

**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 Джулит, 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 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>

«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. Dzhiembaev, 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 биобыдырау 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 $Fe_{0.84}Mn_{1.12}O_3-Fe_{0.12}In_{0.12}Fe_{1.88}O_3$ 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. Рахметуллаева, 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 полимерах 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

© E.T. Talgatov¹, D.A. Bibatyrova^{2*}, A.A. Naizabaev^{1,2}, S.A. Kuttybayeva²,
A.Z. Abilmagzhanov¹, 2025.

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

²«Kazakh-British Technical University» JSC, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: darinabibatyrova@gmail.com

SELECTIVE HYDROGENATION OF PHENYLACETYLENE OVER POLYMER-MODIFIED PD CATALYSTS IMMOBILIZED ON INORGANIC SUPPORTS

Talgatov Eldar Talgatovich — PhD, associated professor, Head of the laboratory of Organic Catalysis,
«D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry» JSC, Almaty, Kazakhstan,

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

Bibatyrova Darina Akanovna — Bachelor's Degree Student, «Kazakh-British Technical University»
JSC, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: darinabibatyrova@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-2970-4675>;

Naizabaev Akzhol Armanovich — PhD student, «Kazakh-British Technical University» JSC, Junior
researcher of organic catalysis laboratory, «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry»
JSC, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: a.naizabayev@ifce.kz, <https://orcid.org/0009-0001-5317-9070>;

Kuttybayeva Sholpan Abdikarimkyzy — Master's Degree Student, «Kazakh-British Technical
University» JSC, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: s_kuttybayeva@kbtu.kz, <https://orcid.org/0009-0001-4311-2649>;

Abilmagzhanov Arlan Zainutallayevich — Candidate of Chemical Sciences. First Deputy General
Director. «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry» JSC, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: a.abilmagzhanov@ifce.kz, <https://orcid.org/0000-0003-2931-9640>.

Abstract. This paper examines the effect of the modification of Pd/TiO₂ catalysts with water-soluble polymers, including chitosan and polyacrylamide, on their catalytic activity and selectivity. To compare the catalytic performance of the synthesized heterogeneous catalysts in the hydrogenation of phenylacetylene, two distinct methods were employed for the deposition of polymer-stabilized palladium nanoparticles onto the support. In Method A, a palladium solution was added to a previously prepared composite, whereas in Method B, a polymer-metal complex was deposited onto the support. The deposition levels of polymer and metal on the support were determined by viscometry and spectrometry methods, respectively. The obtained results demonstrated that both the polymer and the metal were completely deposited onto the support in the presence of a NaOH solution, enabling the synthesis of 1% catalysts, as confirmed by elemental analysis. The synthesized 1% Pd/TiO₂, 1% Pd-Chit/TiO₂, 1% Pd-Chit/TiO₂

(PMC), 1% Pd-PAA/TiO₂, 1% Pd-PAA/TiO₂ (PMC) catalysts were investigated in the hydrogenation of phenylacetylene. In terms of catalytic activity, the catalysts followed the order: 1% Pd/TiO₂ ($W_{\max} = 26,2 \times 10^{-6}$ mol/s) > 1% Pd-PAA/TiO₂ (PMC) ($W_{\max} = 11,4 \times 10^{-6}$ mol/s) $\approx$ 1% Pd-PAA/TiO₂ ($W_{\max} = 10,7 \times 10^{-6}$ mol/s) > 1% Pd-Chit/TiO₂ (PMC) ($W_{\max} = 3,6 \times 10^{-6}$ mol/s) $\approx$ 1% Pd-Chit/TiO₂ ($W_{\max} = 3,7 \times 10^{-6}$ mol/s). Thus, the polymer modification of heterogeneous catalysts may serve as a promising approach for the design of catalysts with tailored properties.

Keywords: titanium dioxide (TiO₂), palladium catalyst; chitosan, polyacrylamide, phenylacetylene, hydrogenation

© Э.Т. Талғатов¹, Д.А. Бибатырова^{2*}, А.А. Найзабаев^{1,2},
Ш.Ә. Құттыбаева², А.З. Абиьмагжанов¹, 2025.

