

**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF CHEMISTRY**

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

**№3
2025**

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



CENTRAL ASIAN ACADEMIC
RESEARCH CENTER



**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>

ZHOROBKOVA 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 (Қарағанды, 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 Еноквич (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жана 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-Маджид Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдар университетінің Шығыс медицина факультеті (Карачи, Пәкістан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

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

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

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

ФАРЗАЛИЕВ 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)

Меншіктеуші: «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/arithiv>

© «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 Мылжасарович (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>

ТЕЛЪТАЕВ 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 углеродной химии (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

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

ХАЛИКОВ Джурбай 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. Baktiyarov 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. Yerhibaeva 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. Nurgaliev 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</i> <i>Tataricum</i> L. f. By gas-chromatography.....	275

МАЗМҰНЫ

Ә.Д. Алахунова, Л.Э. 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. Дүзелбаева, 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. Садықов, 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 $FE_{0.84}MN_{1.12}O_3-IN_{0.12}FE_{1.88}O_3$ 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. Жумагалиева <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. Baktiyarov 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. Akyzbekov, 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

© **A.B. Kuandykova**^{1*}, **B.Zh. Dzhiembaev**¹, **N.I. Akylbekov**²,
A.B. Dobrynin³, 2025.

¹Kazakh National Women's Teacher Training University, Department of Chemistry, Almaty, Kazakhstan;

² Korkyt Ata Kyzylorda State University, Kyzylorda, Kazakhstan;

³ A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry, Federal Research Center “Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Kazan, Russia.

E-mail: bota.kuandyk1702@gmail.com

MOLECULAR AND CRYSTAL STRUCTURES OF 4-DIMETHOXYPHOSPHORYLTETRAHYDROPYRAN(THIOPYRAN)-4-OL

Kuandykova A.B. — PhD, senior researcher. Kazakh National Women's Teacher Training University, Scientific research center of chemistry and biology, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: bota.kuandyk1702@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7610-9983>;

Dzhiembaev B.Zh. — doctor of chemical sciences, professor, Kazakh National Women's Teacher Training University, Department of Chemistry, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: bulat.dzhiembaev@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7868-7285>;

Akylbekov N.I. — candidate of chemical sciences, PhD, Korkyt Ata Kyzylorda State University, Head of the Laboratory of engineering profile "methods of physico-chemical analysis, Kyzylorda, Kazakhstan, E-mail: nurgali_089@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7584-9741>;

Dobrynin A.B. — candidate of chemical sciences, researcher, A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry, Federal Research Center “Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences”, Kazan, Russia,

E-mail: aldo@iopc.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4912-3699>.

Abstract. This article presents the results of X-ray structural analysis, molecular geometry, and crystal structure of 4-dimethoxyphosphoryltetrahydropyran-4-ol and 4-dimethoxyphosphoryl-tetrahydrothiopyran-4-ol. For both compounds, it was established that the tetrahydropyran and tetrahydrothiopyran rings adopt a chair conformation. The compound 4-dimethoxyphosphoryltetrahydropyran-4-ol crystallizes in the monoclinic system, space group P2₁/c, where intermolecular O–H···O and C–H···O interactions are observed. In contrast, 4-dimethoxyphosphoryltetrahydrothiopyran-4-ol crystallizes in the monoclinic space group P2₁/n, where characteristic intermolecular O–H···O interactions lead to the formation of dimers. Data collection, processing, indexing, refinement of unit cell parameters, space group determination, and absorption correction were carried out using the APEX2 and SADABS software packages. The crystal structures were solved and refined with the SHELX program. Atomic displacement parameters for all non-hydrogen atoms were refined anisotropically.

Hydrogen atoms were placed in geometrically calculated positions and refined using a riding model. The obtained experimental results contribute to addressing issues of reactivity, stereochemistry, and reaction mechanisms in the synthesis of heterocyclic α -oxyphosphonates. Additionally, they provide further information on their spectral and X-ray structural characteristics, which is essential for substance identification using physicochemical analysis methods. The results of the interpretation of X-ray structural analysis data of the studied compounds can be used to resolve the structural features of α -oxyphosphonates and their derivatives. These data can be used to solve problems related to the reactivity and stereochemistry of organophosphorus compounds, as well as for their identification by methods of physicochemical analysis.

Keywords: α -oxyphosphonates, X-ray structural analysis, crystal structure, molecular geometry

© А.Б. Қуандықова^{1*}, Б.Ж. Джиембаев¹, Н.И. Акылбеков²,
А.Б. Добрынин³, 2025.

