

**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF CHEMISTRY**

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

**№2
2026**

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



ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

2 (467)

APRIL – JUNE 2026

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947
PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY

Editor in chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of IAAS and NAS RK, General Director of the Research Institute of Petroleum Refining and Petrochemicals (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 JSC "Phytochemistry Research and Production Center" (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, (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, 2026

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынулы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ХФАҚ және ҚР ҰҒА академигі, Мұнай өңдеу және мұнай-химиясы ғылыми-зерттеу институтының бас директоры (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=66021779606>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакция алқасы:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ФАРЗАЛИЕВ 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)

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/arithv>

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 2026

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик МАН и НАН РК, Генеральный директор НИИ нефтепереработки и нефтехимии (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 АО «Научно-производственного центра» Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

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

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

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

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

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

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

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)

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, 2026

CONTENTS

Akimbekova B.B., Karilkhan A., Zhorabek A.A., Bakyt Z.E. Selective flotation of sulfide copper ores.....	11
Assembayeva E.K., Dikhanbay S. Zh., Nurmukhanbetova D. E., Toktamyssova A.B., Tulegenova G. Physical, chemical, and biochemical properties of vegetable juices fermented by the <i>Lactobacillus plantarum</i> strain.....	23
Baidul M., Zhalgasbek N., Shybyray Ye., Muzaffarova N.Sh., Jenis J. Determination of antimicrobial activity and GC-MS analysis of <i>Artemisia scopiforme</i> extract.....	41
Baikenov Ye.A., Safarov R.Z., Shomanova Zh.K. TGA-DSC quantification of calcite with XRF cross-validation in Central Kazakhstan manganese ores.....	55
Baisalova G., Bauyrzhan A., Bakdaulet A., Taltenov A., Akpayeva K. Determination of sodium and potassium ion content in the plant common mallow by a potentiometric method with an ion-selective electrode.....	75
Duzelbayeva S.D., Kassenova B.A., Akhatova Z.S., Konuspayev S.R. The composition of wool fat and its physiological effect on living organisms.....	88
Erkinqyzy A., Zholdas M., Kudaibergenova B.M., Dyusebaeva M.A. Study of the pharmacognostic characteristics of <i>Maclura pomifera</i>	104
Yegissinova A.M., Nurlybayeva A.N., Taubayeva R.S., Seitkan A.S., Matniyazova G.K. Effect of ultrasound-treated cellulose filler on the morphology and intermolecular interactions of TPS matrix.....	118
Jumadilov T.K., Khimersen Kh., Imangazy A., Olzhabekova G. Study of the sorption capacity of an interpolymer system based on industrial ion exchangers KU-2-8 and AV-17-8 towards vanadium and molybdenum ions.....	131
Zamanbekova A.T., Talgatov E.T., Jumekeyeva A.I., Akhmetova S.N., Saryuisin S.N. Sorption properties of titanium dioxide toward polymer modifiers of different nature.....	143
Imangaliyeva B., Arynova K., Trenova A., Kozhabay D., Azamatkyzy A. Production of organic glue based on fish scales, study of properties.....	161
Kabdraisova A.Zh., Berganayeva A.E., Baiburkutova M.A., Sadvakas A.M., Bekesheva K.B. Molecular iodine from antiseptic iodophors: compatibility with pharmaceutical excipients and UV–Vis spectroscopic evaluation.....	176

Kanykeshova A.A., Kunarbekova M., Toktar M., Abdukhalikova Sh., Azat S. Hydrothermal and microwave synthesis of porous carbon materials from coffee grounds using KOH and H ₃ PO ₄ for activation.....	191
Kenzhaliev B., Koizhanova A., Abdylдаev N., Magomedov D., Yerdenova M. Study of the behavior of impurity elements during the chemical leaching of copper ore.....	209
Kipchakbayeva A.K., Tagabay A.K., Targyn A.B. Phytochemical analysis of extractive substances and biologically active compounds of <i>Verbascum thapsus</i> l.	223
Kuandykova A.B., Dzhiembaev B.Zh. Synthesis of dialkyl N-(2-phenylethyl)- and N-[2-(3,4-dimethoxyphenyl) ethyl] amidophosphates under todd-atherton reaction conditions.....	238
Omarova A.A., Nurzhanova S.B., Medetkyzy Z., Saidilda G.T., Abilmagzhanov A.Z. Production of high-octane gasoline by processing N-alkanes over a zeolite-containing catalyst.....	253
Orazbekova R.S., Tungatarova S.A., Baizhumanova T.S., Ilyassova O.S., Kassymkhan K. Steam reforming of bioethanol on a catalyst synthesized by the pechini method.....	272
Seitmagzimova G., Serikbayeva Zh., Serikbaeva B. The effect of phosphorite composition on the decomposition efficiency and filtration properties of phosphogypsum.....	286
Suleimenova M., Jumadilov T., Gražulevičius J. Selective sorption of gold and iron ions from cyanide solutions using Lewatit(h ⁺)–AV-17-8(OH ⁻) and Lewatit(Na ⁺)–AV-17-8(Cl ⁻) interpolymer systems.....	304
Taganov Zh., Kozhanova K., Mombekov S., Ewa P., Jumabayeva S. Stability evaluation of multi-polymer hydrogel bases intended for topical probiotic and postbiotic delivery systems.....	319
Taussarova B.R., Shaikhova Zh.E., Abilkasova S.O. Synthesis of silver nanoparticles to impart antimicrobial properties to biodegradable packaging materials.....	331
Tleuova S.T., Zhussipbek G.S., Raiymbekov Y., Nazarbek U., Pochitalkina I.A. Compositional and microstructural features of lignite deposits.....	347
Toleubekova A., Amantaiuly K., Toktassynov S.K., Toshtay K. Trans and saturated fatty acids in edible oils and fat-based products.....	359

МАЗМҰНЫ

Акимбекова Б.Б., Карилхан А., Жорабек А.А., Бақыт З.Е. Сульфидті мыс кендерін селективті флотациялау.....	11
Асембаева Э.К., Диханбай С.Ж., Нурмуханбетова Д.Е., Токтамысова А.Б., Тулегенова Г.У. <i>Lactobacillus Plantarum</i> штаммымен ашытылған көкөніс шырындарының физика-химиялық және биохимиялық қасиеттері.....	23
Байдул М., Жалғасбек Н., Шыбырай Е., Музаффарова Н.Ш., Жеңіс Ж. <i>Artemisia Scopiforme</i> сығындысының микробқа қарсы белсенділігі мен GC-MS талдауы.....	41
Байкенов Е.А., Сафаров Р.З., Шоманова Ж.К. Орталық Қазақстан марганец кендеріндегі кальцитті ТГА-ДСК әдісімен сандық бағалау және РФА бойынша кросс-валидация.....	55
Байсалова Ғ., Бауыржан А., Бақдәулет А., А. Талтенов, Акпаева Қ. Орман құлқайыры өсімдігіндегі натрий және калий иондарының мөлшерін ионселективті электрод қатысында потенциометриялық әдіспен анықтау.....	75
Дүзелбаева С.Д., Қасенова Б.А., Ахатова З.С., Қонысбаев С.Р. Жүн майының құрамы және оның тірі организмге физиологиялық әсері.....	88
Еркинқызы А., Жолдас М., Қудайбергенова Б.М., Дюсебаева М.А. <i>Maclura Pomifera</i> өсімдігінің фармакогностикалық сипаттамаларын зерттеу.....	104
Егисинаова А.М., Нурлыбаева А.Н., Таубаева Р.С., Сейтқан А.С., Матниязова Г.К. Ультрадыбыстық өңделген целлюлоза толтырғышының ТПК матрицасының морфологиясы мен молекулааралық өзара әрекеттесуіне әсері.....	118
Джумадилов Т.К., Химэрсэн Х., Имангазы А., Олжабекова Г. КУ-2-8 және АВ-17-8 өндірістік иониттері негізіндегі интерполимерлі жүйенің ванадий және молибден иондарын сорбциялау қабілетін зерттеу.....	131
Заманбекова А.Т., Талғатов Э.Т., Джумекеева А.И., Ахметова С.Н., Сарыүйсін С.Н. Табиғаты әртүрлі полимерлік модификаторларға қатысты титан диоксидінің сорбциялық қасиеттері.....	143
Имангалиева Б., Арынова К., Тренова А., Қожабай Д., Азаматқызы А. Балық қабыршағы негізінде органикалық желім алу, қасиеттерін зерттеу.....	161
Кабдраисова А.Ж., Берганаева А.Е., Байбуркутова М.А., Садвақас Ә.М., Бекешева Қ.Б. Антисептикалық йодофорлардан алынған молекулалық йод: фармацевтикалық қосалқы заттармен үйлесімділігін уф-спектроскопия әдісімен зерттеу.....	176

