

**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF CHEMISTRY**

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

**№3
2025**

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



ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

3 (464)

July – September 2025

PUBLISHED SINCE JANUARY

1947 PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

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>

ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Owner: «Central Asian Academic Research Center» LLP (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 № **KZ23VPY00121156**, issued 05.06.2025

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

Periodicity: 4 times a year.

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

© «Central Asian Academic Research Center» LLP, 2025

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

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрыңұлы, 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 (Оксфорд, 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, Кыргызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Кыргызстан) <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 Вагиф 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>

«ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY»

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС (Алматы қ.).

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 05.06.2025 ж. берілген № KZ23VPY00121156 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

© «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС, 2025

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 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 Мiroслав, 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>

ТЕЛЫТАЕВ 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 Драгметович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углехимии (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 Джарабай 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>

«ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ23VPY00121156, выданное 05.06.2025 г.

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

Периодичность: 4 раз в год.

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

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 2025

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

CONTENTS

A.D. Alakhunova, L.E. Agibayeva, R.A. Mangazbayeva Obtaining of methylcellulose-based hydrogels using radiation treatment method.....	11
A.P. Auyeshov, K.T. Arynov, Ch.Z. Yeskibayeva Resource and economic efficiency of serpentinite waste utilization for the production of inorganic magnesium compounds.....	29
S. Duzelbayeva, B. Imangaliyeva, A. Aldiyarova, N. Sovet, B. Bakhtiyarov Production of biopolymer from starch as an alternative to artificial polymer and study of its biodegradable properties.....	41
G.D. Jetpisbayeva, B.K. Massalimova, V.A. Sadykov, A. Darmenbayeva, G.B. Aubakirova The influence of production methods on the selectivity and stability of Co-containing catalysts for Fischer-Tropsch synthesis.....	64
B.K. Kenzhaliyev, A.K. Koizhanova, T.Yu. Surkova, Z.D. Dosymbayeva, D.M. Yessimova Investigation of the modes and parameters of gold leaching from man-made raw materials.....	75
M.K. Kurmanaliev, Zh.E. Shaikhova, L.M. Kalimoldina, S.O. Abilkasova Synthesis and sorption properties of new selective sorbents based on crown ethers...	92
E. Kairatuly, E.K. Assembayeva, A.Zh Bozhbanov, D.E. Nurmukhanbetova, E.Zh. Gabdullina Evaluation of physicochemical indicators of combined fermented milk products....	102
A.B. Kuandykova, B.Zh. Dzhiembraev, N.I. Akylbekov, A.B. Dobrynin Molecular and crystal structures of 4-dimethoxyphosphoryltetrahydropyran (thiopyran)-4-ol.....	115
R.M. Kudaibergenova, S.A. Orynbayev, E.A. Baibazarova, K.B. Bulekbayeva, G.A. Seitbekova Technological pathways for sustainable wastewater treatment.....	127
G.M. Madybekova, A.B. Issayeva, B.Zh. Mutaliyeva, S.S. Bitursyn Physicochemical properties of microcapsules based on natural polymers containing probiotic microorganisms.....	140
M.M. Mataev, Z.B. Sarsenbayeva, M.A. Nurbekova, M.R. Abdraimova, K.Zh. Seitbekova Synthesis and morphological analysis of $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3\text{-In}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$ composite.....	155

Z. Muldakhmetov, S. Fazylov, O. Nurkenov, Zh. Akhmetkarimova, O. Seilkhanov Synthesis and properties of new naphthyl-containing thiosemicarbazides and thioureas.....	166
U. Nazarbek, P. Abdurazova, G. Kambarova, Y. Raiymbekov Machine learning-based prediction of temperature-driven solubility changes in aqueous salt solutions.....	184
R.S. Orazbekova, S.A. Tungatarova, A.E. Tolembek, A.O. Aidarova, M.K. Yerkibaeva Catalytic processing of renewable raw materials into hydrogen-containing fuel mixtures.....	194
S.K. Rakhimova, R.I. Jalmakhanbetova, G.K. Mukusheva, A.A. Asylbekova, Zh. Zh. Zhumagaliyeva Spectroscopic analysis of methanol extract of <i>Ziziphora bungeana</i> Juz. and study of its antibacterial activity.....	207
R.K. Rakhmetullaeva, B. Khavilkhairat, N.B. Sarova, G.O. Rvaidarova, A.N. Nurlybayeva Copolymers based on acrylic acid for water purification from heavy metal ions.....	219
A.N. Sabitova, Zh.S. Kassymova, R.E. Mukiyanova, B.B. Bayahmetova, N.N. Nurgaliyev Investigation of the effectiveness of metallurgical slags in fertilizer production.....	233
E.T. Talgatov, D.A. Bibatyrova, A.A. Naizabaev, S.A. Kuttybayeva, A.Z. Abilmagzhanov Selective hydrogenation of phenylacetylene over polymer-modified Pd catalysts immobilized on inorganic supports.....	243
S. Tyanakh, T.O. Khamitova, A.P. Nauanova, D.M. Kereevna, A.S. Darmenbayeva Study of the properties of humic acids synthesized from brown coal of the Kuznetsk and the Kumuskuduk deposits.....	255
A.A. Turgunbaeva, G.N. Gemejiyeva, N.A. Sultanova Investigation of the chemical composition of the chloroform extract of <i>Rheum Tataricum</i> L. f. By gas-chromatography.....	275

МАЗМҰНЫ

Ә.Д. Алахунова, Л.Ә. Агибаева, Р.А. Мангазбаева

Метилцеллюлоза негізінде гидрогельдерді радиациялық өңдеу әдісімен алу.....11

А.П. Ауешов, К.Т. Арынов, Ч.З. Ескибаева

Магнийдің бейорганикалық қосылыстарын алу мақсатында серпентинитті қайта өңдеудің ресурстық және экономикалық тиімділігі.....29

С. Дузелбаева, Б. Иманғалиева, А. Алдиярова, Н. Совет, Б. Бақтияров

Жасанды полимерге балама ретінде крахмалдан биополимер алу және оның биоыдырау қасиеттерін зерттеу.....41

Г.Д. Джетписбаева, Б.К. Масалимова, В.А. Садыков, А. Дарменбаева, Г.Б. Аубакирова

Фишер-Тропш синтезінің Со-құрамды катализаторларының талғамдылығы мен тұрақтылығына дайындау әдістерінің әсері.....64

Б.К. Кенжалиев, А.К. Койжанова, Т.Ю. Суркова, З.Д. Досымбаева, Д.М. Есимова

Техногендік шикізаттан алтынды сілтілеудің режимдері мен параметрлерін зерттеу.....75

М.Қ. Құрманалиев, Ж.Е. Шаихова, Л.М. Калимолдина, С.О. Әбілқасова

Краун-эфирлер негізіндегі жаңа талғамды сорбенттердің синтезі мен сорбциялық қасиеттері.....92