¹Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан;

²Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан;

³ А.Е. Арбузов атындағы Органикалық және физикалық химия институты -
"Ресей Ғылым академиясының қазан Ғылыми орталығы" Федералды зерттеу
орталығы" федералды мемлекеттік бюджеттік ғылыми мекемесінің жеке
құрылымдық бөлімшесі, Қазан, Ресей.
E-mail: bota.kuandyk1702@gmail.com

4-ДИМЕТОКСИФОСФОРИЛТЕТРАГИДРОПИРАН(ТИОПИРАН)-4- ОЛДАРДЫҢ МОЛЕКУЛАЛЫҚ ЖӘНЕ КРИСТАЛДЫҚ ҚҰРЫЛЫМДАРЫ

Қуандықова А.Б. — PhD, аға оқытушы, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, химия және биология ғылыми зерттеу орталығы, Алматы, Қазақстан,

E-mail: bota.kuandyk1702@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7610-9983>;

Джиембаев Б.Ж. — химия ғылымдарының докторы, профессор, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, химия кафедрасы, Алматы, Қазақстан,

E-mail: bulat.dzhiembaev@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7868-7285>;

Акылбеков Н.И. — химия ғылымдарының кандидаты, PhD, Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті, «Физика-химиялық талдау әдістері» инженерлік бейіндегі зертхана жетекшісі, Қызылорда, Қазақстан,

E-mail: nurgali_089@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7584-9741>;

Добрынин А.Б. — химия ғылымдарының кандидаты, ғылыми қызметкер, А.Е. Арбузов атындағы Органикалық және физикалық химия институты - "Ресей Ғылым академиясының қазан Ғылыми орталығы" Федералды зерттеу орталығы" федералды мемлекеттік бюджеттік ғылыми мекемесінің жеке құрылымдық бөлімшесі, Қазан, Ресей,

E-mail: aldo@iorc.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4912-3699>.

Аннотация. Бұл мақалада 4-диметоксифосфорилтетрагидропиран-4-ол және 4-диметоксифосфорилтетрагидротипиран-4-олдың рентгендік құрылымдық талдауының нәтижелері, молекулалық геометриясы және кристалдық құрылымы келтірілген. Зерттеу нәтижесінде екі қосылыста да тетрагидропиран

және тетрагидротиопиран циклдері «кресло» конформациясында екені анықталды. 4-диметоксифосфорилтетрагидропиран-4-ол қосылысы моноклиндік сингонияда, $P2_1/c$ кеңістік тобында кристалданады. Кристалда $O-H \cdots O$ және $C-H \cdots O$ типті молекулааралық байланыстар байқалады. Ал, 4-диметоксифосфорилтетрагидротиопиран-4-ол $P2_1/n$ кеңістік тобында кристалданады, мұнда молекулааралық $O-H \cdots O$ типті байланыстар димерлердің түзілуіне көрсетеді. Эксперименттік деректерді жинау және өңдеу, элементар ұяшық параметрлерін индекстеу мен нақтылау, кеңістік тобын анықтау және жұтылуға түзету енгізу APEX2 және SADABS бағдарламалық пакеттері арқылы орындалды. Кристалл құрылымы SHELX бағдарламасының көмегімен талданып нақтыланды. Атомдар үшін атомдық орын ауыстыру параметрлері (сутектен басқа) анизотропты түрде нақтыланған. Сутегі атомдары геометриялық түрде орналастырылған моделі бойынша енгізілді. Алынған эксперименттік нәтижелер гетероциклді қатардағы α -оксифосфонаттар синтезіндегі реактивтілік, стереохимия және реакция механизмдері мәселелерін шешуге, сондай-ақ заттарды физикалық-химиялық талдау әдістерімен сәйкестендіру кезінде олардың спектрлік және рентгендік құрылымдық сипаттамалары туралы қосымша мәліметтер береді. Зерттелетін қосылыстардың рентгендік құрылымдық талдау деректерін интерпретациялау нәтижелері α -оксифосфонаттар мен олардың туындыларының құрылымдық ерекшеліктерін шешу үшін пайдаланылуы мүмкін. Бұл деректер фосфорорганикалық қосылыстардың реакциялық қабілетіне және стереохимиясына байланысты мәселелерді шешуде, сондай-ақ оларды физика-химиялық талдау әдістерімен сәйкестендіруде қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: α -оксифосфонаттар, рентген құрылымдық талдау, кристалдық құрылым, молекуланың геометриясы

© А.Б. Қуандықова^{1*}, Б.Ж. Джиембаев¹, Н.И. Акылбеков²,
А.Б. Добрынин³, 2025.

¹Казахский национальный женский педагогический университет,
Алматы, Казахстан;

²Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан;

³Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», Казань, Россия.

E-mail: bota.kuandyk1702@gmail.com

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ И КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ 4-ДИМЕТОКСИФОСФОРИЛТЕТРАГИДРОПИРАН(ТИОПИРАН)-4-ОЛОВ

Қуандықова А.Б. — PhD, старший преподаватель, Казахский национальный женский педагогический университет, кафедра химии, Алматы, Казахстан,
E-mail: bota.kuandyk1702@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7610-9983>;

Джиембаев Б.Ж. — доктор химических наук, профессор, Казахский национальный женский педагогический университет, кафедра химии, Алматы, Казахстан,

E-mail: bulat.dzhiembaev@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7868-7285>;

Акылбеков Н.И. — кандидат химических наук, PhD, Кызылординский университет имени Коркыт Ата, руководитель лабораторий инженерного профиля «Физико-химические методы анализа», Кызылорда, Казахстан,

E-mail: nurgali_089@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7584-9741>;

Добрынин А.Б. — кандидат химических наук, научный сотрудник, Институт органической и физической химии им. А.Е. Арбузова – обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федеральный исследовательский центр «Казанский научный центр Российской академии наук», Казань, Россия,

E-mail: aldo@iopc.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4912-3699>.