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

²«Қазақ-Британ техникалық университеті» АҚ, Алматы, Қазақстан
Email: darinabibatyrova@gmail.com

БЕЙОРГАНИКАЛЫҚ ТІРЕКТЕРДЕ ИММОБИЛИЗАЦИЯЛАНҒАН ПОЛИМЕРМЕН МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН Pd КАТАЛИЗАТОРЛАРЫ БОЙЫНША ФЕНИЛАЦЕТИЛЕНДІ СЕЛЕКТИВТІ ГИДРОГЕНИЗАЦИЯЛАУ

Талғатов Эльдар Талғатұлы — PhD доктор, қауым. профессор, Органикалық катализ зертханасының жетекшісі, «Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан,

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

Бибатырова Дарина Акановна — Қазақ-Британ техникалық университетінің Бакалавр студенті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: darinabibatyrova@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-2970-4675>;

Найзабаев Ақжол Арманович — Қазақ-Британ техникалық университетінің Ph.D докторанты, Органикалық катализ зертханасының кіші ғылыми қызметкері, «Д.В.Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан,

E-mail: a.naizabayev@ifce.kz, <https://orcid.org/0009-0001-5317-9070>;

Құттыбаева Шолпан Әбдіқаримқызы — Қазақ-Британ техникалық университетінің магистранты, Алматы, Қазақстан,

E-mail: s_kuttybayeva@kbtu.kz, <https://orcid.org/0009-0001-4311-2649>;

Абиьмагжанов Арлан Зайнуталлаевич — Химия ғылымдарының кандидаты. Бас директордың бірінші орынбасары. «Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан,

E-mail: a.abilmagzhanov@ifce.kz, <https://orcid.org/0000-0003-2931-9640>.

Аннотация. Бұл жұмыста Pd/TiO₂ катализаторларының суда еритін полимерлермен, соның ішінде хитозан және полиакриламидпен модификациялау арқылы каталитикалық белсенділігі мен селективтілігіне әсері зерттелді. Фенилацетиленді гидрлеу процесінде алынған гетерогенді катализаторлардың әрекетін салыстыру үшін полимермен тұрақтандырылған палладий бөлшектерін тасымалдаушыға тұндырудың екі түрлі әдісі қолданылды. А әдісі бұрын алынған

композитке палладий ерітіндісін қосу арқылы жүзеге асырылды, ал В әдісінде түзілген полимер-металл кешені тасымалдаушыға тұндырылды. Тасымалдаушыға енгізілген полимер мен металлдың мөлшері сәйкесінше вискозиметрия және спектрометрия көмегімен бағаланды. Алынған нәтижелер NaOH ерітіндісінің көмегімен полимер мен металдың тасымалдаушыға толығымен тұндырылғанын көрсетті, бұл 1% катализатордың алынуын қамтамасыз етті және элементтік талдау деректерімен расталды. Синтезделген 1% Pd/TiO₂, 1% Pd-Хит/TiO₂, 1% Pd-Хит/TiO₂ (ПМК), 1% Pd-ПАА/TiO₂, 1% Pd-ПАА/TiO₂ (ПМК) катализаторлар фенилацетиленді гидрлеу процесінде зерттелді. Каталитикалық белсенділігі бойынша катализаторлар келесі ретпен орналасты: 1% Pd/TiO₂ ($W_{\max} = 26,2 \times 10^{-6}$ моль/с) > 1% Pd-ПАА/TiO₂ (ПМК) ($W_{\max} = 11,4 \times 10^{-6}$ моль/с) $\approx$ 1% Pd-ПАА/TiO₂ ($W_{\max} = 10,7 \times 10^{-6}$ моль/с) > 1% Pd-Хит/TiO₂ (ПМК) ($W_{\max} = 3,6 \times 10^{-6}$ моль/с) $\approx$ 1% Pd-Хит/TiO₂ ($W_{\max} = 3,7 \times 10^{-6}$ моль/с). Осылайша, гетерогенді катализаторлардың полимерлі модификациясы көрсетілген қасиеттері бар катализаторларды құрудың перспективті әдісі болуы мүмкін.

Түйін сөздер: титан диоксиді (TiO₂), палладий катализаторы, хитозан, полиакриламид, фенилацетилен, гидрлеу

© Э.Т. Талгатов¹, Д.А. Бибатырова^{2*}, А.А. Найзабаев^{1,2}, Ш.Ә. Құттыбаева²,
А.З. Абиьмагжанов¹, 2025.

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

²АО «Казахстанско-Британский технический университет», Алматы, Казахстан.
E-mail: darinabibatyrova@gmail.com

СЕЛЕКТИВНОЕ ГИДРИРОВАНИЕ ФЕНИЛАЦЕТИЛЕНА НА ПОЛИМЕР-МОДИФИЦИРОВАННЫХ PD КАТАЛИЗАТОРАХ, ИММОБИЛИЗИРОВАННЫХ НА НЕОРГАНИЧЕСКИЙ НОСИТЕЛЬ

Талгатов Эльдар Талгатович — PhD, ассоц. профессор, заведующий лабораторией органического катализа, АО «Институт Топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан,

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

Бибатырова Дарина Акановна — Бакалавр, АО «Казахстанско-Британский технический университет», Алматы, Казахстан,