Е. Қайратұлы, Э. К. Асембаева, А.Ж. Божбанов, Д.Е. Нурмуханбетова, Е.Ж. Габдуллина

Құрамдастырылған сүтқышқылды өнімдердің физика-химиялық көрсеткіштерін бағалау.....102

А.Б. Қуандықова, Б.Ж. Джиембаев, Н.И. Акылбеков, А.Б. Добрынин

4-Диметоксифосфорилтетрагидропиран(тиопиран)-4-олдардың молекулалық және кристалдық құрылымдары.....115

Р.М. Құдайбергенова, С.А. Орынбаев, Е.А. Байбазарова, Қ.Б. Бөлекбаева, Г.А. Сейтбекова

Ағынды суларды тұрақты тазартудың технологиялық жолдары.....127

Г.М. Мадыбекова, А.Б. Исаева, Б.Ж. Муталиева, С.С. Битурсын

Табиғи полимерлер негізіндегі, пробиотикалық микроорганизмдер қамтылған микрокапсулалардың физика-химиялық қасиеттері.....140

М.М. Матаев, З.Б. Сарсенбаева, М.А. Нурбекова, М.Р. Абдраимова, К.Ж. Сейтбекова $\text{Fe}_{0.84}\text{Mn}_{1.12}\text{O}_3\text{-IN}_{0.12}\text{Fe}_{1.88}\text{O}_3$ композитінің синтезі және морфологиялық талдауы.....	155
З. Молдахметов, С. Фазылов, О. Нүркенов, Ж. Ахметкәрімова, О. Сейілханов Жаңа нафтилді тиосемикарбазидтер мен тиомочевиналардың синтезі мен қасиеттері.....	166
У. Назарбек, П. Абдуразова, Ғ. Қамбарова, Е. Райымбеков Сулы ерітінділердегі тұздардың ерігіштігінің температуралық өзгерістерін машиналық оқыту әдістерімен болжау.....	184
Р.С. Оразбекова, С.А. Тунгатарова, А.Е. Төлембек, А.О. Айдарова, М.Қ. Еркібаева Жаңартылатын шикізатты құрамында сутегі бар отын қоспаларына дейін каталитикалық өңдеу.....	194
С.Қ. Рахимова, Р.И. Джалмаханбетова, Г.К. Мукушева, А.А. Асылбекова, Ж.Ж. Жумағалиева <i>Ziziphora Bungeana</i> Juz. метанолды сығындысын спектроскопиялық талдау және оның бактерияға қарсы белсенділігін зерттеу.....	207
Р.Қ. Рахметұллаева, Б. Хавилхайрат, Н.Б. Сарова, Г.О. Рвайдарова, А.Н. Нурлыбаева Ауыр металл иондарынан су тазалауға арналған акрил қышқылы негізіндегі сополимерлер.....	219
А.Н. Сабитова, Ж.С. Касымова, Р.Е. Мукиянова, Б.Б. Баяхметова, Н.Н. Нургалиев Тыңайтқыштар өндірісіндегі металлургиялық шлактардың тиімділігін зерттеу.....	233
Э.Т. Талғатов, Д.А. Бибатырова, А.А. Найзабаев, Ш.Ә. Құттыбаева, А.З. Абильмагжанов Бейорганикалық тіректерде иммобилизацияланған полимермен модификацияланған PD катализаторлары бойынша фенилацетиленді селективті гидрогенизациялау.....	243
С. Тянах, Т.О. Хамитова, А.П. Науанова, Д.М. -Кереевна, А.С. Дарменбаева Кузнецк және Күмісқұдық қоңыр көмірінен синтезделіп алынатын гумин қышқылдарының қасиеттерін зерттеу.....	255
А.А. Тургунбаева, Н.Г. Гемеджиева, Н.А. Султанова <i>Rheum Tataricum L. f.</i> өсімдігінің хлороформ сығындысының химиялық құрамын газ хроматография әдісімен зерттеу.....	275

СОДЕРЖАНИЕ

A.D. Alakhunova, L.E. Agibayeva, R.A. Mangazbayeva Получение гидрогелей на основе метилцеллюлозы методом радиационной обработки.....	11
A.P. Auyeshov, K.T. Arynov, Ch.Z. Yeskibayeva Ресурсная и экономическая эффективность утилизации отходов серпентинита для производства неорганических соединений магния.....	29
S. Duzelbayeva, B. Imangaliyeva, A. Aldiyarova, N. Sovet, B. Bakhtiyarov Получение биополимера из крахмала как альтернатива искусственному полимеру и исследование его биоразлагаемых свойств.....	41
G.D. Jetpisbayeva, B.K. Massalimova, V.A. Sadykov, A. Darmenbayeva, G.B. Aubakirova Влияние методов получения на селективность и стабильность катализаторов, содержащих кобальт, для синтеза по Фишеру-Тропшу.....	64
B.K. Kenzhaliyev, A.K. Koizhanova, T.Yu. Surkova, Z.D. Dosymbayeva, D.M. Yessimova Исследование режимов и параметров выщелачивания золота из техногенного сырья.....	75
M.K. Kurmanaliev, Zh.E. Shaikhova, L.M. Kalimoldina, S.O. Abilkasova Синтез и сорбционные свойства новых селективных сорбентов на основе краун-эфиров.....	92
E. Kairatuly, E.K. Assembayeva, A.Zh. Bozhbanov, D.E. Nurmukhanbetova, E.Zh. Gabdullina Оценка физико-химических показателей комбинированных кисломолочных продуктов.....	102
A.B. Kuandykova, B.Zh. Dzhiembaev, N.I. Akylbekov, A.B. Dobrynin Молекулярные и кристаллические структуры 4-диметоксифосфорилтетрагидропиран(тиопиран)-4-ола.....	115
R.M. Kudaibergenova, S.A. Orynbayev, E.A. Baibazarova, K.B. Bulekbayeva, G.A. Seitbekova Технологические пути устойчивой очистки сточных вод.....	127
G.M. Madybekova, A.B. Issayeva, B.Zh. Mutaliyeva, S.S. Bitursyn Физико-химические свойства микрокапсул на основе природных полимеров, содержащих пробиотические микроорганизмы.....	140