Аннотация. В данной статье приведены результаты рентгеноструктурного анализа, позволившие описать молекулярную и кристаллическую структуру 4-диметоксифосфорилтетрагидропиран-4-ола и 4-диметоксифосфорилтетрагидротриопиран-4-ола. Для обоих соединений установлено, тетрагидропирановый и тетрагидротриопирановый циклы находятся в конформации «кресло». Соединение 4-диметоксифосфорилтетрагидропиран-4-ол кристаллизуется в моноклинной сингонии, пространственной группе $P2_1/c$, при этом в кристалле реализуются межмолекулярные взаимодействия $O-H\cdots O$ и $C-H\cdots O$ -типа. Для 4-диметокси-фосфорилтетрагидротриопиран-4-ола установлено кристаллизация в пространственной группе $P2_1/n$. В данном случае характерными являются межмолекулярные взаимодействия $O-H\cdots O$ -типа, приводящие к образованию димеров. Сбор и обработка экспериментальных данных, индексирование и уточнение параметров элементарной ячейки, определение пространственной группы и коррекция на поглощение осуществлялись с использованием программных пакетов APEX2 и SADABS. Кристаллическая структура была проанализирована и уточнена с использованием программы SHELX. Параметры атомных смещений для всех атомов (кроме водорода) уточнены в анизотропном приближении. Атомы водорода расположены геометрически и введены в модель согласно «наезднику». Полученные экспериментальные результаты вносят определенный вклад в решение вопросов реакционной способности, стереохимии и механизмов реакции при синтезе α -оксифосфонатов гетероциклического ряда, а также дополнительные сведения об их спектральных и рентгеноструктурных характеристиках при идентификации веществ методами физико-химического анализа. Результаты интерпретации данных рентгеноструктурного анализа исследуемых соединений могут быть использованы для решения структурных особенностей α -оксифосфонатов и их производных. Эти данные могут быть использованы для решения задач, связанных с реакционной способностью и стереохимией фосфорорганических соединений, а также для их идентификации методами физико-химического анализа.

Ключевые слова: α -оксифосфонаты, рентгеноструктурный анализ, кристаллическая структура, геометрия молекулы

Введение. Эволюция химии фосфорорганических соединений привела к созданию большого региона, объединяющего целый ряд классов веществ с общей функциональной группой $=P(O)H$. В настоящее время широко исследуются синтез, структура, превращения и практическое использование гидрофосфорильных соединений (Nifantev, 1978).

Образование связи фосфор–углерод остается активной и важной областью исследований, поскольку постоянно разрабатываются новые реакции для получения фосфорорганических соединений, таких как фосфины, фосфонаты и фосфиноксиды (Montchamp, 2005).

H-фосфонатные диэфиры представляют собой фосфорные соединения, характеризующиеся наличием нескольких функциональных групп: P–OR, P–H и P=O (Sobkowski & Kraszewski, 2014). Эти молекулы привлекли внимание как в органической, так и в неорганической химии для создания новых связей фосфорных элементов, таких как P–N, P–O–P и P–P, P–F, P–S, P–Se и P–Te, и связей P–C из-за их интересной реакционной способности, поскольку как фосфорный центр, так и α -углерод могут подвергаться нуклеофильной атаке. Совсем недавно H-фосфонатные диэфиры использовались для образования молекул и макромолекул с интересной архитектурой и полезными потенциальными применениями (Zhou et al., 2010) (Purohit et al., 2015) (Li et al., 2019) (Lee et al., 2021) (Sevrain et al., 2017) (Szalai et al., 2025).

Реакция Абрамова является реакцией нуклеофильного присоединения диалкилфосфитов по карбонильной группе кетонов с образованием α -гидроксифосфонатов. Добавление диалкилфосфитов к карбонильным соединениям, приводящее к α -гидроксифосфонатам, является полезным и прямым методом построения связей C–P (Engel, 1988) (Sun et al., 2023).

Материалы и основные методы. ЯМР-спектры 1H и ^{31}P регистрировали на спектрометрах рабочая частота 400.1 МГц для 1H и 600.1 МГц для ^{31}P с использованием сигналов остаточных протонов дейтерированного растворителя в качестве внутреннего стандарта. ИК-спектры получены на Фурье-спектрометре Bruker в диапазоне 400–4000 cm^{-1} . Температуры плавления определяли с применением прибора «Voetius». Элементный анализ проводили на анализаторе Carlo Erba EA 1108. Ход реакций и чистоту синтезированных соединений контролировали методом тонкослойной хроматографии (ТСХ) на силикагелевых пластинах с элюентом бензол–этанол (10:1), визуализацию осуществляли в УФ-свете. Рентгеноструктурный анализ выполнен в лаборатории дифракционных методов анализа ИОФХ им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН. Кристаллографические данные собраны на автоматическом дифрактометре Bruker D8 QUEST с детектором PHOTON II CCD.