E-mail: darinabibatyrova@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-2970-4675>;

Найзабаев Акжол Арманович — докторант PhD, АО «Казахстанско-Британский технический университет», младший научный сотрудник лаборатории органического катализа, АО «Институт Топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан,

E-mail: a.naizabayev@ifce.kz, <https://orcid.org/0009-0001-5317-9070>;

Құттыбаева Шолпан Әбдіқаримқызы — магистрант, АО «Казахстанско-Британский технический университет», Алматы, Казахстан,

E-mail: s_kuttybayeva@kbtu.kz, <https://orcid.org/0009-0001-4311-2649>;

Абиьмагжанов Арлан Зайнуталлаевич — кандидат химических наук, первый заместитель генерального директора. АО «Институт Топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан,

E-mail: a.abilmagzhanov@ifce.kz, <https://orcid.org/0000-0003-2931-9640>.

Аннотация. В данной работе исследовано влияние модификации Pd/TiO₂ катализаторов водорастворимыми полимерами, включая хитозан и полиакриламид, на их каталитическую активность и селективность. Для сравнения поведения полученных гетерогенных катализаторов в процессе гидрирования фенилацетилена были использованы два различных метода нанесения полимер-стабилизированных частиц палладия на носитель. Метод А заключался в добавлении раствора палладия к предварительно полученному композиту, а в методе Б сформированный полимер-металлический комплекс осаждали на носитель. Количество нанесенного полимера и металла на носитель оценивали методами вискозиметрии и спектрометрии, соответственно. Полученные результаты показали, что полимер и металл полностью осаждались на носитель при использовании раствора NaOH, что обеспечивало получение 1% катализаторов и подтверждалось данными элементного анализа. Синтезированные 1% Pd/TiO₂, 1% Pd-Хит/TiO₂, 1% Pd-Хит/TiO₂ (ПМК), 1% Pd-ПАА/TiO₂, 1% Pd-ПАА/TiO₂ (ПМК) катализаторы были исследованы в реакции гидрирования фенилацетилена. Установлено, что по уровню каталитической активности они располагались в следующем ряду: 1% Pd/TiO₂ ($W_{\max} = 26,2 \times 10^{-6}$ моль/с) > 1% Pd-ПАА/TiO₂ (ПМК) ($W_{\max} = 11,4 \times 10^{-6}$ моль/с) $\approx$ 1% Pd-ПАА/TiO₂ ($W_{\max} = 10,7 \times 10^{-6}$ моль/с) > 1% Pd-Хит/TiO₂ (ПМК) ($W_{\max} = 3,6 \times 10^{-6}$ моль/с) $\approx$ 1% Pd-Хит/TiO₂ ($W_{\max} = 3,7 \times 10^{-6}$ моль/с). Таким образом, полимерная модификация гетерогенных катализаторов может являться перспективным методом для создания катализаторов с заданными свойствами.

Ключевые слова: диоксид титана (TiO₂), палладиевый катализатор, хитозан, полиакриламид, фенилацетилен, гидрирование

Финансирование: Настоящая работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант №BR24992995).

Введение. Каталитическое гидрирование является основным процессом в химической промышленности и широко используется в различных отраслях, включая нефтехимию, пищевую промышленность, производство реактивов и фармацевтику. Согласно исследованиям в данной области, 25% химических процессов включают как минимум одну стадию реакций гидрирования, что составляет около 8% мирового ВВП и делает эту область одной из ключевых в каталитических исследованиях. Сохранение высокой селективности продукта при увеличении конверсии остается одной из главных проблем в реакциях гидрирования, поэтому создание усовершенствованных катализаторов имеет первостепенное значение не только для промышленности, но и для научного мира в целом.

Наночастицы палладия, иммобилизованные на носителях, являются одними из самых перспективных катализаторов для селективного гидрирования ненасыщенных тройных C $\equiv$ C связей благодаря их высокой способности к диссоциации молекулярного водорода и влиянию носителя на их свойства.

Существует несколько подходов к созданию эффективных каталитических систем, одним из которых является конструирование и полимерная модификация катализаторов. Применение полимеров способствует стабилизации активных частиц металла, предотвращая их агломерацию. Стабилизация систем, как правило, осуществляется с применением синтетических полимеров, таких как поливинилацетат, полиакриламид, полиэтиленгликоль, карбоксиметилцеллюлоза, полиметилметакрилат, додецилсульфат натрия (SDS) и другие.