M.M. Mataev, Z.B. Sarsenbayeva, M.A. Nurbekova, M.R. Abdraimova, K.Zh. Seitbekova Синтез и морфологический анализ композита Fe _{0.84} Mn _{1.12} O ₃ -In _{0.12} Fe _{1.88} O ₃	155
Z. Muldakhmetov, S. Fazylov, O. Nurkenov, Zh. Akhmetkarimova, O. Seilkhanov Синтез и свойства новых нафтилилсодержащих тиосемикарбазидов и тиомочевин.....	166
U. Nazarbek, P. Abdurazova, G. Kambarova, Y. Raiymbekov Прогнозирование изменений растворимости солей в воде в зависимости от температуры с использованием машинного обучения.....	184
R.S. Orazbekova, S.A. Tungatarova, A.E. Tolembek, A.O. Aidarova, M.K. Yerkibaeva Каталитическая переработка возобновляемого сырья в водородсодержащие топливные смеси.....	194
S.K. Rakhimova, R.I. Jalmakhanbetova, G.K. Mukusheva, A.A. Asylbekova, Zh. Zh. Zhumagaliyeva Спектроскопический анализ метанольного экстракта <i>Ziziphora bungeana</i> Juz. и исследование его антибактериальной активности.....	207
R.K. Rakhmetullaeva, B. Khavilkhairat, N.B. Sarova, G.O. Rvaidarova, A.N. Nurlybayeva Кополимеры на основе акриловой кислоты для очистки воды от ионов тяжёлых металлов.....	219
A.N. Sabitova, Zh.S. Kassymova, R.E. Mukiyanova, B.B. Bayahmetova, N.N. Nurgaliev Исследование эффективности металлургических шлаков при производстве удобрений.....	233
E.T. Talgatov, D.A. Bibatyrova, A.A. Naizabaev, S.A. Kuttybayeva, A.Z. Abilmagzhanov Селективное гидрирование фенилэтина на модифицированных полимерами PD-катализаторах, иммобилизованных на неорганических носителях.....	243
S. Tyanakh, T.O. Khamitova, A.P. Nauanova, D.M. Kereevna, A.S. Darmenbayeva Исследование свойств гуминовых кислот, синтезированных из бурого угля Кузнецкого и Кумускудукского месторождений.....	255
A.A. Turgunbaeva, G.N. Gemejiyeva, N.A. Sultanova Исследование химического состава хлороформного экстракта <i>Rheum</i> <i>Tataricum</i> L. f. методом газовой хроматографии.....	275

©***R.S. Orazbekova**^{1,2}, **S.A. Tungatarova**^{1,2}, **A.E. Tolembek**³, **A.O. Aidarova**⁴,
M.K. Yerkibaeva⁵, 2025.

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

²D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan;

³Nazarbayev Intellectual School of chemical-biological direction, Almaty, Kazakhstan;

⁴M.Kh. Dulati Taraz University, Taraz, Kazakhstan;

⁵A. Margulan Pavlodar Pedagogical University, Pavlodar, Kazakhstan.

E-mail: raushanorazbekova14@gmail.com

CATALYTIC PROCESSING OF RENEWABLE RAW MATERIALS INTO HYDROGEN-CONTAINING FUEL MIXTURES

R.S. Orazbekova — Lead Engineer at the Institute of fuel, catalysis and electrochemistry named after D.V. Sokolsky; PhD student at Al-Farabi kazakh national university, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: raushanorazbekova14@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-2704-5148>;

S.A. Tungatarova — Doctor of Chemical Sci., Head of the Laboratory of Oxidative Catalysis at the Institute of fuel, catalysis and electrochemistry named after D.V. Sokolsky; Professor at Al-Farabi kazakh national university, Almaty, Kazakhstan,

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

A.E. Tolembek — Student of the 10th grade of NIS CBD, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: aisterxx@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-7585-3098>;

A.O. Aidarova — Senior lecturer, master of chemistry, Taraz university named after M.Kh.Dulati, Taraz, Kazakhstan,

E-mail: ao.aidarova@dulaty.kz, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0004-3137-5523>;

M.K. Yerkibaeva — Candidate of Chemical Sci., Head of the Department of higher school of natural sciences, Pavlodar pedagogical university named after A. Margulan, Pavlodar, Kazakhstan,

E-mail: erkibaevameruert@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6586-2125>.

Abstract. Irrational use and irresponsible attitude of people to the environment has led to air pollution and global warming. The depletion of oil and gas reserves has generated great interest in renewable energy sources such as wind, solar and biomass. The feedstock for the work is bioethanol, which is obtained from plant biomass. The domestic plant "Bio Operations" produces bioethanol from waste during the production of the main product - wheat. The production of hydrogen, synthesis gas, by ethanol conversion is one of the most important processes in industry and energy. Catalytic conversion of renewable raw materials into hydrogen-containing fuel mixtures contributes to sustainable development, providing an environmentally friendly alternative to fossil fuels and reducing greenhouse gas emissions. The resulting hydrogen-containing fuel mixture contains ethylene, the production of ethylene is the first stage of the production

of SAF (Sustainable Aviation Fuel), the resulting ethylene can be changed to longer hydrocarbons. In this work, a catalyst based on Cu-Ce-Al, synthesized by impregnation and supported on $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ was used to convert bioethanol into hydrogen-containing mixtures. The original and spent catalyst sample were studied using physicochemical research methods to analyze their structure, morphology, composition of the phases present and surface condition. The influence of changing the temperature regime and the concentration ratio of the initial reaction mixture on the conversion and yield was studied. The first stage of obtaining SAF and reducing the carbon footprint has been established.

Keywords: catalyst, steam reforming of ethanol, impregnation method

© Р.С. Оразбекова^{1,2*}, С.А. Тунгатарова^{1,2}, А.Е. Төлембек³, А.О. Айдарова⁴, М.Қ. Еркібаева⁵, 2025.

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

²Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, Катализ және электрохимия институты, Алматы, Қазақстан;

³Химия-биология бағытындағы Назарбаев зияткерлік мектебі, Алматы, Қазақстан;

⁴М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан;

⁵Ө. Марғұлан атындағы Павлодар Педагогикалық Университеті, Павлодар, Қазақстан.

E-mail: raushanorazbekova14@gmail.com

ЖАҢАРТЫЛАТЫН ШИКІЗАТТЫ ҚҰРАМЫНДА СУТЕГІ БАР ОТЫН ҚОСПАЛАРЫНА ДЕЙІН КАТАЛИТИКАЛЫҚ ӨНДЕУ

Р.С. Оразбекова — жетекші инженер, Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты; докторант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: raushanorazbekova14@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-2704-5148>;

С.А. Тунгатарова — химия ғылымдарының докторы, Тотығу катализі зертханасының меңгерушісі, Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты; профессор, әл-Фараби атындағы қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

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

А.Е. Төлембек — 10 сынып оқушысы, химия-биология бағытындағы Назарбаев зияткерлік мектебі, Алматы, Қазақстан,

E-mail: aisterxx@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-7585-3098>;

А.О. Айдарова — аға оқытушы, химия магистрі, М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан,

E-mail: ao.ajdarova@dulaty.kz, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0004-3137-5523>;

М.Қ. Еркібаева — химия ғылымдарының кандидаты, Жаратылыстану ғылымдары жоғары мектебінің жетекшісі, Ө. Марғұлан атындағы Павлодар педагогикалық университеті, Павлодар, Қазақстан,

E-mail: erkibaevameruert@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6586-2125>.

Аннотация. Адамдардың қоршаған ортаны ұтымсыз пайдалануы мен жауапсыздығы ауаның ластануына және жаһандық жылынуға әкеліп соқтырды.

