Жаныбекова, А.Б. Шукирбекова, Б.Б. Торсыкбаева, Ш.К. Утжанова КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФЛАВОНОИДОВ В ЛИСТЬЯХ ULMUS PUMILA СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ.....	21
Н. Бектенов, Г. Косжанова ОБЗОР КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РАСЧЕТА ВЕРМИКУЛИТА И МОДИФИЦИРОВАННОГО СОРБЕНТА НА ЕГО ОСНОВЕ.....	33
Г.М. Жусипназарова, Р. Решми, А.С. Дарменбаева, Ж.Б. Мукажанова, Г.Б. Аубакирова СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, ПОЛУЧЕННОЙ ИЗ СТЕБЕЛЕЙ ЯЧМЕНЯ И ЛЬНА.....	43
М. Ибраева, Э. Сагиндыкова, Ж. Мукажанова ВЫДЕЛЕНИЕ ИРИДОИДОВ ИЗ VERBASCUM MARSCHALLIANUM.....	57
Л.К. Кажыгелдиева, Б.Х. Мусабаева, А.Н. Сабитова, Л.К. Оразжанова, А.С. Сейткан ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТИ ЭКСТРАКТОВ ПЛОДОВ РАСТЕНИЙ HIPPOPHAE RHAMNOIDES L. И CRATAEGUS SANGUINEA L	68
М.Б. Камбатыров, П.А. Абдуразова, У.Б. Назарбек, Е.Б. Райымбеков ИК-СПЕКТРОСКОПИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСАЖДЕНИЯ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ.....	79
Н.Б. Касенова, Р.Ш. Еркасов, Н.Н. Нурмуханбетова, С.К. Маханова, Г.К. Бекишова ИССЛЕДОВАНИЕ СПИН-КРОССОВЕРА В ТЕТРАЯДЕРНЫХ КОМПЛЕКСАХ ЖЕЛЕЗА (II) МЕТОДОМ МАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ.....	94

Б.К. Масалимова, А.С. Дарменбаева, Ж.Б. Мукажанова, К.А. Шораева, Н.В. Остафейчук РАЗРАБОТКА И ИЗУЧЕНИЕ КАТАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ ДЕГИДРИРОВАНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ ДО ОЛЕФИНОВ.....	104
Д.Н. Махаева, Ш. Жетесбаева, Г.С. Ирмухаметова, З.А. Кенесова ПОЛУЧЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСА ЙОДА С ПОЛИ (2-ЭТИЛ-2-ОКСАЗОЛИНОМ).....	121
Н. Мерхатулы, С.Б. Абеуова, С.К. Жокижанова, А. Свидерский, С.А. Кайролдин ВВЕДЕНИЕ АЗУЛЕНА В ОСНОВУ СОПРЯЖЕННЫХ ОЛИГОМЕРОВ: УЛУЧШЕНИЕ ПРОТОННОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И ЭЛЕКТРОННОГО ПОГЛОЩЕНИЯ.....	133
А.Н. Нурлыбаева, А.Е. Толеген, К.Б. Боекбаева, Д.А. Кульбаева, Г.К. Матниязова ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГОВ КОАГУЛЯЦИИ ЗОЛЕЙ МОЛИБДЕН-ВАНАДИЕВЫХ СИНЕЙ.....	144
Э.Т. Талгатов, А.А. Найзабаев, А.М. Тынышбай, А.С. Ауезханова, А.З. Абильмагжанов ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ИОНОВ РУТЕНИЯ (III) С ПОЛИМЕРАМИ.....	157
А.А. Толепберген, У. Амзеева, Е. Шыбырай, А. Байсеитова, Ж. Женис ФИТОХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ ПОДЗЕМНОЙ ЧАСТИ CICHORIUM INTYBUS L.	170
Т.С. Хоснутдинова, А.О. Сапиева, Н.А. Султанова, Ш.А. Мадиева РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ФЛАВОНОИДНОГО КОМПЛЕКСА ИЗ НАДЗЕМНОЙ МАССЫ FERULA SONGARICA PALL. EX SPRENG., ОБЛАДАЮЩЕГО АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТЬЮ.....	183
Д.Е. Шоганбек, С.А. Тунгатарова, Д.Ю. Мурзин, Т.С. Байжуманова, М. Жумабек СУХОЙ РИФОРМИНГ МЕТАНА НА КАТАЛИЗАТОРАХ CO-LA-AL И CO-SE-AL ПРИГОТОВЛЕННЫХ МЕТОДОМ СВС.....	194

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

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

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

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

www.nauka-nanrk.kz

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

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

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

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 26.03.2025.

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

13,5 п.л. Заказ 1.