Однако, в последнее время в области иммобилизованного катализа всё чаще предлагаются природные биополимеры, например хитозан, что обусловлено, в частности, ужесточением экологических требований. Хитозан обладает такими уникальными свойствами, как нетоксичность, биоразлагаемость, возобновляемость и природная распространённость. Важным достоинством хитозана является возможность его получения из хитина – второго по распространённости природного биополимера, а также из отходов морепродуктов путём простой реакции деацетилирования. Использование хитозана в качестве носителя каталитических наночастиц имеет множество преимуществ, обусловленных высокой сорбционной способностью и многофункциональностью биополимеров. Кроме того, хитозан содержит гидроксильные и аминогруппы, которые способны взаимодействовать с активными центрами и модифицировать их свойства. Наряду с хитозаном используются и другие биополимеры, такие как хитин, пектин, целлюлоза, крахмал и желатин.

Тем не менее, до настоящего времени недостаточно изучено влияние различных факторов, включая роль носителя, при селективном гидрировании алкинов. Несмотря на то, что его непосредственная функция заключается в разбавлении активной фазы, выбор оптимального носителя влияет на свойства катализатора. В частности, носитель позволяет контролировать размер наночастиц, распределение металла и стабильность активной фазы. Кроме того, химические и электронные свойства носителя оказывают влияние на каталитическую активность посредством взаимодействий металл–носитель, а его структурные особенности определяют характер диффузии и адсорбции реагентов и продуктов реакции.

В качестве носителей, как правило, широко применяются мезопористые материалы с высокой удельной поверхностью, такие как цеолиты, углеродные нанотрубки, диоксид кремния и композитные материалы, для стабилизации и предотвращения агломерации металлических наночастиц. Особое внимание уделяется диоксиду титана (TiO_2), который относится к числу наиболее эффективных фотокаталитических материалов и одновременно служит результативным носителем для палладиевых катализаторов благодаря выраженному взаимодействию металл – носитель, высокой химической стабильности и оптимальным кислотно-основным характеристикам.

Таким образом, на поведение палладиевых катализаторов в процессе гидрирования может влиять как полимерная модификация, так и взаимодействие металл-носитель. Однако, исследований, посвященных влиянию полимерной модификации Pd/TiO_2 катализаторов на их поведение в процессе гидрирования,

еще не проводились. В связи с этим, целью настоящей работы является исследование влияния модификации Pd/TiO₂ катализаторов водорастворимыми полимерами (хитозаном и полиакриламидом), на поведение полученного гетерогенного катализатора в процессе гидрирования фенилацетилена.

Материалы и методы

Использованные реактивы

Этанол (96.3%, ХЧ), PdCl₂ (59-60% Pd, Sigma-Aldrich), NaOH (ХЧ), KCl (ХЧ), HCl (ХЧ), TiO₂ (анатаз, 99.7%, Sigma-Aldrich) использовали без дополнительной очистки. В качестве полимеров были использованы полиакриламид и хитозан со степенью деацетилирования – 85%, M = 250,000 (Sigma-Aldrich). Фенилацетилен (98%, Sigma-Aldrich) очищали путем перегонки, чистоту проверяли хроматографически.

Приготовление бесполимерных палладиевых катализаторов

Синтезированные катализаторы были получены методом осаждения ионов палладия (Pd) на коммерческий анатаз (TiO₂ КА). Процедуру осуществляли следующим образом:

К 1 г носителя TiO₂ добавляли 20 мл дистиллированной воды и тщательно перемешивали до получения однородной суспензии. Затем постепенно вводили 5 мл 0,019 М раствора K₂PdCl₄ при постоянном перемешивании, продолжая процесс в течение 2 часов. Далее, смесь оставляли до полного разделения осадка и маточного раствора. Надосадочный раствор отбирали для анализа содержания ионов палладия с целью оценки сорбционных свойств носителя, после чего возвращали его в исходную систему.

На следующем этапе в реакционную систему по каплям добавляли 2 мл 0,25 М раствора NaOH, продолжая перемешивание в течение одного часа. Полученный катализатор отделяли от маточного раствора. Осадок промывали дистиллированной водой до достижения нейтрального значения pH, после чего сушили на воздухе при комнатной температуре. Для нейтрализации среды к фильтрату добавляли эквивалентное количество 0,25 М раствора HCl, соответствующее объему введенного NaOH. Полученный раствор анализировали на содержание ионов палладия. Содержание палладия в маточных растворах до и после осаждения K₂PdCl₄ определяли на спектрофотометре СФ-2000 по калибровочным кривым при длине волны $\lambda = 430$ нм. Полноту осаждения палладия на носитель подтверждали данными элементного анализа, проведенного с применением сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-6610 LV, оснащенного EDX-детектором (Япония).