Қаныкешова А.А., Қунарбекова М.С., Тоқтар М., Абдухаликова Ш., Азат С. КОН және H_3PO_4 қолдана отырып, кофе ұнтағынан кеуекті көміртекті материалдарды гидротермальды және микротолқынды синтездеу.....	191
Кенжалиев Б., Қойжанова А., Абдылдаев Н., Магомедов Д., Ерденова М. Мыс шикізатын химиялық шаймалау кезіндегі қоспа элементтерінің әрекетін зерттеу.....	209
Кипчакбаева А.К., Тағабай Ә.Қ., Тарғын А.Б. <i>Verbascum Thapsus</i> L. өсімдігінің экстрактивті заттары мен биологиялық белсенді қосылыстарының фитохимиялық талдауы.....	223
Қуандықова А.Б., Джиембаев Б.Ж. Тодд-атертон реакциясы жағдайында диалкил N-(2-фенилэтил)- және N-[2-(3,4-диметоксифенил)-этил]амидофосфаттардың синтезі.....	238
Омарова А.А., Нуржанова С.Б., Медетқызы З., Сайділді Ғ.Т., Абильмағжанов А.З. Цеолитқұрамды катализаторда қ-алкандарды өндеп жоғары сапалы бензин алу.....	253
Оразбекова Р.С., Тунгатарова С.А., Байжұманова Т.С., Ильясова О.С., Қасымқан Қ. Печини әдісімен синтезделген катализаторда бумен биоэтанолды реформингтеу.....	272
Сейтмагзимова Г.М., Серікбаева Ж.С., Серикбаева Б.С., 2026. Фосфорит құрамының ыдырау тиімділігіне және фосфогипстің сүзу қасиеттеріне әсері.....	286
Сүлейменова М., Джумадилов Т., Гражулявичюс Ю. Цианидті ерітінділерден алтын мен темір иондарын Lewatit(h^+)–AV-17-8(OH^-) және Lewatit(Na^+)–AV-17-8(Cl^-) интерполимерлік жүйелерімен селективті сорбциялау.....	304
Таганов Ж., Кожанова К., Момбеков С., Ева Р., Жұмабаева С. Көпполимерлі гидрогельді негіздердің топикалық пробиотикалық және постбиотикалық жеткізу жүйелері үшін тұрақтылығын бағалау.....	319
Таусарова Б.Р., Шаихова Ж.Е., Әбілқасова С.О. Биоыдырайтын орама материалдарына антимикробтық қасиет беру үшін күміс нанобөлшектерін синтездеу.....	331
Тлеуова С., Жүсіпбек Г., Райымбеков Е., Назарбек У., Почиталкина И. Қоңыр көмір кен орындарының құрамдық және микроқұрылымдық ерекшеліктері.....	347
Төлеубекова А.Ғ., Амантайұлы Қ., Токтасынов С.К., Тоштай Қ. Сұйық майлар мен май негізіндегі өнімдердегі транс және қаныққан май қышқылдары.....	359

СОДЕРЖАНИЕ

Акимбекова Б.Б., Карилхан А., Жорабек А.А., Бакыт З.Е. Селективная флотация сульфидных медных руд.....	11
Асембаева Э.К., Диханбай С.Ж., Нурмуханбетова Д.Е., Токтамысова А.Б., Тулегенова Г.У. Физико-химические и биохимические свойства овощных соков, ферментированных штаммом <i>Lactobacillus plantarum</i>	23
Байдул М., Жалгасбек Н., Шыбырай Е., Музаффарова Н.Ш., Женис Ж. Определение антимикробной активности и ГХ-МС-анализ экстракта <i>Artemisia scopiforme</i>	41
Байкенов Е.А., Сафаров Р.З., Шоманова Ж.К. Количественная оценка калыцита методом ТГА-ДСК с кросс-валидацией по РФА в марганцевых рудах Центрального Казахстана.....	55
Байсалова Г., Бауыржан А., Бакдаулет А., Талтенов А., Акпаева К. Определение содержания ионов натрия и калия в растении лесная мальва потенциометрическим методом с ионселективным электродом.....	75
Дузелбаева С.Д., Касенова Б.А., Ахатова З.С., Конуспаев С.Р. Состав шерстного жира и его физиологическое действие на живой организм.....	88
Еркинқызы А., Жолдас М., Кудайбергенова Б.М., Дюсебаева М.А. Изучение фармакогностических характеристик <i>Maclura pomifera</i>	104
Егиснинова А.М., Нурлыбаева А.Н., Таубаева Р.С., Сейткан А.С., Матниязова Г.К. Влияние обработанного ультразвуком целлюлозного наполнителя на морфологию и межмолекулярные взаимодействия в матрице ТПК.....	118
Джумадилов Т.К., Химэрсэн Х., Имангазы А., Олжабекова Г. Исследование сорбционной способности интерполимерной системы на основе промышленных ионитов КУ-2-8 и АВ-17-8 по отношению к ионам ванадия и молибдена.....	131
Заманбекова А.Т., Талгатов Э.Т., Джумекеева А.И., Ахметова С.Н., Сарыүйсін С.Н. Сорбционные свойства диоксида титана по отношению к полимерным модификаторам различной природы.....	143
Имангалиева Б., Арынова К., Тренова А., Қожабай Д., Азаматқызы А. Получение органического клея на основе рыбной чешуи и изучение его свойств.....	161
Кабдраисова А.Ж., Берганаева А.Е., Байбуркутова М.А., Садвакас А.М., Бекешева К.Б. Молекулярный йод из антисептических иодофоров: исследование совместимости с фармацевтическими вспомогательными веществами методом УФ-спектроскопии.....	176