Мұнай мен газ қорларының сарқылуы жел, күн және биомасса сияқты жаңартылатын энергия көздеріне деген үлкен қызығушылық тудыруда. Жұмыстың шикізаты — өсімдік биомассасынан алынатын биоэтанол. Отандық «Bio Operations» зауытының негізгі өнімі — бидайды өндіру кезіндегі қалдықтардан биоэтанол шығарады. Биоэтанолды түрлендіру арқылы сутегі, синтез газын алу — өнеркәсіп пен энергетикадағы маңызды процестердің бірі. Жаңартылатын шикізатты құрамында сутегі бар отын қоспаларына каталитикалық түрлендіру арқылы қазба отындарына таза балама ұсынумен қатар, парниктік газдар шығарындыларын азайту тұрақты дамуға ықпал етеді. Алынған сутегі бар отын қоспасының құрамына этилен кіреді, этилен алу – SAF (Sustainable Aviation Fuel) өндірісінің бірінші кезеңі, алынған этиленді ұзын көмірсутектерге дейін өзгертуге болады. SAF — бұл біздің жұмысымыздың шикізат көзі — биоэтанол секілді жаңартылатын ресурстардан өндірілетін экологиялық таза авиациялық отын. Бұл жұмыста биоэтанолды сутегі бар қоспаларға түрлендіру үшін сіңіру әдісімен синтезделген, $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ тасымалдағышқа отырғызылған Cu-Ce-Al негізіндегі катализатор пайдаланылды. Бастапқы және жұмсалған катализатор үлгілері олардың құрылымын, морфологиясын, қазіргі фазалардың құрамын және бетінің жағдайын талдау үшін физика-химиялық зерттеу әдістерін қолдана отырып зерттелді. Температураның өзгеруінің және бастапқы реакциялық қоспаның концентрация қатынасының конверсияға және шығымдылыққа әсері зерттелді. Экологиялық жаңа SAF авиациялық отынын өндіру және көміртегі ізін азайту үшін заманауи тиімді катализаторларды қалыптастырудың заңдылықтары мен SAF алудың бірінші кезеңі анықталды.

Түйін сөздер: катализатор; этанолдың бу риформингі; сіңіру әдісі

© Р.С. Оразбекова^{1,2*}, С.А. Тунгатарова^{1,2}, А.Е. Төлембек³, А.О. Айдарова⁴, М.К. Еркибаева⁵, 2025.

¹Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

²Институт Топлива, Катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского, Алматы, Казахстан;

³Назарбаев Интеллектуальная Школа химико-биологического направления, Алматы, Казахстан;

⁴Таразский Университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан;

⁵Павлодарский педагогический университет имени А. Маргулана, Павлодар, Казахстан.

E-mail: raushanorazbekova14@gmail.com

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ В ВОДОРОДСОДЕРЖАЩИЕ ТОПЛИВНЫЕ СМЕСИ

Р.С. Оразбекова — ведущий инженер ИТКЭ им. Д.В. Сокольского, докторант КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

E-mail: raushanorazbekova14@gmail.com, ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0003-2704-5148>;

С.А. Тунгатарова — доктор химических наук, заведующий лабораторией окислительного катализа ИТКЭ им. Д.В. Сокольского, профессор КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

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

А.Е. Төлембек — ученица 11 класса НИИ ХБН, Алматы, Казахстан,

E-mail: aisterxx@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-7585-3098>;

А.О. Айдарова — старший преподаватель, магистр химии, Таразский университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан,

E-mail: ao.ajdarova@dulaty.kz, ORCID ID: <http://orcid.org/0009-0004-3137-5523>;

М.К. Еркибаева — кандидат химических наук, руководитель ОПГиХ Высшей школы естествознания, Павлодарский педагогический университет имени А.Маргулана, Павлодар, Казахстан,

E-mail: erkibaevameruert@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6586-2125>.

Аннотация: нерациональное использование и безответственное отношение людей к окружающей среде привело к загрязнению воздуха и глобальному потеплению. Истощение запасов нефти и газа вызвало большой интерес к возобновляемым источникам энергии, таким как ветер, солнце и биомасса. Сырьем для работы является биоэтанол, который получают из растительной биомассы. Отечественный завод «BioOperations» производит биоэтанол из отходов при производстве основного продукта - пшеницы. Производство водородосодержащих топливных смесей путем конверсии этанола является одним из важнейших процессов в промышленности и энергетике. Каталитическая конверсия возобновляемого сырья в водородсодержащие топливные смеси способствует устойчивому развитию, обеспечивая экологически чистую альтернативу ископаемому топливу и сокращая выбросы парниковых газов. В составе полученного водородосодержащего топливной смеси входит этилен, получение этилена – первый этап производства SAF (Sustainable Aviation Fuel), полученный этилен можно изменить до более длинных углеводородов. SAF - это экологически чистое авиационное топливо, производимое из возобновляемых ресурсов, как в нашей работе из биоэтанола. В данной работе катализатор на основе Cu-Ce-Al, синтезированный методом пропитки и нанесенный на $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ был использован для превращения биоэтанола в водородсодержащие смеси. Исходный и отработанный образец катализатора был исследован физико-химическими методами для анализа их структуры, морфологии, состава присутствующих фаз и состояния поверхности. Было изучено влияние изменения температурного режима и соотношения концентраций исходной реакционной смеси на конверсию и выход. Был установлен первый этап получения SAF для производства нового экологичного (устойчивого) авиационного топлива и снижения углеродного следа.

Ключевые слова: катализатор; паровый риформинг этанола; метод пропитки

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по гранту AP26198717.

Введение. В последнее время водород привлекает особое внимание в энергетическом секторе как новый источник энергии для мировой экономики, отвечающий всем требованиям «зеленой» энергетики (Ferraren, 2021:8). Водород не встречается в природе в свободном состоянии, поэтому его получают из углеводородов, воды или водородсодержащих соединений. Широко

распространяется производство водорода из возобновляемых источников, так как это отрасль взаимосвязана с целями устойчивого развития (Rossetti, 2024:1288). В качестве возобновляемого источника используется биомасса, из него получают биоэтанол. К биомассе относятся как «первичная» биомасса – растения, содержащие крахмал (пшеница, кукуруза, картофель, сахарный тростник), так и «вторичная» - промышленные и бытовые отходы (хлебные отходы) (Vivek, 2022:2).

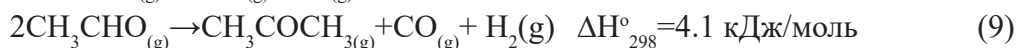
Электролиз, биологические реакции, газификация биомассы, паровой риформинг, водная фаза риформинга и частичное окисление углеводородов и спиртов являются различными способами получения водорода, которые существуют на сегодняшний день. Преобразования этанола в водород протекает с разными термическими реакциями, как паровый риформинг (1), частичное окисление (2) и частичное паровое окисление или автотермический риформинг (3):



Паровый риформинг этанола протекает основными тремя реакциями: дегидрирование этанола (4), паровой риформинг ацетальдегида (5) и реакция конверсии водяного газа (6):



В паровом риформинге этанола также протекают различные нежелательные побочные реакции, такие как дегидрирование этанола (7), разложение ацетальдегида (8), образование ацетона (9), метанирование CO (10) или CO₂ (11) и несколько реакций образования кокса, таких как разложение этилена (12), разложение метана (13) и диспропорционирование CO (реакция Будуара; 14).