Приготовление полимер-модифицированных катализаторов

Метод А. Приготовление осуществлялось по следующей методике. К 0,032 г хитозана добавляли 10 мл 1% раствора HCl и оставляли на перемешивание на магнитной мешалке в течение 2–3 часов при температуре 50 °С. Для приготовления носителя к 1 г TiO₂ добавляли 20 мл дистиллированной воды и перемешивали на мешалке до образования однородной суспензии. Затем полимер по каплям добавляли к носителю для получения композита и оставляли на мешалке на 2–3

часа. К полученному композиту добавляли 5 мл раствора палладия (0,0168 г PdCl_3 и 0,0142 г KCl , растворённых в 5 мл дистиллированной воды при температуре 60 °С в течение 2 часов) и перемешивали на мешалке в течение 3 часов. Полученную смесь оставляли до полного разделения осадка и маточного раствора. Надосадочный раствор отбирали для анализа содержания ионов палладия с целью оценки сорбционных свойств носителя, после чего возвращали обратно в систему. На следующем этапе к смеси по каплям добавляли 2 мл 0,25 М раствора NaOH и продолжали перемешивание в течение 1 часа. Полученный катализатор отделяли от маточного раствора. Осадок промывали дистиллированной водой до достижения нейтрального pH и сушили на воздухе. К фильтрату для нейтрализации среды добавляли раствор 0,25 М HCl в количестве эквивалентном добавленному NaOH и анализировали на содержание ионов палладия.

Метод Б (ПМК). Методика приготовления заключалась в следующем. Для приготовления раствора палладия 0,0168 г PdCl_2 смешивали с 0,0142 г KCl и растворяли в 5 мл дистиллированной воды при температуре 60 °С в течение 2 часов. К 0,032 г хитозана добавляли 10 мл 1% раствора HCl и оставляли на перемешивание на магнитной мешалке в течение 2–3 часов при температуре 50 °С. Для образования полимер-металлического комплекса (ПМК) раствор палладия по каплям добавляли к раствору хитозана и оставляли на магнитной мешалке на 3 часа. К 1 г TiO_2 добавляли 20 мл дистиллированной воды и перемешивали на мешалке до образования однородной суспензии. Далее раствор ПМК по каплям добавляли к суспензии TiO_2 и оставляли на мешалке на 3 часа. Полученную смесь оставляли до полного разделения осадка и маточного раствора. Надосадочный раствор отбирали для анализа содержания ионов палладия с целью оценки сорбционных свойств носителя, после чего возвращали обратно в систему. На следующем этапе к смеси по каплям добавляли 2 мл 0,25 М раствора NaOH и продолжали перемешивание в течение 1 часа. Полученный катализатор отделяли от маточного раствора. Осадок промывали дистиллированной водой до достижения нейтрального pH и сушили на воздухе. К фильтрату для нейтрализации среды добавляли раствор 0,25 М HCl в количестве эквивалентном добавленному NaOH и анализировали на содержание ионов палладия.

Гидрирование фенилацетилена

Гидрирование осуществляли в непроточном термостатированном стеклянном реакторе типа «утка» при интенсивном перемешивании (600–700 качаний в минуту). Реакция проводилась в среде этилового спирта (25 мл) при атмосферном давлении водорода и температуре 40 °С. Масса навески катализатора составляла 0,05 г. Катализатор предварительно подвергали 30-минутной обработке водородом непосредственно в реакторе при интенсивном перемешивании, а затем вводили 2.23 моля (0.09 моль/л) субстрата. Количество субстрата бралось в расчете на поглощение 100 мл водорода. Скорость реакции рассчитывали по изменению поглощения водорода в единицу времени. Селективность катализатора оценивали, как долю целевого продукта в продуктах реакции при заданной степени превращения. Анализ продуктов реакции выполняли на хроматографе

«Хромос ГХ-1000» с пламенно-ионизационным детектором в изотермическом режиме, используя капиллярную колонку ВР21 (FFAP) с полярной фазой (ПЭГ, модифицированный нитротерефталатом) длиной 50 м и внутренним диаметром 0,32 мм.

Результаты и обсуждение

Характеристика синтезированных катализаторов

Катализаторы готовили путем нанесения полимера и металла на носитель. В методе А раствор палладия наносили на предварительно полученный композит, а метод Б заключался в одновременном нанесении полимер-металлического комплекса на носитель.

В нашей предыдущей работе было показано, что применение адсорбционного метода для синтеза нанесенных палладиевых катализаторов на основе диоксида титана является нецелесообразным, поскольку данный подход не обеспечивает получение систем с заданным содержанием палладия. Поэтому, нанесение палладия на носитель осуществляли путем осаждения гидроксидом натрия. В таблице 1 представлены результаты фотоэлектроколориметрического анализа (ФЭК) маточных растворов после процесса осаждения.