Каныкешова А.А., Кунарбекова М.С., Токтар М., Абдухаликова Ш., Азат С. Гидротермальный и микроволновый синтез пористых углеродных материалов из кофейного жмыха с применением КОН- и H_3PO_4 -активации.....	191
Кенжалиев Б., Койжанова А., Абдылдаев Н., Магомедов Д., Ерденова М. Исследование поведения примесных элементов при химическом выщелачивании медного сырья.....	209
Кипчакбаева А.К., Тагабай А.К., Таргын А.Б. Фитохимический анализ экстрактивных веществ и биологически активных соединений растения <i>Verbascum thapsus</i> L.....	223
Куандыкова А.Б., Джиембаев Б.Ж. Синтез диалкил N-(2-фенилэтил)- и N-[2-(3,4-диметоксифенил) этил] амидофосфатов в условиях реакции Тодда–Аттертона.....	238
Омарова А.А., Нуржанова С.Б., Медеткызы З., Сайділдә Ғ.Т., Абиьмагжанов А.З. Получение высокооктанового бензина путём переработки n-алканов на цеолитсодержащем катализаторе.....	253
Оразбекова Р.С., Тунгатарова С.А., Байжуманова Т.С., Ильясова О.С., Касымқан К. Паровой риформинг биоэтанола на катализаторе, синтезированном методом Печини.....	272
Сейтмагзимова Г.М., Серикбаева Ж.С., Серикбаева Б.С. Влияние состава фосфорита на эффективность разложения и фильтрующие свойства фосфогипса.....	286
Сулейменова М., Джумадилов Т., Гражулявичюс Ю. Селективное извлечение ионов золота и железа из цианидных растворов интерполимерными системами Lewatit(H^+)–AV-17-8(OH^-) и Lewatit(Na^+)–AV-17-8(Cl^-).....	304
Таганов Ж., Кожанова К., Момбеков С., Poleszak E., Жумабаева С. Оценка стабильности многополимерных гидрогелевых основ, предназначенных для топических пробиотических и постбиотических систем доставки.....	319
Таусарова Б.Р., Шаихова Ж.Е., Абилкасова С.О. Синтез наночастиц серебра для придания антимикробных свойств биоразлагаемым упаковочным материалам.....	331
Глеуова С., Жусипбек Г., Райымбеков Е., Назарбек У., Почиталкина И. Составные и микроструктурные особенности залежей бурого угля.....	347
Толеубекова А.Г., Амантайулы К., Токтасынов С.К., Тоштай К. Транс- и насыщенные жирные кислоты в пищевых маслах и жировых продуктах.....	359

© Kuandykova A.B.*, Dzhiembaev B.Zh., 2026.

Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: bota.kuandyk1702@gmail.com

SYNTHESIS OF DIALKYL N-(2-PHENYLETHYL)- AND N-[2-(3,4-DIMETHOXYPHENYL) ETHYL] AMIDOPHOSPHATES UNDER TODD-ATHERTON REACTION CONDITIONS

Kuandykova Akbota — Centre for Interdisciplinary Research, PhD, Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan,

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

Dzhiembaev Bulat — doctor of chemical sciences, professor, Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan,

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

Abstract. This article presents the results of the phosphorylation of phenylethylamine and 3,4-dimethoxyphenylethylamine under Todd-Atterton reaction conditions using dialkyl phosphites. It was found that the selected conditions ensure the efficient formation of the corresponding amido phosphates with satisfactory yields. The compounds obtained are of interest as promising N-phosphorylated derivatives possessing potential biological activity due to the presence of a P-N bond and the high reactivity of compounds of this class. The structures of the obtained compounds were established using IR and ^1H , ^{13}C , and ^{31}P NMR spectroscopy. The IR spectra exhibited absorption bands characteristic of amidophosphate derivatives. In particular, the bands observed at $1230\text{--}1235\text{ cm}^{-1}$ were assigned to the stretching vibrations of the $\text{P}=\text{O}$ group, whereas the intense absorptions at $1022\text{--}1028\text{ cm}^{-1}$ corresponded to P-O-C stretching vibrations. The presence of NH groups was confirmed by bands appearing in the $3216\text{--}3240\text{ cm}^{-1}$ region. These spectral features are consistent with the proposed structures of the synthesized amidophosphates. The experimental results obtained expand our understanding of the reactivity of aromatic amines in phosphorylation reactions with dialkyl phosphites and provide additional insights into the spectral characteristics of amido phosphates. It has been shown that the Todd-Atterton reaction is a promising method for the synthesis of functionalized N-phosphorylated compounds of the aromatic series. Compounds of this class continue to attract the attention of researchers due to their wide range of chemical transformations and potential for practical application in various fields of science and technology. The development of the chemistry of N-phosphorylated compounds, based on the use of

modern physicochemical research methods and theoretical approaches, contributes to a deeper understanding of the structure, properties, and reactivity of organophosphorus compounds.

Keywords: Todd–Atherton reaction, amidophosphates, phenylethylamine, 3,4-dimethoxyphenethylamine, dialkyl phosphites

For citations: Kuandykova A.B., Dzhiembaev B.Zh. Synthesis of dialkyl N-(2-phenylethyl)- and N-[2-(3,4-dimethoxyphenyl) ethyl] amidophosphates under todd-atherton reaction conditions. Academic Scientific Journal of Chemistry, 2026. — No.2. – P. 238-252. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1491.375>

© Куандықова А.Б. *, Джиембаев Б.Ж., 2026.

Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: bota.kuandyk1702@gmail.com

ТОДД-АТЕРТОН РЕАКЦИЯСЫ ЖАҒДАЙЫНДА ДИАЛКИЛ N-(2-ФЕНИЛЭТИЛ)- ЖӘНЕ N-[2-(3,4-ДИМЕТОКСИФЕНИЛ)-ЭТИЛ] АМИДОФОСФАТТАРДЫҢ СИНТЕЗІ

Куандықова Ақбота — Пәнаралық зерттеу орталығы, PhD, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан,

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

Джиембаев Булат — химия ғылымдарының докторы, профессор, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан,

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

Аннотация. Бұл жұмыста Тодд–Аттертон реакциясы жағдайында фенилэтиламин мен 3,4-диметоксифенэтиламиннің диалкилфосфиттермен әрекеттесуі зерттелді. Реакцияның таңдалған шарттары сәйкес амидофосфаттардың тиімді түзілуіне және олардың жоғары шығыммен алынуына мүмкіндік беретіні анықталды. Құрамында Р–N байланысы бар синтезделген қосылыстар осы класқа жататын заттардың жоғары реакциялық қабілетімен ерекшеленеді және биологиялық белсенділігі мен практикалық маңызына байланысты перспективті N-фосфорланған туындылар ретінде қызығушылық тудырады. Алынған нәтижелер ароматты аминдердің фосфорлану ерекшеліктерін тереңірек түсінуге және жаңа фосфорорганикалық қосылыстарды синтездеу саласындағы зерттеулерді кеңейтуге мүмкіндік береді. Синтезделген қосылыстардың құрылысы ИҚ-спектроскопия, сондай-ақ ^1H , ^{13}C және ^{31}P ЯМР спектроскопиясы сияқты заманауи физика-химиялық талдау әдістерінің көмегімен анықталды. ИҚ-спектрлерді талдау амидофосфатты құрылымдардың түзілуін дәлелдейтін сипаттамалық жұтылу жолақтарының бар екенін көрсетті. Атап айтқанда, $1230\text{--}1235\text{ см}^{-1}$ аймағындағы жолақтар $\text{P}=\text{O}$ байланысының валенттік тербелістеріне сәйкес келеді. $1022\text{--}1028\text{ см}^{-1}$ аралығындағы қарқынды сигналдар $\text{P}-\text{O}-\text{C}$ фрагментінің тербелістеріне жатқызылды, ал $3216\text{--}3240\text{ см}^{-1}$ диапазонында байқалатын