Общая методика получения соединений 4-5:

Реакцию гетероциклического кетона (1–2) с диметилфосфитом (3) проводили в диэтиловом эфире при перемешивании эквимольных количеств реагентов при комнатной температуре в течение 3–4 часов в присутствии каталитических количеств насыщенного раствора метилата натрия в метаноле. В результате с

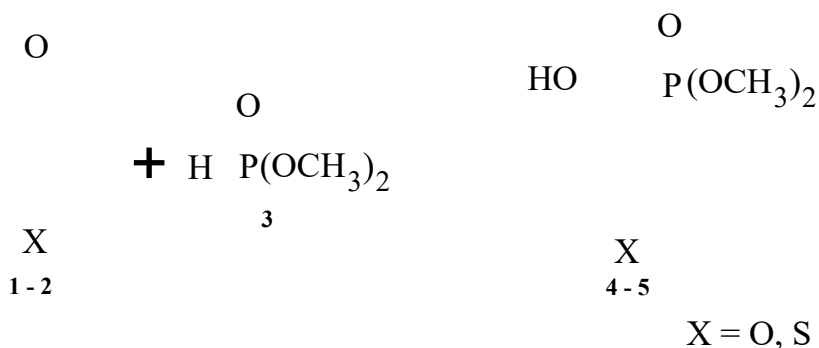
выходами 80 и 84% были выделены и охарактеризованы α -оксифосфонаты (4–5) — белые кристаллические вещества, хорошо растворимые в воде и большинстве органических растворителей (Аппазов et al., 2015).

4-диметоксифосфорилтетрагидропиран-4-ол (4): Выход (4) 80%, т.пл. 114–115° С, ИК спектр (KBr), ν , см^{-1} : 1012 (P–O–C), 1218 (P=O), 3273 (OH). ^1H ЯМР (400 МГц, Хлороформ-*d*) δ 5.01 (с, 1H), 3.82 – 3.70 (м, 8H), 1.94 (дт, $J = 25.5, 4.4$ Гц, 1H), 1.70 (дд, $J = 12.5, 7.6$ Гц, 2H). ^{31}P ЯМР (162 МГц, Хлороформ-*d*) δ 27.01. Вычислено, %: С 40.0; Н 7.14 $\text{C}_7\text{H}_{15}\text{O}_5\text{P}$. Найдено, %: С 39,87; Н 7.04.

4-диметоксифосфорилтетрагидротииопиран-4-ол (5): Выход (5) 84%, т.пл. 122–123° С, ИК спектр (KBr), ν , см^{-1} : 1029 (P–O–C), 1220 (P=O), 3285 (OH). ^1H ЯМР (400 МГц, Хлороформ-*d*) δ 5.04 (с, 1H), 3.71 (дт, $J = 10.2, 1.2$ Гц, 7H), 3.07 (т, $J = 12.9$ Гц, 2H), 2.26 (д, $J = 13.4$ Гц, 2H), 2.14 (т, $J = 11.6$ Гц, 2H), 1.88 (т, $J = 12.6$ Гц, 2H). ^{31}P ЯМР (162 МГц, Хлороформ-*d*) δ 27.12. Вычислено, %: С 37.16; Н 6.63. Найдено, %: С 36.95; Н 6.32. $\text{C}_7\text{H}_{15}\text{SO}_4\text{P}$

Результаты. Карбонильная группа в положений C_4 гетероциклических кетонов представляет собой реакционный центр для химических модификаций диалкилфосфитами в условиях реакции Абрамова. При взаимодействии тетрагидропиран-4-она (1), тетрагидротииопиран-4-она (2) с диметилфосфитом (3) осуществлен синтез новых оксифосфонатов гетероциклического ряда (4–5). В качестве инициатора реакции использован насыщенный раствор метилата натрия в метиловом спирте .

Структура соединений (4–5) подтверждена совокупностью физико-химических методов: ^1H и ^{31}P ЯМР-спектроскопией, ИК-спектроскопией и элементным анализом. Метод рентгеноструктурного анализа позволил установить их молекулярное и кристаллическое строение (Рис. 1-4).



В ИК-спектрах соединений (4–5) обнаружены полосы поглощения при 1218–1220 см^{-1} , характерные для колебаний группы P=O, а также интенсивные полосы в области 1012–1029 см^{-1} , соответствующие колебаниям связи P–O–C. Кроме того, при 3273 и 3285 см^{-1} наблюдаются полосы, относящиеся к валентным колебаниям O–H-групп.

В ^1H ЯМР-спектрах соединений (4–5) сигнал протона гидроксильной группы

фиксируется в области 5.01–5.04 м.д. (с, 1H). Для соединения (4) протоны диалкоксифосфорильных групп проявляются как мультиплеты в диапазоне 3.82–3.70 м.д. (6H), тогда как для соединения (5) — в области 3.71 м.д. (м, J = 10.2, 1.2 Гц, 6H).

В ^{31}P ЯМР-спектрах продуктов (4–5) регистрируются синглетные сигналы при 27.01 и 27.12 м.д., что соответствует резонансам атома фосфора в диалкилоксифосфонатах.