Таблица 1 – Концентрация ионов палладия в маточном растворе до и после осаждения на носитель

Катализатор	Концентрация ионов палладия в маточном растворе, М		Степень осаждения, %
	До осаждения	После осаждения	
1% Pd-Хит/ TiO_2	0,0027	0,0000606	97,8
1% Pd-Хит/ TiO_2 (ПМК)	0,0027	0,0000000	100
1% Pd-ПАА/ TiO_2	0,0027	0,0000279	98,9
1% Pd-ПАА/ TiO_2 (ПМК)	0,0027	0,0000543	97,9

Данные, представленные в таблице 1, свидетельствуют о практически полном осаждении ионов $[\text{PdCl}_4]^{2-}$ на носители с образованием 1%-ных катализаторов, что было подтверждено данными элементного анализа (таблица 2).

Таблица 2 – Элементный состав полученных катализаторов

Образец	Содержание элемента, % масс.				
	O	Ti	Pd	Cl	Другие элементы
1% Pd-Хит/ TiO_2	42,37	56,37	0,96	0,18	0,12
1% Pd-Хит/ TiO_2 (ПМК)	42,33	56,37	0,99	0,09	0,22
1% Pd-ПАА/ TiO_2	41,48	57,44	0,95	0,00	0,13
1% Pd-ПАА/ TiO_2 (ПМК)	41,44	57,49	0,98	0,00	0,09

Количество закрепленного полимера оценивали по изменению вязкости маточного раствора. Так, во всех случаях вязкость маточных растворов после

осаждения полимера и металла составила 0,97-1,00 мм²/с (таблица 3), что близко к значению вязкости чистой воды. Это свидетельствует о том, что полимеры также практически полностью закрепляются на носитель не зависимо от метода нанесения.

Таблица 3 – Результаты вискозиметрии полученных катализаторов

Катализатор	Время истечения жидкости, сек			Среднее время истечения, сек	Коэффициент вискозиметра, мм ² /с ²	Кинематическая вязкость, мм ² /с
1% Pd-Хит/TiO ₂	274,8	300,6	300,6	292,0	0,003367	0,98
1% Pd-Хит/TiO ₂ (ПМК)	300	300,0	301,8	300,6	0,003367	1,00
1% Pd-ПАА/TiO ₂	291,8	280,0	292,3	288,0	0,003367	0,97
1% Pd-ПАА/TiO ₂ (ПМК)	280,2	294,1	308,7	294,3	0,003367	0,99

Таким образом, двумя различными методами нанесения были получены Pd-ПАА/TiO₂ и Pd-Хит/TiO₂ катализаторы с заданным содержанием полимера и металла.

Гидрирование фенилацетилена

Гидрирование фенилацетилена проводили в присутствии 1% Pd/TiO₂, 1% Pd-Хит/TiO₂, 1% Pd-Хит/TiO₂ (ПМК), 1% Pd-ПАА/TiO₂ и 1% Pd-ПАА/TiO₂ (ПМК) катализаторов. Активность данных катализаторов оценивали по кинетике поглощения водорода во времени. Катализаторы, модифицированные полиакриламидом, продемонстрировали более высокую каталитическую активность по сравнению с хитозан-модифицированными системами. Точки полугидрирования (50 мл) для катализаторов 1% Pd-Хит/TiO₂ и 1% Pd-Хит/TiO₂ (ПМК) были достигнуты после 15 и 12 минуты соответственно. В то же время для катализаторов 1% Pd-ПАА/TiO₂ и 1% Pd-ПАА/TiO₂ (ПМК) точки полугидрирования были достигнуты значительно быстрее - через 8 и 5 минут соответственно (рисунок 1, а). Наибольшую каталитическую активность показал бесполимерный 1% Pd/TiO₂ катализатор. Точка полугидрирования была достигнута после 1 минуты.

Согласно хроматографическому анализу, в начальный период реакции на 1% Pd-ПАА/TiO₂ (ПМК) наблюдается накопление стирола, который затем восстанавливается до этилбензола (рисунок 1, б). Аналогичным образом происходит изменение состава реакционной смеси на остальных катализаторах.