жолақтар NH-топтарының валенттік тербелістерімен байланысты. Алынған спектрлік деректердің жиынтығы синтезделген қосылыстардың құрылымын толық растайды. Алынған нәтижелер диалкилфосфиттердің қатысуымен жүретін фосфорлану реакцияларындағы ароматты аминдердің реакциялық қабілеті туралы мәліметтерді толықтырып, синтезделген амидофосфаттардың спектрлік сипаттамаларын нақтылауға мүмкіндік берді. Зерттеу барысында Тодд–Аттертон реакциясының функционалданған N-фосфорланған ароматты қосылыстарды алудың тиімді тәсілдерінің бірі екендігі көрсетілді. Мұндай қосылыстардың химиялық түрленулерге бейімділігі және олардың биологиялық белсенді заттар, функционалдық материалдар мен басқа да қолданбалы бағыттар үшін перспективті құрылымдық платформалар ретінде қарастырылуы бұл салаға деген ғылыми қызығушылықты арттыруда. N-фосфорланған қосылыстар химиясының одан әрі дамуы заманауи физика-химиялық зерттеу әдістері мен теориялық тәсілдерді қолдану арқылы олардың құрылымдық ерекшеліктерін, қасиеттерін және реакциялық қабілетін тереңірек түсінуге жол ашады.

Түйін сөздер: Тодд-Атертон реакция, амидофосфаттар, фенилэтиламин, 3,4-диметоксифенэтиламин, диалкилфосфиттер

© Куандықова А.Б. *, Джиембаев Б.Ж., 2026.

Казахский национальный женский педагогический университет,

Алматы, Казахстан.

E-mail: bota.kuandyk1702@gmail.com

СИНТЕЗ ДИАЛКИЛ N-(2-ФЕНИЛЭТИЛ)- И N-[2-(3,4-ДИМЕТОКСИФЕНИЛ)ЭТИЛ]АМИДОФОСФАТОВ В УСЛОВИЯХ РЕАКЦИИ ТОДДА–АТЕРТОНА

Куандықова Акбота — PhD, научный сотрудник Центра междисциплинарных исследований, Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан,
E-mail: bota.kuandyk1702@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7610-9983>;

Джиембаев Булат — доктор химических наук, профессор, Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан,
E-mail: bulat.dzhiembaev@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7868-7285>.

Аннотация. В данной статье представлены результаты фосфорилирования фенилэтиламина и 3,4-диметоксифенилэтиламина в условиях реакции Тодда–Аттертона с использованием диалкилфосфитов. Было обнаружено, что выбранные условия обеспечивают эффективное образование соответствующих амидофосфатов с удовлетворительными выходами. Полученные соединения представляют интерес как перспективные N-фосфорилированные производные, обладающие потенциальной биологической активностью благодаря наличию P-N-связи и высокой реакционной способности соединений этого класса. Структуры полученных соединений были установлены с помощью ИК-спектроскопии и ЯМР-спектроскопии ^1H , ^{13}C и ^{31}P . В ИК-спектрах были обнаружены полосы

поглощения, характерные для производных амидофосфата. В частности, полосы, наблюдаемые при 1230-1235 см⁻¹, были отнесены к растягивающим колебаниям группы P=O, тогда как интенсивные поглощения при 1022-1028 см⁻¹ соответствовали растягивающим колебаниям P-O-C. Присутствие NH-групп было подтверждено появлением полос в области 3216-3240 см⁻¹. Эти спектральные особенности согласуются с предполагаемыми структурами синтезированных амидофосфатов. Полученные экспериментальные результаты расширяют наше понимание реакционной способности ароматических аминов в реакциях фосфорилирования диалкилфосфитами и дают дополнительное представление о спектральных характеристиках амидофосфатов. Показано, что реакция Тодда-Аттертона является перспективным методом синтеза функционализированных N-фосфорилированных соединений ароматического ряда. Соединения этого класса продолжают привлекать внимание исследователей благодаря широкому спектру их химических превращений и потенциалу практического применения в различных областях науки и техники. Развитие химии N-фосфорилированных соединений, основанное на использовании современных физико-химических методов исследования и теоретических подходов, способствует более глубокому пониманию структуры, свойств и реакционной способности фосфорорганических соединений.

Ключевые слова: реакция Тодда–Аттертона, амидофосфаты, фенилэтиламин, 3,4-диметоксифенилэтиламин, диалкилфосфиты, фосфорилирование, фосфорорганические соединения

Введение. Амидофосфаты относятся к числу важных фосфорорганических соединений, представляющих интерес благодаря разнообразию их химических свойств и практических применений (Thimotée et al., 2026; Rachedi et al., 2019). Одной из характерных структурных особенностей этих соединений является наличие связи азот–фосфор (N-P), которая оказывает существенное влияние на их реакционную способность и способность к комплексообразованию. Соединения, содержащие фрагмент N-P, широко используются в исследованиях, связанных с медицинской химией, фармацевтикой и материаловедением (Dehmchi et al., 2024; B. J. Dzhiembaev et al., 2023; Petkowski et al., 2019). Соединения с N-P связью входят в состав ряда биологически активных веществ, включая противовирусные препараты, а также находят применение при разработке функциональных материалов. В последние годы они используются при создании катодных материалов для литий-ионных аккумуляторов, огнезащитных полимерных систем и модифицированных форм чёрного фосфора, способствуя улучшению их эксплуатационных характеристик (De Clercq, 2016; Evtushenko et al., 2025; Falk et al., 2023; Guo et al., 2021; Li et al., 2026).

Литературный обзор. Интерес к соединениям данного класса связан также с их биологическими свойствами и возможностью использования в качестве ингибиторов ферментов, лигандов для координационных соединений и промежуточных продуктов органического синтеза. Производные, содержащие

связь N-P, рассматриваются как перспективные объекты для получения новых биологически активных веществ, а также для изучения механизмов биохимических процессов (Castelot-Deliencourt et al., 2001; Djouad et al., 2022; Kim et al., 2015; Lakoud et al., 2012; Oliveira et al., 2014; Saib et al., 2014, 2014; Turgis et al., 2016; Yoshino et al., 1990). Помимо биологической активности, амидофосфаты представляют интерес как промежуточные продукты органического синтеза. Наличие полярной связи P-N и возможность её дальнейших химических превращений позволяют использовать соединения данного класса для получения различных функционализированных производных фосфора. В связи с этим продолжается поиск новых подходов к синтезу амидофосфатов, включая разработку селективных методов фосфорилирования аминов и совершенствование условий проведения реакций.

Для синтеза N-фосфорилированных соединений применяются различные методы, основанные на реакциях нуклеофильного замещения у атома фосфора. Наиболее известными среди них являются реакции Тодда-Аттертона и Кабачника-Филдса. Реакция Тодда-Аттертона предусматривает взаимодействие соединений, содержащих связь P-N, с аминами в присутствии галогенирующих реагентов и позволяет получать амидофосфаты в сравнительно мягких условиях. Простота проведения реакции и доступность исходных веществ способствовали её широкому использованию в синтезе фосфорорганических соединений различного строения.

Реакция Кабачника-Филдса представляет собой трёхкомпонентную конденсацию амина, карбонильного соединения и диалкилфосфита, в результате которой образуются α -аминофосфонаты. Благодаря универсальности и синтетическим возможностям этот метод остаётся одним из основных подходов к получению соединений данного класса. Использование реакций Тодда-Аттертона и Кабачника-Филдса позволяет расширять ряд N-фосфорилированных производных и изучать влияние строения на их физико-химические свойства и реакционную способность (Cherkasov and Galkin, 1998; Doszhanova et al., 2021; Fields, 1952; Ghigo et al., 2026; Le Corre et al., 2014; Zabiroy et al., 1991).