Выход водорода зависит от характеристик используемого катализатора и методов его приготовления. Большинство исследований было проведено с использованием нанесенных благородных металлов (Pt, Pd, Rh, Ru) (Bilal, 2017:100; Ghita, 2016:145; Troisi, 2023:5) и неблагородных металлов, например никель (Murthy, 2023:5; Pájaro, 2024:9; Suriya, 2024:249) и его перовскиты (Ruan, 2025:1). Катализатор Ni/Al₂O₃, полученный путем полного восстановления шпинели NiAl₂O₄, обеспечивает высокий выход H₂ при низких выбросах парниковых газов за счет значительного сопутствующего производства твердого углерода при определенных условиях. Также кобальт широко используется в паровом риформинге этанола наряду с никелем, и тоже из ряда неблагородных металлов. Превосходная каталитическая активность была достигнута с кобальтовым катализатором нанесенный на носитель с использованием сонохимического синтеза (увеличение конверсии этанола, нормализованной по содержанию кобальта, примерно в четыре раза) (Grzybek 2024:3). Среди исследованных работ катализаторы на основе меди (Chen, 2020:5; Ranjekar, 2023:31557) имеют преимущество в том, что они экономичны и широко доступны по сравнению с другими металлами. Катализаторы, синтезированные методом пропитки по влагоемкости на основе Cu нанесенные на цеолит NaY и на оксид Nb₂O₅ были активны в паровом риформинге этанола (Nippes, 2024:11). В представленном исследовании был синтезирован Cu-Ce-Al/γ-Al₂O₃ катализатор методом пропитки по влагоемкости, с последующей характеристикой различными физико-химическими методами анализа.

Материалы и основные методы. В качестве сырья был использован биоэтанол, полученный из отходов пшеницы на заводе «BioOperations» (Казахстан, г. Тайынша). Продукция «Bio Operations» сертифицирована FSSC 22000 и ISCC с занесением в международные реестры. По данным паспорта качества биоэтанола объемная доля этилового спирта составляет 99,98%. Биоэтанол смешивался с деионизированной водой при соотношении C₂H₅ОН:H₂O (1:1, 2:1, 1:2).

Катализаторы были приготовлены методом пропитки, в которых использовались следующие реагенты: Cu(NO₃)₂•6H₂O, Al(NO₃)₃•9H₂O, Ce(NO₃)₃•9H₂O и носитель γ-Al₂O₃. Нитраты были взвешены на электронных весах, и был приготовлен необходимый раствор прекурсора активного компонента, с концентрацией, контролируемой регулировкой молярного соотношения. Носитель высушивали при 150°C в течение 1,5 ч. Далее определена влагоемкость носителя (1г носитель 0,75 мл воды). Катализатор прокаливали в муфельной печи при 500°C в течение 2 ч.

Фазовый состав и кристаллическая структура свежих и отработанных катализаторов анализировались с помощью рентгенофазового анализа (РФА) на дифрактометре ДРОН-4.07. Метод Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ)

специфический анализ площади поверхности проводился на анализаторе Thermo Fisher Scientific (Италия, Милан) с использованием азота в качестве газа-носителя. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) проводилась с использованием микроскопа JSM-6610LV (JEOL, Япония) в сочетании с энергодисперсионным спектрометром (EDS).

Паровый риформинг этанола проводился с использованием Cu-Ce-Al/ γ -Al₂O₃ катализатора на установке проточного типа при атмосферном давлении в трубчатом кварцевом реакторе с неподвижным слоем катализатора без предварительного восстановления. Образец катализатора был помещен в среднюю часть реактора и с двух сторон был закреплён кварцевой ватой. Эксперименты проводились в диапазоне температур от 300 до 900 °C с использованием в качестве сырья смеси C₂H₅OH:H₂O при соотношении 1:1, 2:1 и 1:2. Смесь реагентов вводилась через входное отверстие системы с помощью перистальтического насоса. Реакция осуществлялась при атмосферном давлении внутри печи и в роли подвижной фазы использовался инертный газ Ar. Анализ исходной смеси и продуктов реакции (жидкая, газовая) проводился с помощью газовой хроматографии. Газообразные продукты анализировались на газовом хроматографе «Хромос ГХ-1000» (Москва, Россия) с детектором по теплопроводности и пламенноионизационным детектором, а также на хроматографе «Agilent Technologies 6890N» (Калифорния, США) была анализирована жидкая фаза продуктов.

Оценка каталитической эффективности производства H₂ проводилась на основе конверсии этанола (C_{EtOH}) в пересчете на сухую массу по уравнению (15):

$$C_{\text{EtOH}} = \left(\frac{F_{\text{in}}^{\text{EtOH}} - F_{\text{out}}^{\text{EtOH}}}{F_{\text{in}}^{\text{EtOH}}} \right) * 100\% \quad (15)$$

Результаты. В данной работе представлены результаты активности Cu-Ce-Al/ γ -Al₂O₃ катализатора, синтезированного методом пропитки. Катализаторы были анализированы до и после реакции методом РФА, БЭТ и СЭМ.

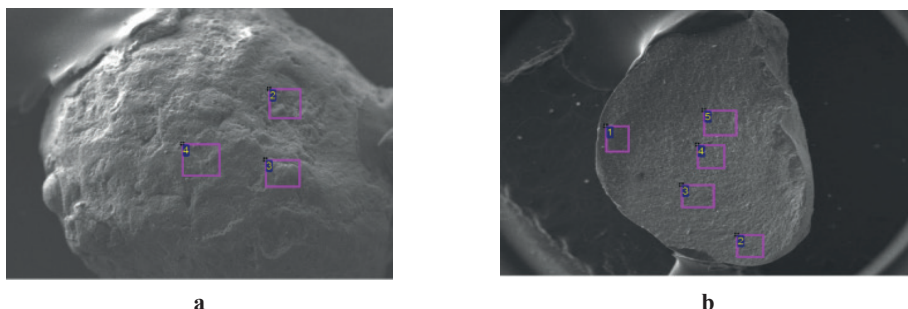


Рисунок 1 - СЭМ снимки на поверхности (а) и в расколотом виде (b) свежего Cu-Ce-Al/ γ -Al₂O₃ катализатора

Элементное картирование было выполнено с помощью EDS для идентификации химических элементов в катализаторе. Таблица 1 показывает элементный анализ свежего катализатора на поверхности и в расколотом виде, по результатам элементы были обнаружены, что свидетельствует об эффективности процесса пропитки. По данным элементного анализа Cu и Ce лучше диспергируется на поверхности катализатора чем внутри. Данные элементного анализа свежего и отработанного катализатора показаны в таблице 2.