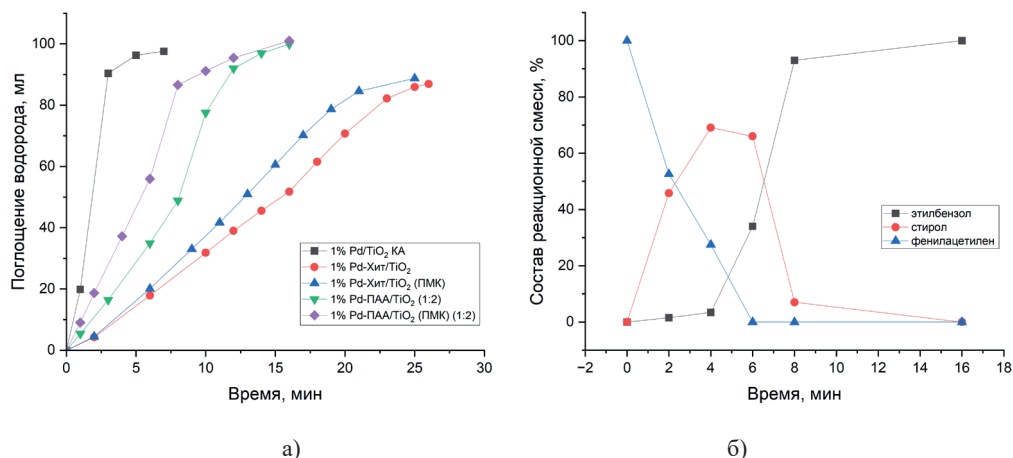


Рисунок 1 – Результаты гидрирования фенилацетилена на синтезированных катализаторах: кинетика поглощения водорода (а); изменение состава реакционной смеси в присутствии 1% Pd-ПAA/TiO₂ (ПМК) катализатора (б).

Условия проведения эксперимента: масса навески катализатора – 0,05 г, объём субстрата (фенилацетилена) – 0,25 мл, объём растворителя (этанола) – 25 мл, температура – 40°C, давление – 0,1 Мпа, рН (EtOH) = 10.

Скорость гидрирования определяли на основе данных по поглощению водорода, а селективность образования стирола – по результатам хроматографического анализа. Сравнение каталитических свойств синтезированных катализаторов представлено в таблице 4.

Таблица 4 – Сравнение каталитических свойств синтезированных катализаторов в реакции гидрирования фенилацетилена

Катализатор	$W \times 10^{-6}$, моль $\times$ сек ⁻¹		Селективность, %	Конверсия, %
	$C \equiv C$	$C = C$		
1% Pd/TiO ₂	14,8	26,2	92,5	49,5
1% Pd-Xит/TiO ₂	2,7	3,7	92,6	91,7
1% Pd-Xит/TiO ₂ (ПМК)	3,2	3,6	93,5	86,4
1% Pd-ПAA/TiO ₂	5,2	10,7	95,3	95,3
1% Pd-ПAA/TiO ₂ (ПМК)	7,2	11,4	95,3	72,5

Условия проведения реакции: масса навески катализатора – 0,05 г, объём субстрата (фенилацетилена) – 0,25 мл, объём растворителя (этанола) – 25 мл, температура – 40°C, давление – 0,1 Мпа, рН (EtOH) = 10.

На катализаторе 1% Pd-ПAA/TiO₂ накопление стирола протекало с селективностью 95,3 % при скорости $5,2 \times 10^{-6}$ моль/с. В дальнейшем скорость реакции увеличилась до $10,7 \times 10^{-6}$ моль/с, что соответствует процессу гидрирования двойной связи $C=C$. 1% Pd-ПAA/TiO₂ (ПМК) катализатор, приготовленный путем одновременного нанесения полимера и металла (метод Б), показал примерно такую

же активность ($W_{\text{с=с}} = 7,2 \times 10^{-6}$ моль/с, $W_{\text{с=с}} = 11,4 \times 10^{-6}$ моль/с) и селективность по стиролу (95,3%). В случае с катализаторами, модифицированными хитозаном, процесс протекал заметно медленнее. В частности, в присутствии 1% Pd-Хит/ TiO_2 (ПМК) селективность по стиролу составляла 93,5%, а скорость реакции достигала $3,6 \times 10^{-6}$ моль/с. Примерно такие же свойства продемонстрировал 1% Pd-Хит/ TiO_2 катализатор, приготовленный путем последовательного нанесения полимера, а затем металла (метод А). Сравнительный анализ показал, что активность палладиевых катализаторов снижается в следующем порядке: 1% Pd/ TiO_2 > 1% Pd-ПАА/ TiO_2 (ПМК) $\approx$ 1% Pd-ПАА/ TiO_2 > 1% Pd-Хит/ TiO_2 (ПМК) $\approx$ 1% Pd-Хит/ TiO_2 . При этом, следует отметить, что катализатор, модифицированный полиакриламидом, показал более высокую селективность по сравнению с бесполимерным и хитозан-модифицированными катализаторами.