Среди методов получения амидофосфатов широко используется реакция Тодда-Аттертона, основанная на взаимодействии соединений, содержащих связь P-N, с аминами в присутствии тетрахлорметана. Реакция протекает в сравнительно мягких условиях и позволяет получать N-фосфорилированные производные с хорошими выходами. Впервые данное превращение было описано в 1945 году при исследовании процессов, сопровождающих очистку дибензилфосфита в системе тетрахлорметан-водный аммиак. В дальнейшем реакция получила широкое распространение в синтезе амидофосфатов и других производных фосфорорганических соединений благодаря простоте экспериментального оформления и доступности исходных реагентов (Atherton et al., 1945; Atherton and Todd, 1947; B. Zh. Dzhienbaev et al., 2023; Kuandykova et al., 2024; Le Corre et al., 2014).

Несмотря на значительное количество предложенных подходов к синтезу амидофосфатов, многие из них предусматривают использование повышенных

температур, специальных катализаторов или реакционноспособных реагентов. Поэтому поиск новых способов получения N-фосфорилированных соединений в более мягких условиях остаётся одной из актуальных задач химии фосфорорганических соединений.

Ароматические амины и их производные являются удобными объектами для изучения реакций фосфорилирования, поскольку электронные эффекты заместителей в ароматическом кольце оказывают заметное влияние на реакционную способность аминогруппы. В частности, электронодонорные заместители, такие как метоксигруппы, способны изменять распределение электронной плотности в молекуле и влиять на протекание реакций с участием атома азота. В этой связи представляет интерес сравнительное исследование фосфорилирования фенилэтиламина и 3,4-диметоксифенэтиламина в условиях реакции Тодда-Аттертона.

Следует отметить, что данные о взаимодействии функционализированных фенэтиламинов с диалкилфосфитами немногочисленны, а сведения о строении и спектральных характеристиках образующихся амидофосфатов представлены фрагментарно. Это обуславливает необходимость дальнейшего изучения закономерностей образования связи P-N и особенностей строения соответствующих N-фосфорилированных производных.

Для идентификации амидофосфатов и подтверждения их структуры широко применяются методы ИК- и ЯМР-спектроскопии (^1H , ^{13}C и ^{31}P), позволяющие получать информацию о характере химических связей и строении молекул. Накопление таких данных способствует расширению представлений о взаимосвязи между строением и свойствами соединений, содержащих связь P-N. В последние годы особое внимание уделяется разработке экологически безопасных и энергоэффективных методов синтеза фосфорорганических соединений, соответствующих принципам «зелёной химии». В этом отношении реакция Тодда-Аттертона представляет значительный интерес благодаря мягким условиям проведения, высокой селективности и возможности синтеза широкого круга функционализированных амидофосфатов.

Целью настоящей работы является синтез новых N-фосфорилированных производных ароматических аминов методом Тодда-Аттертона и исследование их строения с использованием современных физико-химических методов анализа. В ходе исследования были подобраны условия фосфорилирования фенилэтиламина и его метоксизамещённого аналога диалкилфосфитами, а также изучены спектральные характеристики полученных амидофосфатов. Работа продолжает исследования, посвящённые синтезу и изучению функционализированных фосфорорганических соединений, и дополняет сведения о возможностях применения реакции Тодда-Аттертона для получения N-фосфорилированных производных ароматического ряда.

Материалы и основные методы. В работе использовали триэтиламин, тетрахлорметан, диметилфосфит и диэтилфосфит квалификации не ниже 99.9% (Sigma-Aldrich). Все реагенты применяли без дополнительной очистки.

Спектры ЯМР ^1H и ^{31}P регистрировали на спектрометрах Bruker AVANCE II-400 (400.1 МГц для ^1H) и Bruker Avance-600 (600.1 МГц для ^1H) в ДМСО- d_6 . Химические сдвиги определяли относительно сигналов остаточных протонов растворителя. ИК-спектры записывали на Фурье-спектрометре Bruker ALPNA в диапазоне 400-4000 cm^{-1} . Температуры плавления измеряли на приборе «Boetius». Элементный анализ выполняли на анализаторе Sundry SDCHN636.

Контроль протекания реакций и чистоты продуктов осуществляли методом тонкослойной хроматографии на пластинках с оксидом алюминия в различных системах растворителей. Для визуализации хроматограмм использовали пары йода. Полученные соединения охарактеризованы методами ТСХ, ИК- и ЯМР-спектроскопии, а их состав подтверждён данными элементного анализа.

Общая методика получения соединений 3-4 а-б:

В трёхгорлую колбу, снабжённую механической мешалкой, обратным холодильником и капельной воронкой, помещали 10 ммоль фенилэтиламина (**1**), 15 ммоль триэтиламина и 10 мл тетрахлорметана. При комнатной температуре к полученному раствору при перемешивании в течение 15-20 мин по каплям добавляли 10 ммоль соответствующего диалкилфосфита **2 а-б**. После завершения добавления реакционную смесь перемешивали при комнатной температуре ещё 1-2 ч.

Образовавшийся осадок гидрохлорида триэтиламина отделяли фильтрованием, а фильтрат концентрировали при пониженном давлении. Остаток очищали вакуумной перегонкой, после чего целевые продукты перекристаллизовывали из петролейного эфира (т. кип. 70-100 $^{\circ}\text{C}$).

Ход реакции контролировали методом тонкослойной хроматографии в системе бензол-этанол (10:1). Синтезированные соединения хорошо растворимы в хлороформе, ацетоне и этаноле. Строение полученных амидофосфатов устанавливали на основании данных ИК-, ^1H , ^{13}C и ^{31}P ЯМР-спектроскопии (Схема 1).

Диметил N-(2-фенилэтил)амидофосфат (3а). Соединение получено с выходом 90% в виде масла жёлтого цвета. $R_f = 0.58$. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3220 (NH), 1235 (P=O), 1025 (P-O-C). ЯМР ^1H (400 МГц, Хлороформ- d) δ 7.02 (Ar-H, с, 1H), 6.93 (Ar-H, д, $J = 11.4$ Гц, 4H), 3.34 (OCH_3 , дт, $J = 17.4, 10.4$ Гц, 6H), 2.87 (CH_2 , д, 2H), 2.54 (NH, с, 1H). ЯМР ^{13}C (101 МГц, Хлороформ- d) δ 138.80, 128.77, 128.64, 128.38, 128.25, 126.28, 126.16, 52.63, 52.51, 52.44, 42.60, 42.46, 37.79, 37.67. Вычислено, %: C 52.40; H 6.98 $\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{NO}_3\text{P}$. Найдено, %: C 52.25; H 7.08.