Таблица 1. Элементный анализ свежего и отработанного катализатора Cu-Ce-Al/ γ -Al₂O₃

Образец	Элемент (%)				
	O	Al	Si	Cu	Ce
На поверхности свежего катализатора	41,89	45,99	0,56	4,16	7,39
Расколотый свежий катализатор	45,34	46,27	0,13	2,79	5,47
Отработанный катализатор C ₂ H ₅ ОН:H ₂ O (1:1)	43,92	46,97	0,09	2,84	6,18
Отработанный катализатор C ₂ H ₅ ОН:H ₂ O (2:1)	41,83	48,42	0,10	3,35	6,30
Отработанный катализатор C ₂ H ₅ ОН:H ₂ O (1:2)	42,54	47,16	0,28	3,37	6,65

Результаты сканирования под электронным микроскопом для свежего и отработанного катализатора Cu-Ce-Al показаны на рис. 2, который показывает что поверхность катализатора неровная со множеством отверстий, которые могут позволить молекулам этанола и воды проникать и реагировать. Неизменная микроструктура после реакции по сравнению со свежим катализатором указывает на то, что катализатор имеет высокую гидротермальную стабильность и его трудно разрушить при высокой температуре. При сравнении катализаторов до и после реакции парового риформинга биоэтанола на СЭМ снимке наблюдаются некоторые различия на поверхности катализатора. Кроме того, внутри прореагировавшего катализатора имеются некоторые нитевидные структуры, как показано на рис. 2 (c₂, c₃), которые могут быть отнесены к нитевидным углеродам либо указывать на наличие нитевидного углерода. Известно, что углерод, отложенный на катализаторе, в основном делится на аморфный углерод и нитевидный углерод, в то время как аморфный углерод является обычным явлением в реакции, а нитевидный углерод может способствовать образованию углеродных нанотрубок.

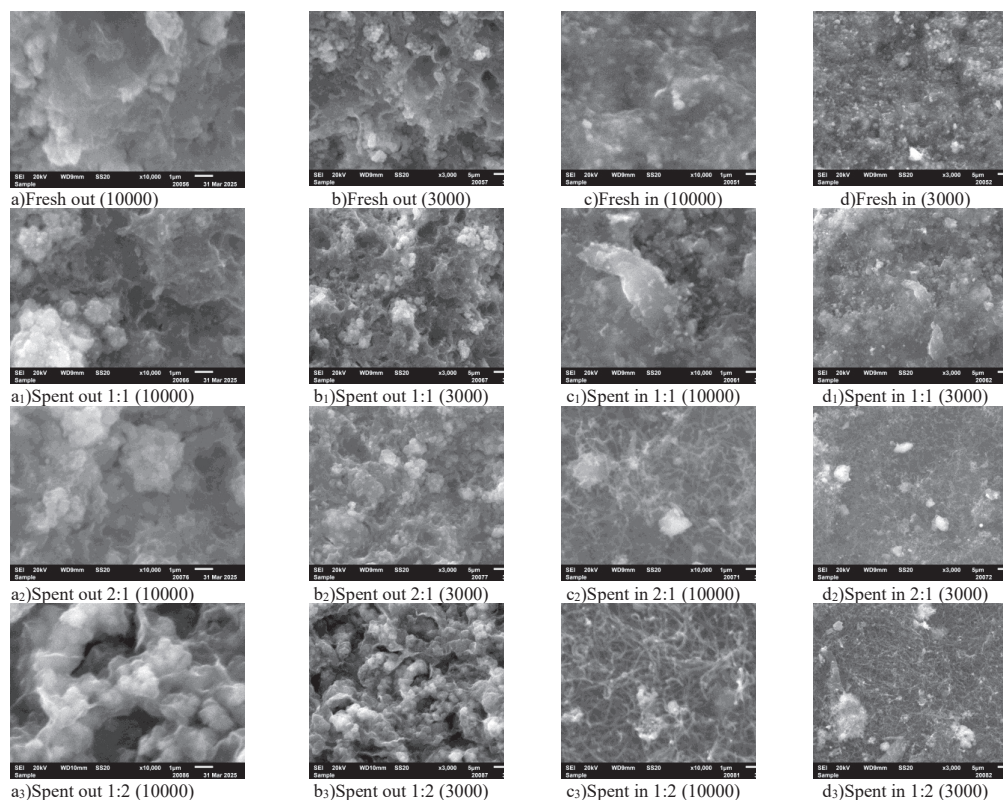


Рисунок 2 - СЭМ снимки на поверхности (out) и в разрезе (in) свежего и отработанного Cu-Ce-Al катализатора

Обсуждение. Отложение углерода на поверхности катализатора во время каталитического парового риформинга этанола является основной причиной дезактивации катализатора, которую можно разделить на волокнистые и неволокнистые углеродные отложения. Волокнистые углеродные отложения легко образуются в условиях высокой концентрации этанола. Этот вид волокнистого углерода имеет меньше препятствий для активного центра металла, и эффект дезактивации не очевиден, некоторые исследования даже показывают, что он может улучшить активность катализатора. Реакционная активность будет снижена, если осажденный углерод предотвратит попадание в поры катализатора таких реакционных видов, как этанол и вода. Неволокнистые углеродные отложения легко образуются при высокой концентрации этанола, которые могут полимеризоваться одним или несколькими атомами углерода и приводить к дезактивации катализатора путем контакта с металлическим центром (Quan, 2024:7).

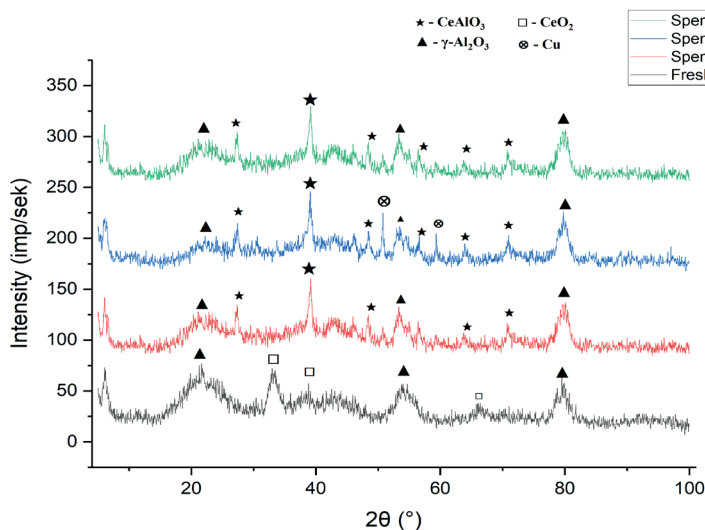


Рисунок 3 - Дифрактограммы РФА свежего и отработанного катализатора Cu-Ce-Al.