Заключение

Таким образом результаты исследований позволили сформулировать следующие выводы:

- 1) Метод нанесения (одновременное или последовательное осаждение полимера и металла) не оказывает существенного влияния на свойства полимер-модифицированного катализатора (активность и селективность);
- 2) Природа полимера-модификатора влияет на поведение катализатора в процессе гидрирования. Так, полиакриламид-модифицированные катализаторы продемонстрировали более высокие активность и селективность по сравнению с аналогичными катализаторами, модифицированными хитозаном;
- 3) Модификация нанесенных гетерогенных катализаторов полимерами является перспективным методом для конструирования катализаторов с заданными свойствами. Так варьируя природу полимера возможно управлять свойствами получаемого катализатора.

References

- Akhmetova S., Zharmagambetova A., Talgatov E., Auyezkhanova A., Malgazhdarova M., Zhurinov M., Abilmagzhanov A., Jumekeyeva A., & Kenzheyeva A. (2024) How the Chemical Properties of Polysaccharides Make It Possible to Design Various Types of Organic-Inorganic Composites for Catalytic Applications. In *Molecules* (Vol. 29, Issue 13). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/molecules29133214> (in Eng.)
- Delgado J.A., Benkirane O., Claver C., Curulla-Ferré D., & Godard C. (2017) Advances in the preparation of highly selective nanocatalysts for the semi-hydrogenation of alkynes using colloidal approaches. In *Dalton Transactions* (Vol. 46, Issue 37. — P. 12381–12403). Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/c7dt01607g> (in Eng.)
- Deng X., Wang J., Guan N., & Li L. (2022) Catalysts and mechanisms for the selective heterogeneous hydrogenation of carbon-carbon triple bonds. In *Cell Reports Physical Science* (Vol. 3, Issue 9). Cell Press. <https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2022.101017> (in Eng.)
- Guan Q., Yang C., Wang S., He L., Kong Z., Chai X., Xin H., & Ning P. (2019) Reactive Metal-Biopolymer Interactions for Semihydrogenation of Acetylene. *ACS Catalysis*, 9(12). — P. 11146–11152. <https://doi.org/10.1021/acscatal.9b04042> (in Eng.)
- Kovtunov K.V., Barskiy D.A., Salnikov O.G., Burueva D.B., Khudorozhkov A.K., Bukhtiyarov A.V., Prosvirin I.P., Gerasimov E.Y., Bukhtiyarov V.I., & Koptug I.V. (2015) Strong Metal-Support Interactions for Palladium Supported on TiO_2 Catalysts in the Heterogeneous Hydrogenation with Parahydrogen. *ChemCatChem*, 7(17). — P. 2581–2584. <https://doi.org/10.1002/cctc.201500618> (in Eng.)

Molnár Á. (2019) The use of chitosan-based metal catalysts in organic transformations. In *Coordination Chemistry Reviews* (Vol. 388. — P. 126–171). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2019.02.018> (in Eng.)

Nasrollahzadeh M., Shafiei N., Nezafat Z., Soheili Bidgoli N.S., & Soleimani F. (2020) Recent progresses in the application of cellulose, starch, alginate, gum, pectin, chitin and chitosan based (nano) catalysts in sustainable and selective oxidation reactions: A review. In *Carbohydrate Polymers* (Vol. 241). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116353> (in Eng.)

Talgatov E.T., Bukharbayeva F.U., Kenzheyeva A.M., Abdigapbarova G.G., & Aubakirov T.A. (2023) 1. NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY, 3. — P. 157–174. <https://doi.org/https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.184> (in Eng.)

Talgatov E.T., Naizabayev A.A., Kenzheyeva A.M., Myltykbayeva Z.K., Koca A., Bukharbayeva F.U., Akhmetova S.N., Yersaiyn R., & Auyezkhanova A.S. (2024) Investigation of the Performances of TiO₂ and Pd@TiO₂ in Photocatalytic Hydrogen Evolution and Hydrogenation of Acetylenic Compounds for Application in Photocatalytic Transfer Hydrogenation. *Catalysts*, 14(10). <https://doi.org/10.3390/catal14100665> (in Eng.)

Xie W., & Hu P. (2021) Influence of surface defects on activity and selectivity: A quantitative study of structure sensitivity of Pd catalysts for acetylene hydrogenation. *Catalysis Science and Technology*, 11(15). — P. 5212–5222. <https://doi.org/10.1039/d1cy00665g> (in Eng.)

Dzhardimalieva G.I., Zharmagambetova A.K., Kudajbergenov S.E., & Uflyand I.E. (2020) Polymer-immobilizovannyye klasteryy i nanochastitsyy metallov v katalize [Polymer-immobilized metal clusters and nanoparticles in catalysis]. *Kinetics and Catalysis*, 61(2). — P. 195–224. <https://doi.org/10.31857/s0453881120020045> (in Russian).

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