Диэтил N-(2-фенилэтил)амидофосфат (3б). Соединение получено с выходом 81% в виде масла жёлтого цвета. $R_f = 0.50$. ИК спектр, ν , cm^{-1} : 3216 (NH), 1230 (P=O), 1028 (P-O-C). ЯМР ^1H (400 МГц, Хлороформ- d) δ 7.24 (Ar-H, с, 1H), 7.19 (Ar-H, д, $J = 8.0$ Гц, 4H), 4.00 – 3.87 (OCH_2CH_3 , м, 4H), 3.11 (CH_2 , с, 2H), 3.01 (CH_2 , с, 2H), 2.78 (NH, с, $J = 7.2$ Гц, 1H), 1.25 (OCH_2CH_3 , т, $J = 9.8$ Гц, 6H). ЯМР ^{13}C (101 МГц, Хлороформ- d) δ 139.17, 128.97, 128.85, 128.57, 128.45, 126.44, 126.30, 62.04, 61.93, 61.19, 42.93, 42.78, 38.05, 16.36, 16.29, 16.16, 16.09. Вычислено, %: C 56.03; H 7.78 $\text{C}_{12}\text{H}_{20}\text{NO}_3\text{P}$. Найдено, %: C 55.90; H 7.58.

В трёхгорлую колбу, оснащённую мешалкой, обратным холодильником и капельной воронкой, помещали 10 ммоль 3,4-диметоксифенэтиламина (**4**), 10 ммоль триэтиламина

и 10 мл тетрахлорметана. К полученному раствору при комнатной температуре и постоянном перемешивании в течение 15-20 мин по каплям добавляли 10 ммоль соответствующего диалкилфосфита **2 а-б**. После завершения добавления реакционную смесь перемешивали при комнатной температуре ещё 1-2 ч. Образовавшийся осадок гидрохлорида триэтиламина отделяли фильтрованием, а фильтрат концентрировали при пониженном давлении. Полученный остаток очищали вакуумной перегонкой, после чего продукты перекристаллизовывали из ацетона. Контроль протекания реакции осуществляли методом тонкослойной хроматографии в системе бензол-этанол (10:1). Полученные соединения хорошо растворимы в хлороформе, ацетоне и этаноле. Их строение установлено на основании данных ИК-, ^1H , ^{13}C и ^{31}P ЯМР-спектроскопии. Полученные соединения представляли собой индивидуальные вещества, строение которых подтверждено данными ИК-, ^1H , ^{13}C и ^{31}P ЯМР-спектроскопии, а также результатами элементного анализа. Проведённые эксперименты показали, что выбранные условия реакции обеспечивают селективное фосфорилирование аминов с образованием соответствующих амидофосфатов в мягких условиях и с удовлетворительными выходами (Схема 2).

Диметил N-[2-(3,4-диметоксифенил)этил]амидофосфат (4а). Соединение получено в виде белого порошка с выходом 47%, т.пл. 11-12 $^{\circ}\text{C}$. $R_f = 0.47$. ИК спектр (KBr), ν , cm^{-1} : 3240 (NH), 1232 (P=O), 1022 (P-O-C). ЯМР ^1H (400 МГц, Хлороформ- d) δ 6.58 – 6.52 (Ar-H, м, 3H), 3.67 (OCH $_3$, д, $J = 10.0$ Гц, 6H), 3.47 (POCH $_3$, д, $J = 11.1$ Гц, 6H), 2.98 – 2.91 (CH $_2$, м, 2H), 2.79 (NH, с, 1H), 2.56 (CH $_2$, т, $J = 7.0$ Гц, 2H). ЯМР ^{13}C (101 МГц, Хлороформ- d) δ 148.88 (д, $J = 2.9$ Гц), 147.56 (д, $J = 3.3$ Гц), 131.30, 120.81, 112.01, 111.30, 55.80 (д, $J = 6.3$ Гц), 52.85 (д, $J = 5.3$ Гц), 52.08, 42.72, 37.47 (д, $J = 5.7$ Гц). Вычислено, %: C 49.82; H 6.92 C $_{12}$ H $_{20}$ NO $_5$ P. Найдено, %: C 49.69; H 6.77.

Диэтил N-[2-(3,4-диметоксифенил)этил]амидофосфат (4б). Соединение получено в виде белого порошка с выходом 51%, т.пл. 93-95 $^{\circ}\text{C}$. $R_f = 0.44$. ИК спектр (KBr), ν , cm^{-1} : 3224 (NH), 1231 (P=O), 1022 (P-O-C). ^1H NMR (400 МГц, Хлороформ- d) δ 6.95 – 6.43 (Ar-H, м, 3H), 4.23 – 3.91 (OCH $_2$ CH $_3$, м, 4H), 3.86 (OCH $_3$, дд, $J = 6.3, 4.6$ Гц, 6H), 3.15 (Ar-CH $_2$, $J = 9.9, 6.9$ Гц, 2H), 2.74 (CH $_2$, т, $J = 6.9$ Гц, 2H), 1.30 – 1.28 (OCH $_2$ CH $_3$, м, 6H), 1.27 (NH, д, $J = 0.8$ Гц, 1H). ЯМР ^{13}C (151 МГц, Хлороформ- d) δ 148.37 (д, $J = 197.5$ Гц), 131.30, 120.77 (д, $J = 24.3$ Гц), 113.77 – 105.98, 62.30 (дд, $J = 9.2, 5.4$ Гц), 58.09 – 52.26, 42.80, 37.53 (д, $J = 5.8$ Гц), 16.25 (т, $J = 6.4$ Гц). ЯМР ^{31}P (162 МГц, Хлороформ- d) δ 9.02. Вычислено, %: C 52.99; H 7.57 C $_{14}$ H $_{24}$ NO $_5$ P. Найдено, %: C 52.87; H 7.42.

Результаты. В работе исследовано фосфорилирование фенолэтиламина и 3,4-диметоксифенэтиламина диалкилфосфитами в условиях реакции Тодда-Аттертона. Показано, что выбранные условия позволяют получать соответствующие амидофосфаты с хорошими выходами. Строение синтезированных соединений установлено на основании данных ИК- и ЯМР-спектроскопии (^1H , ^{13}C , ^{31}P).

Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования реакции Тодда-Аттертона для синтеза N-фосфорилированных производных ароматических аминов. Проведённое исследование дополняет сведения о

реакционной способности фенэтиламинов в реакциях фосфорилирования и расширяет ряд известных амидофосфатов ароматического ряда.

Строение синтезированных соединений (**3а-б**, **4а-б**) подтверждено комплексом физико-химических методов анализа, включающих ИК-, ^1H , ^{13}C и ^{31}P ЯМР-спектроскопию, а также данные элементного анализа.

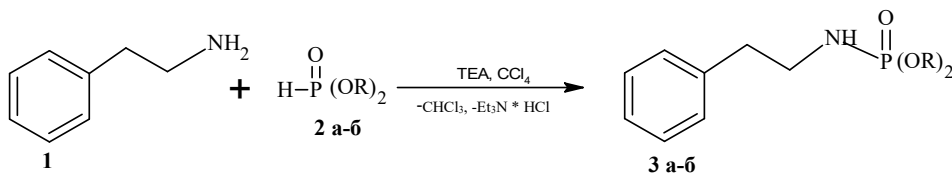


Схема 1 — Синтез диалкил N-(2-фенилэтил)амидофосфат (**3а-б**)

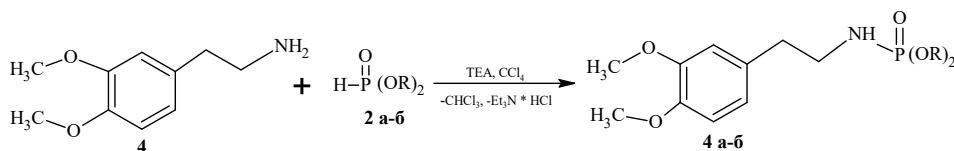


Схема 2 - Синтез диалкил N-[2-(3,4-диметоксифенил)этил]амидофосфат (**4а-б**)

В ИК- спектрах соединений (**3 а-б**, **4 а-б**) идентифицированы полосы поглощения в области $1230\text{-}1235\text{ см}^{-1}$ характерные для $\text{P}=\text{O}$ группы, в интервале $1022\text{-}1028\text{ см}^{-1}$ наблюдаются интенсивные полосы поглощения $\text{P}-\text{O}-\text{C}$ связи, а при $3216\text{-}3240\text{ см}^{-1}$ проявляются полосы поглощения, характерные для валентных колебаний NH групп (Рисунок 1-2).