Диапазон сканирования XRD составляет от 10° до 80° со скоростью $10^\circ/\text{сек}$. Рентгеновские дифрактограммы свежих и отработанных катализаторов показаны на рисунке 3. Было установлено образование таких оксидных форм, как $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, CeO_2 , CeAlO_3 и металлический Cu. Во всех отработанных катализаторах обнаружен CeAlO_3 . Пики дифракции $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ не меняют своего положения после реакции, что указывает на сохранение структуры носителя. По сравнению с рентгенограммой свежего катализатора, дифракционные пики для CeO_2 не существуют, однако на рентгенограмме прореагировавшего катализатора появились некоторые новые дифракционные пики в соотношении $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}:\text{H}_2\text{O}$ (2:1). Пики дифракции в положении 2θ $50,77^\circ$ и $59,32^\circ$ можно сопоставить с Cu, что указывает на то, что образующийся H_2 может восстанавливать CuO до металлического Cu в процессе реакции паровой конверсии этанола.

Известно, что в катализаторе образуется CeAlO_3 , которая может существенно повлиять на его поведение в реакции парового риформинга этанола. CeAlO_3 может образовываться в результате высокотемпературного взаимодействия CeO_2 и Al_2O_3 , которые обнаружены методом РФА. Чистый CeO_2 обладает высокой кислородной подвижностью и способностью к хранению/отдаче кислорода, что помогает уменьшать коксообразование. Al_2O_3 - инертный носитель с большой удельной поверхностью. При их взаимодействии и образовании CeAlO_3 эти свойства могут существенно измениться. Роль CeAlO_3 в реакции парового риформинга этанола: CeAlO_3 может снизить способность катализатора к удалению кокса, т.к. уменьшается подача активного кислорода. С другой стороны, CeAlO_3 может повышать термическую стабильность катализатора и уменьшать агрегацию активных частиц (например, Ni), особенно при высоких температурах.

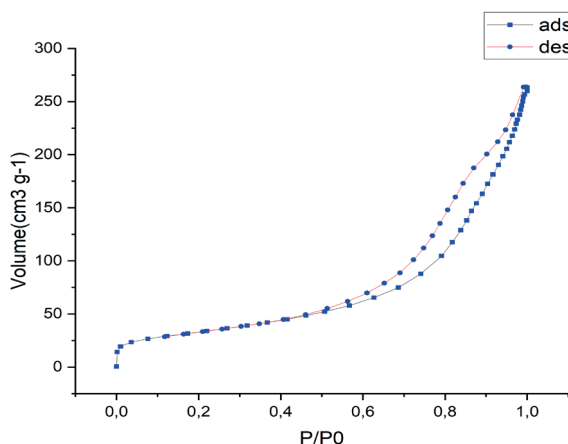


Рисунок 4 - N_2 изотерма адсорбции/десорбции свежего Cu-Ce-Al/ γ - Al_2O_3 катализатора

На рисунке 4 представлена изотерма адсорбции и десорбции азотом свежего Cu-Ce-Al/ γ - Al_2O_3 катализатора. Текстуальные параметры свежего и отработанного Cu-Ce-Al/ γ - Al_2O_3 катализатора приведены в таблице 2. Установлено что, удельная площадь поверхности уменьшается с понижением соотношения $C_2H_5OH:H_2O$.

Таблица 2. Текстуальные параметры свежего и отработанного Cu-Ce-Al/ γ - Al_2O_3 катализатора

Образец	Площадь поверхности (m^2g^{-1})	Объем пор (cm^3g^{-1})	Объем микропор (cm^3g^{-1})	Диаметр пор (нм)
Свежий катализатор	116.16	0.3177	0.3106	11.21
Отработанный катализатор $C_2H_5OH:H_2O$ (1:1)	55.28	0.1167	0.1409	5.75
Отработанный катализатор $C_2H_5OH:H_2O$ (1:2)	76.58	0.1053	0.0755	2.02
Отработанный катализатор $C_2H_5OH:H_2O$ (2:1)	85.68	0.1252	0.1307	1.24

Для определения каталитической активности катализатора опыты проводились в температурном режиме от 400 °C до 900 °C. К побочным продуктам реакции парового риформинга этанола можно отнести в газовом состоянии: монооксид углерода, диоксид углерода, метан, этилен и в жидком состоянии: ацетальдегид, ацетон, уксусная кислота. При 400 °C при дегидрировании этанола образовался ацетальдегид и ацетон, с повышением температуры при 500 °C, 600 °C в присутствии двух молекул ацетальдегида образовался ацетон и при частичном окислении ацетальдегида или этанола образовалась уксусная кислота. В основном при высоких температурах 700 °C - 900 °C не наблюдалось образования жидкого продукта. Этилен образовался при 400 °C, 500 °C, но большая концентрация этилена наблюдалась при соотношении сырьевой смеси $C_2H_5OH:H_2O$ (1:1) и (2:1). Концентрация выхода монооксида углерода, диоксида углерода и метана увеличивалась с повышением температуры.

Активность паровой конверсии этанола при 400 °С - 600 °С относительно низкая (менее 20% выхода H_2), и система быстро дезактивируется из-за образования углеродных отложений. Это в основном отражает ограничения меди для процесса и, в частности, для разрыва связей C-C, в соответствии с анализом продуктов. Cu-Ce-Al/ γ - Al_2O_3 демонстрирует высокую активность (почти 100% конверсии этанола и более 40% выхода H_2) при 700-800 °С соотношение реакционной смеси $C_2H_5OH:H_2O$ (1:2) и (1:1), а в соотношении $C_2H_5OH:H_2O$ (2:1) выход водорода не менее 20%. Зависимость выхода водорода на Cu-Ce-Al/ γ - Al_2O_3 катализаторе при варьировании температуры реакции и соотношения исходной реакционной смеси отображается на рисунке 5. Как показано на рисунке 6 начиная с 500 °С с изменением соотношения реакционной смеси конверсия этанола достигает 100%.