Обсуждение. Работы по рентгеноструктурному анализу проведены в лаборатории дифракционных методов исследования ИОФХ им. А.Е. Арбузова КазНЦ РАН.

Кристаллографические данные: кристаллы соединения 4-диметоксифосфорилтетрагидропиран-4-ола ($\text{C}_7\text{H}_{15}\text{O}_5\text{P}$, $M = 210.16$) моноклинные. При 150 К получены следующие параметры ячейки: $a = 8.4703(3)$, $b = 17.7231(6)$, $c = 7.1241(2)\text{Å}$, $\beta = 113.026(1)^\circ$, $V = 984.26(6)\text{Å}^3$, $Z = 4$, пространственная группа $P2_1/c$, $d_{\text{выч}} = 1.418 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$, $\mu = 0.269 \text{ мм}^{-1}$, $F(000) = 448$. Данные получены на автоматическом дифрактометре Bruker D8 QUEST с детектором PHOTON II CCD [графитовый монохроматор, $1 (\text{MoK}_\alpha) = 0.71073 \text{ Å}$, ω -сканирование], $2\theta < 76,8^\circ$, $R_{\text{int}} = 0.037$. Было измерено 57552 отражений, из них 5376 независимых, число наблюдаемых отражений с $I > 2\sigma(I)$ равно 4666, окончательные значения факторов расходимости R 0.0332, wR_2 0.0993, GOF = 0.68, число определяемых параметров 121. (Табл. 1.)

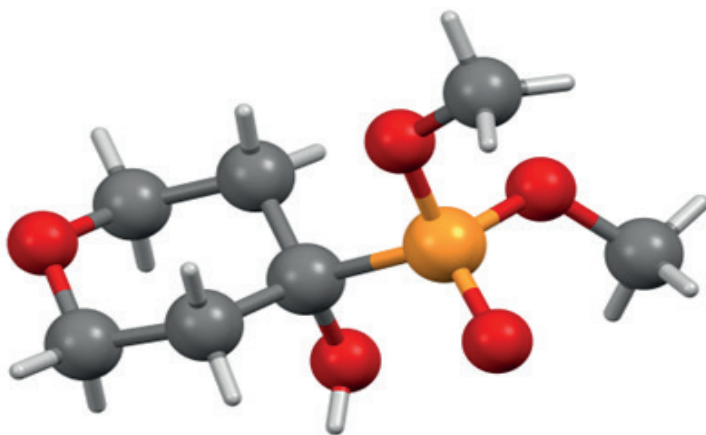


Рисунок 1. Геометрия молекулы 4-диметоксифосфорилтетрагидропиран-4-ол в кристалле (4)

Соединение (4) кристаллизуется в моноклинной пространственной группе $P2_1/c$. Тетрагидропирановый гетероцикл имеет конформацию «кресло», гидроксильная группа при атоме углерода, противоположном атому кислорода, занимает аксиальное положение, а диметилфосфорильный заместитель — экваториальное.

За счет межмолекулярных взаимодействий O–H...O- и C–H...O-типа образуется бислоевая структура.

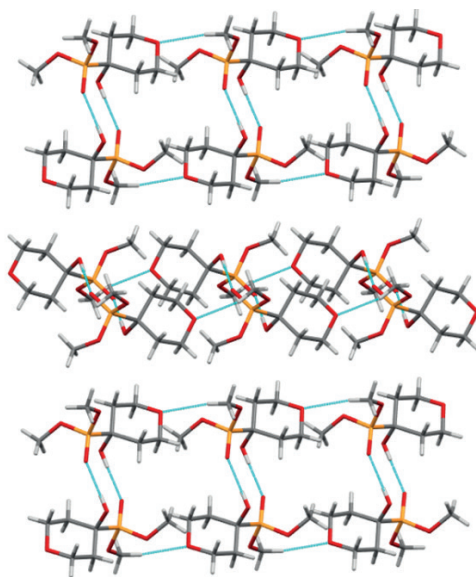


Рисунок 2. Кристаллическая структура 4-диметоксифосфорилтетрагидропиран-4-ола (4)

Кристаллографические данные: кристаллы соединения (5) ($C_7H_{15}O_4PS$, $M = 226.22$) моноклинные. При 150 К получены следующие параметры ячейки: $a = 8.4555(3)$, $b = 11.7974(4)$, $c = 10.4362(3)\text{\AA}$, $\beta = 95.689(1)^\circ$ $V = 1035.91(6)\text{\AA}^3$, $Z = 4$, пространственная группа $P2_1/n$, $d_{\text{выч}} = 1.451 \text{ г} \cdot \text{см}^{-3}$, $\mu = 0.449 \text{ мм}^{-1}$, $F(000) = 480$. Данные получены на автоматическом дифрактометре Bruker D8 QUEST с детектором PHOTON II CCD [графитовый монохроматор, $1(\text{MoK}_\alpha) = 0.71073 \text{ \AA}$, ω -сканирование], $2\theta < 76,8^\circ$, $R_{\text{int}} = 0.038$. Было измерено 53399 отражений, из них 5638 независимых, число наблюдаемых отражений с $I > 2\sigma(I)$ равно 4990, окончательные значения факторов расходимости R 0.0417, wR_2 0.1125, $\text{GOF} = 0.76$, число определяемых параметров 121. (Табл.1.)