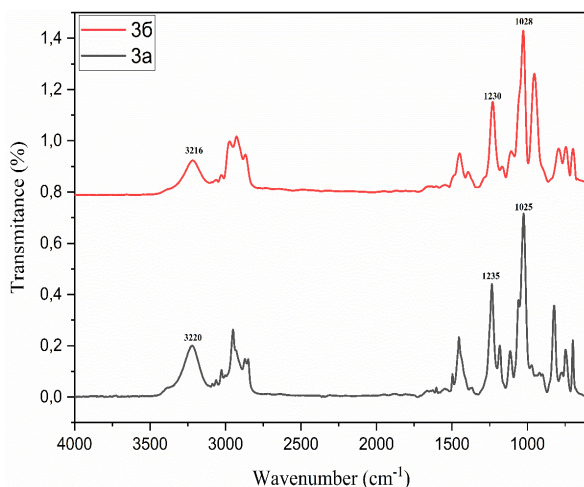


Рисунок 1 — ИК- спектр диалкил N-(2-фенилэтил)амидофосфатов (**3а-б**)

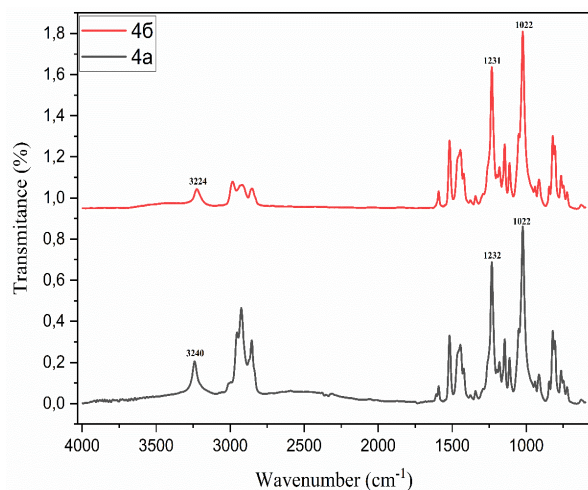


Рисунок 2 — ИК- спектр диалкил N-[2-(3,4-диметоксифенил)этил]амидофосфат (**4a-b**)

В спектрах ЯМР ^1H соединений (**3 a-b**) сигналы протона амидной группы проявляются в виде дублета в области 2.54-2.79 м.д. с константой спин-спинового расщепления $J = 7\text{--}7.2$ Гц. Сигналы протонов диалкоксифосфорильных групп для (**3 a-b**) проявляются в виде дуплета в области 3.34 м.д. (д, 6H), 4.00-3.87 м.д. (м, 4H), 1.25 м.д. (т, 6H); для (**4 a-b**) – мультиплет в области 3.47 м.д. (д, 6H), 4.23-3.91 м.д. (м, 4H), 1.30-1.28 м.д. (м, 6H). Сигналы протонов ароматического фрагмента для соединений (**3 a-b**) резонируют в виде мультиплетов в области 7.02-6.93 м.д. (м, 5H), 7.24-7.19 м.д. (м, 5H), а для соединений (**4 a-b**) в интервалах 6.58-6.52 (м, 3H), 6.95-6.43 (м, 3H).

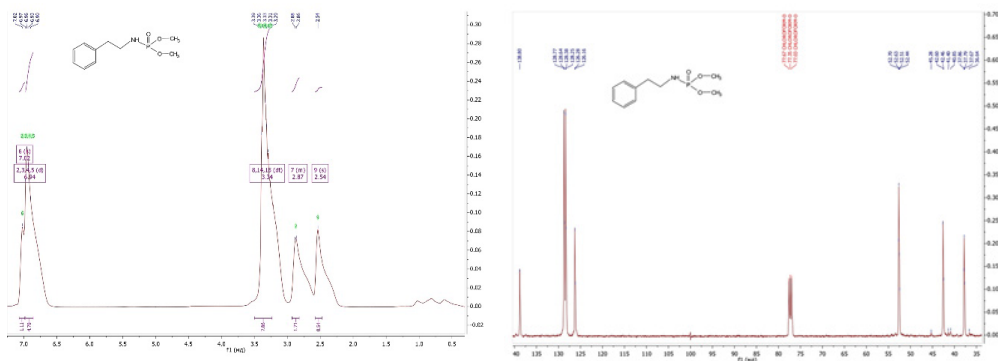


Рисунок 3 — Спектры ЯМР ^1H , ^{13}C диметил N-(2-фенилэтил)амидофосфата (**3a**)

Figure 1 displays the ^1H NMR spectra of compound 1. The left spectrum is the ^1H NMR in CDCl_3 , and the right spectrum is the ^1H NMR in $\text{DMSO}-d_6$. The chemical structure of compound 1 is shown above the spectra.

Chemical Structure of Compound 1:

COc1ccc(cc1OC)CCNC(=O)OCC

^1H NMR in CDCl_3 (Left Spectrum):

- Peak 1 (Aromatic, 7.28 ppm): Integration 1.00
- Peak 2 (Aromatic, 6.75 ppm): Integration 1.00
- Peak 3 (Aromatic, 4.38 ppm): Integration 2.00
- Peak 4 (Aromatic, 3.25 ppm): Integration 1.00
- Peak 5 (Aromatic, 2.24 ppm): Integration 1.00
- Peak 6 (Aromatic, 1.38 ppm): Integration 1.00

^1H NMR in $\text{DMSO}-d_6$ (Right Spectrum):

- Peak 1 (Aromatic, 7.28 ppm): Integration 1.00
- Peak 2 (Aromatic, 6.75 ppm): Integration 1.00
- Peak 3 (Aromatic, 4.38 ppm): Integration 2.00
- Peak 4 (Aromatic, 3.25 ppm): Integration 1.00
- Peak 5 (Aromatic, 2.24 ppm): Integration 1.00
- Peak 6 (Aromatic, 1.38 ppm): Integration 1.00

248

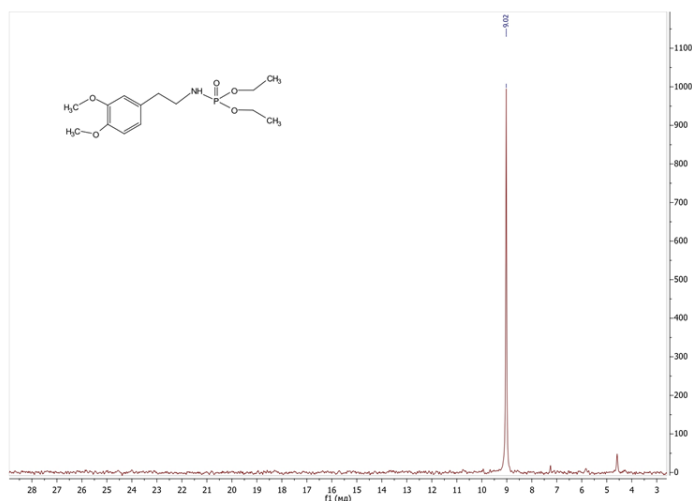


Рисунок 6 — Спектры ЯМР ^{31}P диэтил N-[2-(3,4-диметоксифенил)этил]амидофосфат (**46**)

В спектре ЯМР ^{31}P соединения **46** наблюдается один синглетный сигнал, характерный для диалкилоксиамидофосфатов. Наличие единственного сигнала фосфора свидетельствует об образовании одного фосфорсодержащего продукта. Значение химического сдвига находится в области, типичной для соединений данного класса, что согласуется с образованием связи P-N. Дополнительные сигналы в спектре отсутствуют (Рисунок 6).