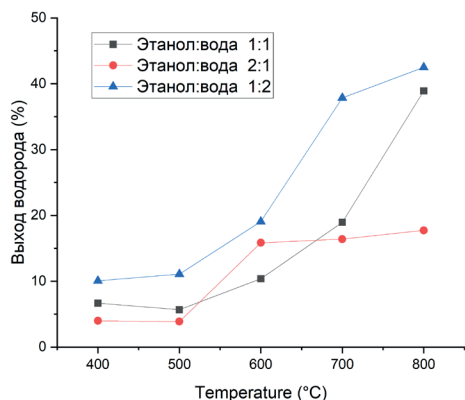


Рисунок 5 - Зависимость выхода водорода на Cu-Ce-Al/ γ - Al_2O_3 катализаторе при варьировании температуры реакции и соотношения исходной реакционной смеси

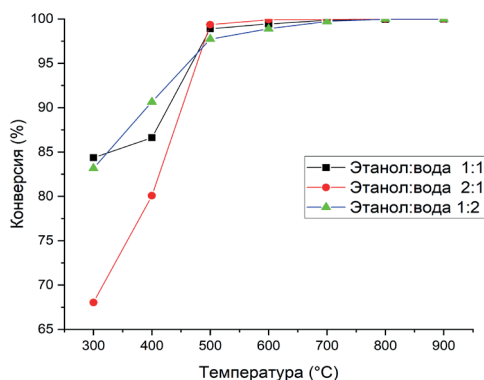


Рисунок 6 - Исследование активности Cu-Ce-Al/ γ - Al_2O_3 катализатора при варьировании температуры реакции и соотношения исходной реакционной смеси

Закключение. В данной работе для превращения биоэтанола в водородсодержащие смеси исследовали активность Cu-Ce-Al/ γ - Al_2O_3 катализатора. Было изучено влияние варьирования температурного режима и соотношения концентрации исходной реакционной смеси на конверсию и выход. Данными исследования при паровом риформинге биоэтанола было обнаружено оптимальные условия: $T=700^{\circ}C$ и $C_2H_5OH:H_2O = 1:2$ при которых выход водорода и конверсия этанола соответственно составляет 41% и 100%..

Получаемый из биоэтанола SAF снижает выбросы углерода на 80% по сравнению с обычным авиационным топливом. Конверсия из биоэтанола в авиатопливо включает в себя несколько этапов. Первый этап дегидратация биоэтанола до этилена. В данной работе этилен образовался при 400 °С, 500 °С, но самая большая концентрация этилена 28% наблюдалась при соотношении сырьевой смеси $C_2H_5OH:H_2O$ (1:1). Это первый этап производства SAF (Sustainable Aviation Fuel), далее полученный этилен можно изменить до более длинных углеводородов и до высокооктановых компонентов. Казахстан является

участником Парижского соглашения по климату и 2 февраля 2023 года в стране была утверждена «Стратегия достижения углеродной нейтральности Республики Казахстан до 2060 года». Одним из ключевых направлений стратегии является декарбонизация транспорта, включая авиацию и это работа очень актуальна для развития нашей страны в данном направлении.

References

- Bilal M., David J. (2017) Ethanol Steam Reforming over Pt/Al₂O₃ and Rh/Al₂O₃ Catalysts: The Effect of Impurities on Selectivity and Catalyst Deactivation. *Applied Catalysis A: General* 529. — P. 98–107 (in English)
- Chen F., Yongwen T., Huajuan L., Cuifeng Zh., Zongwen L., Jun H., Aibing Y. (2020) Ni-Cu Bimetallic Catalysts on Ytria-Stabilized Zirconia for Hydrogen Production from Ethanol Steam Reforming. *Fuel*: 280. (in English)
- Ferraren-De Cagaitan, M.L.S. Abundo. (2021) A review of biohydrogen production technology for application towards hydrogen fuel cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews: Volume 151*. — P. 111413 (in English)
- Ghita D., Dorin S. E., Diana C., Paul R. (2016) Hydrogen Production by Steam Reforming of Bioethanol over Pt Based Catalysts. *Revista de Chimie* 67(1). — P. 145–149 (in English)
- Grzybek G., Olga W., Magdalena R., Paweł S., Piotr L., Magdalena G., Grzegorz S., Marek R., Andrzej K. (2024) Developing Alumina-Based Cobalt Catalyst for Efficient Hydrogen Production via the Ethanol Steam Reforming Process. *Catalysis Today*: 439 (in English).
- Murthy P.S., Igor R.K. Rombaut, Huajuan L., Yongwen T., Mengjing Y., Fangyuan Ch., Jun H. (2023) Renewable Hydrogen Production with Steam Reforming of Ethanol Using Siliceous Mesocellular Foam-Supported Nickel Catalysts. *Advanced Energy and Sustainability Research*. — P. 4-11 (in English)
- Nippes Ramiro P., Paula D.M., Aline D.G., Marcos de S., Bruna R.F., Roberta C.P. (2024) Effect of Support on Steam Reforming of Ethanol for H₂ Production with Copper-Based Catalysts. *Processes*: 12(7) (in English)
- Pájaro Karen C., Vicente Cortés Corberán, Arturo Martínez-Arias. (2024) Influence of the Interaction of Nickel and Copper with Ceria on Ethanol Steam Reforming over Ni-Cu-CeO₂ Catalysts. *Catalysts*: 14(9). — P. 605 (in English)
- Quan C., Ziyue G., Xuqing L. Norbert Mi. (2024). Ethanol Steam Reforming for Hydrogen Production under Ni/Ce Catalysts. *Journal of the Energy Institute*. — P. 112 (in English)
- Ranjekar, Apoorva M., Ganapati D. Yadav. (2023) Steam Reforming of Ethanol for Hydrogen Production: Efficacy of Ceria Promoted Cu–Co on Mesoporous Cellular Foam Silica. *International Journal of Hydrogen Energy* 48(81). — P. 31550–70 (in English)
- Rossetti I., Tripodi A. (2024) Catalytic Production of Renewable Hydrogen for Use in Fuel Cells: A Review Study. *Top Catal*: 67. — P. 1286–1305 (in English)
- Rua C., Dou B., Chen N., Zhang H. (2025) Hydrogen Production from Ethanol Steam Reforming by Stable LaNi_xCu_{1-x}O_{3-λ} Perovskite-Type Catalysts. *Catalysts*: 15(1). — P. 9 (in English)
- Suriya Porapak, Shanshan X., Shengzhe D., Sarayute Ch., Yilai Jiao, Joseph Hurd, Daniel L. (2024) Ethanol Steam Reforming over Ni/ZSM-5 Nanosheet for Hydrogen Production. *Chinese Journal of Chemical Engineering*: 67. — P. 247–56 (in English)
- Troisi V., Veronica P., Alessandro S., Alessio F., Gianpiero G., Alessandra B. (2023) H₂ from Biofuels and Carriers: A Concerted Homo-Heterogeneous Kinetic Model of Ethanol Partial Oxidation and Steam Reforming on Rh/Al₂O₃. *International Journal of Hydrogen Energy*: 48(68). — P. 26526–40 (in English)
- Vivek N., Sanjay N., Vivek V.R., J. Zhang, Kumar P., Amit B., Mukesh K., Ashok P., Vinod K. (2022) Process optimization for recycling of bread waste into bioethanol and biomethane: A circular economy approach. *Energy Conversion and Management*: 266. — P. 115784 (in English)

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP

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 journals of the Central Asian Academic Research Center LLP 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 Central Asian Academic Research Center LLP 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 Central Asian Academic Research Center LLP.

The Editorial Board of the Central Asian Academic Research Center LLP 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)

Ответственный редактор *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Т. Апендиев*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 29.09.2025.

Формат 60x88¹/₈. 18,0 п.л.

Заказ 3.

«Central Asian Academic Research Center» LLP

Алматы, Қонаев к-сі, 142