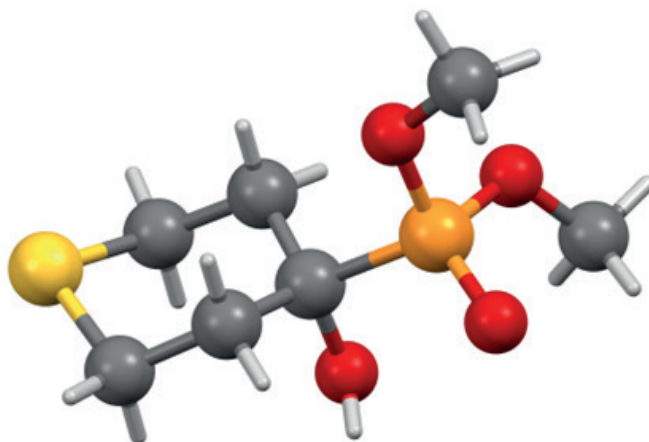


Рисунок 3. Геометрия молекулы 4-диметоксифосфорилтетрагидропиран-4-ола в кристалле (5)

Соединение 4-диметоксифосфорилтетрагидротиопиран-4-ол кристаллизуется в моноклинной пространственной группе $P2_1/n$. Тетрагидротиопирановый гетероцикл имеет конформацию «кресло», гидроксильная группа при атоме углерода, противоположном атому кислорода, занимает аксиальное положение, а диметилфосфорильный заместитель – экваториальное.

За счет межмолекулярных взаимодействий О-Н...О-типа образуется димеры.

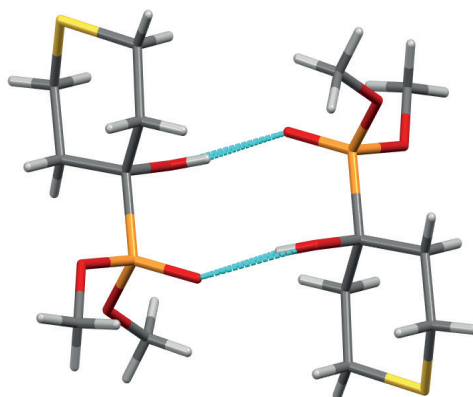


Рисунок 4. Кристаллическая структура 4-диметоксифосфорилтетрагидротиопиран-4-ола (5)

Таблица 1 - Кристаллографические данные и параметры рентгеноструктурного анализа:

Параметр	4	5
Эмпирическая формула	$C_7H_{15}O_5P$	$C_7H_{15}O_4PS$
Формульный вес	210.16	226.22
Сингония	моноклин	моноклин
Излучение, длина волны, Å	MoK $_{\alpha}$, $\lambda = 0.71073$	
Пространственная группа	$P2_1/c$	$P2_1/n$
a, b, c , Å	8.4703(3), 17.7231(6), 7.1241(2)	8.4555(3), 11.7974(4), 10.4362(3)
Объем, Å 3	984.26(6)	1035.91(6)
Z	4	4
$d_{\text{выч}}$, г/см 3	1.418	1.451
Коэффициент поглощения, мм $^{-1}$	0.269	0.449
Область съемки, θ , град.	2θ	2θ
$I_{\text{измер.}} / I_{\text{hkl}}$ независ.	57552/5376	53399/5638
GOF	0.68	0.76
R	0.00332	0.0417
wR_2	0.0993	0.1125
Число уточняемых параметров	121	121
Число наблюдаемых отражений	4666	4990

Сбор и индексирование данных, уточнение параметров элементарной ячейки, коррекция поглощения, учет систематических ошибок и определение параметров пространственной группы проводились с использованием программного пакета APEX2 (APEX2 (Version 2.1), 2006). Коррекцию поглощения выполняли

с применением программы SADABS (Sheldrick, 1997). Решение и уточнение структуры осуществляли с помощью программы SHELX (Sheldrick, 2014). Параметры атомного смещения для всех неводородных атомов уточнялись анизотропно, а атомы водорода были рассчитаны геометрически и уточнены по модели «наездника».

Заключение. Методом рентгеноструктурного анализа определена геометрия молекулы 4-диметоксифосфорилтетрагидропиран-4-ола, 4-диметоксифосфорилтетра-гидротиопиран-4-ола и их кристаллическая структура. Приведены кристаллографические данные и параметры рентгеноструктурного анализа.

Химия α -оксифосфонатов гетероциклического ряда продолжает свое развитие с возникновением новых данных об их биологической активности (Dzhiembaev, 2023) (Baitasheva et al., 2024) и их структурных модификации. Проведённые исследования демонстрируют, что применение современных методов рентгеноструктурного анализа позволяет по-новому рассматривать классические задачи химии фосфорорганических соединений, формируя основу для дальнейшего развития данного направления. Полученные результаты существенно расширяют представления о реакционной способности и стереохимии α -оксифосфонатов, а также дополняют имеющиеся данные об их спектральных и кристаллографических характеристиках. Интерпретация рентгеноструктурных данных исследованных соединений вносит вклад в понимание структурных особенностей α -оксифосфонатов и их производных, что открывает перспективы для последующих фундаментальных и прикладных исследований в этой области.

Литература

- APEX2 (Version 2.1) (Version Bruker Advanced X-ray Solutions, Bruker AXS Inc.). (2006) [Computer software].
- Baitasheva G., Mussina A., Medeuova G., Kuandykova A., Imanova E., Sartayeva A., Zhamanbayeva K., & Umbetulla A. (2024) Dynamics of germination of vegetable seeds when using dimethyl (1-hydroxy-1-phenylethyl) phosphonate as an accelerator. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 22(4). — P. 889–897. <https://doi.org/10.22124/CJES.2024.8138>
- Dzhiembaev B.Zh. (2023) Use of dimethyl (1-hydroxy-1-phenylethyl) phosphonate as a vegetable culture growth stimulant (National institute of intellectual property Patent No. 8460).
- Engel R. (1988) Phosphorus Addition at sp^2 Carbon. *Org. React.*, 36. — P. 172. <https://doi.org/10.1002/0471264180.or036.02>
- Lee K.L., Feld J., Hume P., Shnel T., & Leitao E. (2021) The Synthesis and Mechanistic Considerations of a Series of Ammonium Monosubstituted HPhosphonate Salts. *Chemistry A European J*, 27(2). — P. 815. <https://doi.org/10.1002/chem.202003090>
- Li P. H., Wang G.W., Zhu X.J., & Wang L. (2019) Magnetic nanoparticle-supported eosin Y ammonium salt: An efficient heterogeneous catalyst for visible light oxidative C–C and C–P bond formation. *Tetrahedron*, 75. — P. 3448–3455. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2019.04.071>
- Montchamp J.L. (2005) Recent advances in phosphorus–carbon bond formation: Synthesis of H-phosphinic acid derivatives from hypophosphorous compounds. *Journal of Organometallic Chemistry*, 690(10). — P. 2388. <https://doi.org/10.1016/j.jorganchem.2004.10.005>
- Nifantev E.E. (1978) Chemistry of Phosphinylidene Compounds—Advances and Prospects of Development. *Russ. Chem. Rev.*, 47(9). — P. 835–858. <https://doi.org/10.1070/RC1978v047n09ABEH002278>
- Purohit A.K., Pardasani D., Kumar D.R., Goud D.R., Jain R., & Dubey D.K. (2015) A single-step

one pot synthesis of dialkyl fluorophosphates from dialkylphosphites. *Tetrahedron Letters*, 56(31). — P. 4593–4595. <https://doi.org/10.1016/j.tetlet.2015.06.014>

Sevrain C.M., Berchel M., Couthon H., & Jaffrès P. (2017) Phosphonic acid: Preparation and applications. *BJOC - Phosphonic Acid: Preparation and Applications*, 13. — P. 2186–2213. <https://doi.org/10.3762/bjoc.13.219>

Sheldrick G.M. (1997) SHELX-97. [Computer software]. University of Göttingen.

Sheldrick G.M. (2014) *Acta Crystallogr.*, 3.

Sobkowski M.K., & Kraszewski A. (2014) Recent Advances in H-Phosphonate Chemistry. Part 1. H-Phosphonate Esters: Synthesis and Basic Reactions. *Top. Curr. Chem.*, 361, 137–177. https://doi.org/10.1007/128_2014_562

Sun Z., Xiao L., Chen Y., Wang J., Zeng F., Zhang H., Zhang J., Yang K., & Hu J. (2023) Constructive On-DNA Abramov Reaction and Pudovik Reaction for DEL Synthesis. *ACS Med Chem Lett.*, 14(4). — P. 473–478. <https://doi.org/10.1021/acsmchemlett.3c00022>

Szalai Z., Balogh P.A., & Keglevich G. (2025) Unexpected Reaction of Dialkyl α -Hydroxybenzylphosphonates with Dialkyl Phosphites and a Few Related Reactions. *The Journal of Organic Chemistry*, 90. — P. 439–447. <https://doi.org/10.1021/acs.joc.4c02355>

Zhou Y., Yin S., Gao Y., Zhao Y., Goto M., & Han L.B. (2010) Selective P-P and P-O-P Bond Formations through Copper-Catalyzed Aerobic Oxidative Dehydrogenative Couplings of H-Phosphonates. *Angewandte Chemie International Edition*, 49(38). — P. 6852–6855. <https://doi.org/10.1002/anie.201003484>

Аппазов Н.О., Ахагаев Н.А., Джембаев Б.Ж., Барамысова Г.Т., Сапарова Г.Т., & Тусипова У.С. (2015) Исследование рострегулирующей активности оксифосфонатов тетрагидропиранового и тетрагидротиопиранового рядов. *Известия Национальной Академии Наук Республики Казахстан Серия Химии и Технологии*, 6(414). — P. 48–52.

References

APEX2 (Version 2.1) (Version Bruker Advanced X-ray Solutions, Bruker AXS Inc.). (2006). [Computer software]. (in English)

Baitasheva G., Mussina A., Medeuova G., Kuandykova A., Imanova E., Sartayeva A., Zhamanbayeva K., & Umbetulla A. (2024) Dynamics of germination of vegetable seeds when using dimethyl (1-hydroxy-1-phenylethyl) phosphonate as an accelerator. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, 22(4). — P. 889–897. <https://doi.org/10.22124/CJES.2024.8138> (in English)

Dzhiembaev B.Zh. (2023) Use of dimethyl (1-hydroxy-1-phenylethyl) phosphonate as a vegetable culture growth stimulant (National institute of intellectual property Patent No. 8460) (in English)

Engel R. (1988) Phosphorus Addition at sp² Carbon. *Org. React.*, 36. — P. 172. <https://doi.org/10.1002/0471264180.or036.02> (in English)

Lee K.L., Feld J., Hume P., Shnel T., & Leitao E. (2021) The Synthesis and Mechanistic Considerations of a Series of Ammonium Monosubstituted HPhosphonate Salts. *Chemistry A European J*, 27(2). — P. 815. <https://doi.org/10.1002/chem.202003090> (in English)

Li P. H., Wang G. W., Zhu X. J., & Wang L. (2019) Magnetic nanoparticle-supported eosin Y ammonium salt: An efficient heterogeneous catalyst for visible light oxidative C–C and C–P bond formation. *Tetrahedron*, 75. — P. 3448–3455. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2019.04.071> (in English)

Montchamp J.L. (2005) Recent advances in phosphorus–carbon bond formation: Synthesis of H-phosphinic acid derivatives from hypophosphorous compounds. *Journal of Organometallic Chemistry*, 690(10). — P. 2388. <https://doi.org/10.1016/j.jorganchem.2004.10.005> (in English)

Nifantev E.E. (1978) Chemistry of Phosphinylidene Compounds—Advances and Prospects of Development. *Russ. Chem. Rev.*, 47(9). — P. 835–858. <https://doi.org/10.1070/RC1978v047n09ABEH002278> (in English)

Purohit A.K., Pardasani D., Kumar D.R., Goud D.R., Jain R., & Dubey D.K. (2015) A single-step one pot synthesis of dialkyl fluorophosphates from dialkylphosphites. *Tetrahedron Letters*, 56(31). — P. 4593–4595. <https://doi.org/10.1016/j.tetlet.2015.06.014> (in English)

Sevrain C.M., Berchel M., Couthon H., & Jaffrès P. (2017) Phosphonic acid: Preparation and applications. *BJOC - Phosphonic Acid: Preparation and Applications*, 13. — P. 2186–2213. <https://doi.org/10.3762/bjoc.13.219> (in English)

Sheldrick G.M. (1997) SHELX-97. [Computer software]. University of Göttingen. (in English)

Sheldrick G.M. (2014) Acta Crystallogr., 3. (in English)

Sobkowski M.K., & Kraszewski A. (2014) Recent Advances in H-Phosphonate Chemistry. Part 1. H-Phosphonate Esters: Synthesis and Basic Reactions. Top. Curr. Chem., 361, 137–177. https://doi.org/10.1007/128_2014_562 (in English)

Sun Z., Xiao L., Chen Y., Wang J., Zeng F., Zhang H., Zhang J., Yang K., & Hu J. (2023) Constructive On-DNA Abramov Reaction and Pudovik Reaction for DEL Synthesis. ACS Med Chem Lett., 14(4). —P. 473–478. <https://doi.org/10.1021/acsmchemlett.3c00022> (in English)

Szalai Z., Balogh P.A., & Keglevich G. (2025) Unexpected Reaction of Dialkyl α -Hydroxybenzylphosphonates with Dialkyl Phosphites and a Few Related Reactions. The Journal of Organic Chemistry, 90. — P: 439–447. <https://doi.org/10.1021/acs.joc.4c02355> (in English)

Zhou Y., Yin S., Gao Y., Zhao Y., Goto M., & Han L.B. (2010) Selective P-P and P-O-P Bond Formations through Copper-Catalyzed Aerobic Oxidative Dehydrogenative Couplings of H-Phosphonates. Angewandte Chemie International Edition, 49(38). — P. 6852–6855. <https://doi.org/10.1002/anie.201003484> (in English)

Appazov, N.O., Ahataev, N.A., Dzhienbaev, B.Zh., Baramysova, G.T., Saparova, G.T., & Tusipova, U.S. (2015) «Issledovanie rostregulirujushhej aktivnosti oksifosfonatov tetragidropiranovogo i tetragidrotiopiranovogo rjadov» [Research of growth-regulatory activity of oxyphosphonates tetrahydropyranic and tetrahydrotiopyranic series]. — Izvestija Nacional'noj Akademii Nauk Respubliki Kazahstan Serija Himii i Tehnologii, 6(414). — P. 48–52. (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