Совокупность данных ИК-, ^1H , ^{13}C и ^{31}P ЯМР-спектроскопии подтверждает строение полученных амидофосфатов. Для соединений, синтезированных на основе 3,4-диметоксифенэтиламина, наличие метоксигрупп оказывает влияние на электронное распределение в ароматической системе, что может отражаться на реакционной способности аминогруппы в процессе фосфорилирования.

Полученные результаты согласуются с механизмом реакции Тодда-Аттертона, предполагающим образование промежуточных хлорфосфорных производных при взаимодействии диалкилфосфитов с тетрахлорметаном в присутствии триэтиламина и их последующее взаимодействие с амином. Отсутствие посторонних сигналов в спектрах ^{31}P ЯМР указывает на преимущественное образование целевых продуктов в выбранных условиях реакции. Полученные данные дополняют сведения о спектральных характеристиках амидофосфатов ароматического ряда.

Заключение. В последние годы возможности реакции Тодда-Аттертона были существенно расширены за счёт вовлечения в процесс различных классов аминов, включая гетероциклические соединения, аминокислоты и их производные. Развитие метода связано также с применением каталитических систем, микроволновой активации и подходов, направленных на снижение количества побочных продуктов и оптимизацию условий синтеза. Это позволяет варьировать круг используемых субстратов и получать новые N-фосфорилированные соединения различного строения.

Исследования в области химии соединений, содержащих связь P-N, продолжают охватывать широкий круг задач, связанных с их синтезом, строением и свойствами. Существенный вклад в изучение таких соединений вносят современные методы структурного анализа, включая ЯМР- и ИК-спектроскопию, а также квантово-химические расчёты, позволяющие рассматривать особенности электронного строения и реакционной способности фосфорорганических производных.

Одним из важных аспектов остаётся изучение влияния строения молекулы на её свойства. Изменение природы заместителей при атомах азота и фосфора может отражаться на устойчивости связи P-N, спектральных характеристиках и реакционной способности соединений. Введение электронодонорных или электроноакцепторных групп в ароматический фрагмент позволяет изменять электронное распределение в молекуле и получать новые производные с различными физико-химическими характеристиками.

В связи с этим исследование реакционной способности ароматических аминов в условиях реакции Тодда-Аттертона представляет значительный интерес как с практической, так и с теоретической точки зрения.

Таким образом, на основе фенилэтиламина (**1**) и 3,4-диметоксифенэтиламина (**4**), диметилфосфита (**2a**) и диэтилфосфита (**2b**) были синтезированы амидофосфаты с использованием реакции Тодда-Аттертона были синтезированы новые амидофосфаты ароматического ряда. Состав и строение полученных соединений подтверждены данными элементного анализа, а также ИК-, ЯМР ^1H , ^{13}C и ^{31}P спектроскопии. Полученные результаты свидетельствуют об эффективности применённого подхода и возможности его использования для направленного синтеза новых функционально замещённых амидофосфатов с потенциально ценными физико-химическими и биологическими свойствами. Результаты интерпретации спектральных данных исследуемых соединений могут быть использованы для установления структурных особенностей амидофосфатов и их производных, а также для дальнейшего изучения закономерностей формирования связи P-N в реакциях фосфорилирования ароматических аминов.

Полученные данные дополняют сведения о спектральных характеристиках амидофосфатов и могут быть использованы при идентификации соединений данного класса методами ИК- и ЯМР- спектроскопии. Результаты проведённого исследования также показывают возможность применения реакции Тодда-Аттертона для синтеза новых N-фосфорилированных производных ароматического ряда. Полученные амидофосфаты могут служить основой для дальнейших исследований, направленных на изучение влияния строения молекулы на её физико-химические свойства и реакционную способность.

References

Atherton F.R., Openshaw H.T., and Todd A.R. (1945) Studies on phosphorylation. Part II. The reaction of dialkyl phosphites with polyhalogen compounds in presence of bases. A new method for the phosphorylation of amines. *Journal of the Chemical Society (Resumed)*. — 660 p. DOI:10.1039/jr9450000660 (in Eng.).

Atherton F.R., and Todd A.R. (1947) Studies on phosphorylation. Part III. Further observations on the

reaction of phosphites with polyhalogen compounds in presence of bases and its application to the phosphorylation of alcohols. *Journal of the Chemical Society (Resumed)*. — 674 p. DOI:10.1039/jr9470000674 (in Eng.).

Castelot-Deliencourt G., Pannecoucke X., and Quirion J.-C. (2001) Diastereoselective synthesis of α -substituted β -amidophosphonates. *Tetrahedron Letters*, 42(6). — P. 1025–1028. DOI:10.1016/S0040-4039(00)02145-6 (in Eng.).

Cherkasov R.A., and Galkin V.I. (1998) The Kabachnik-Fields reaction: Synthetic potential and the problem of the mechanism. *Russian Chemical Reviews*, 67(10). — P. 857–882. DOI:10.1070/RC1998v-067n10ABEH000421 (in Eng.).

De Clercq E. (2016) Tenofovir alafenamide (TAF) as the successor of tenofovir disoproxil fumarate (TDF). *Biochemical Pharmacology*, 119. — P. 1–7. DOI:10.1016/j.bcp.2016.04.015 (in Eng.).

Dehmchi D.A., Bouchareb F., and Berredjem M. (2024) Recent advances in the synthesis of phosphoramidate derivatives: A comprehensive review and analysis. *Synthetic Communications*, 54(22). — P. 1909–1939. DOI:10.1080/00397911.2024.2391917 (in Eng.).

Djouad S.-E., Berredjem M., Hadjadj Aoul F.Z., Bouchareb F., Guerfi M., Ben Hadda T., Aissaoui M., and Belhani B. (2022) In silico drug design and molecular docking of novel amidophosphonates and sulfamidophosphonates as inhibitors of urokinase-type plasminogen activator. *Journal of the Indian Chemical Society*, 99(9), 100650. DOI:10.1016/j.jics.2022.100650 (in Eng.).

Doszhanova K.A., Kuandykova A.B., Dzhiembaev B.Zh., Burilov A.R., and A.E. Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry (2021) Sintez novykh α -aminofosfonatov na osnove ciklogeksilaminov v usloviyah reakcii Fildsa Kabachnika [Synthesis of new α -aminophosphonates based on cyclohexylamines in the conditions of the fields kabachnik reaction]. *Chemical Journal of Kazakhstan*, 73(1). — P. 126–133. DOI: 10.51580/2021-1/2710-1185.13 (in Rus.).

Dzhiembaev B.J., Kuandykova A.B., Akyzbekov N.I., Dobrynin A., and Burilov A.R. (2023) Synthesis of Amidophosphates Based on 1-Ethynyl-1-Aminocyclohexane Upon Microwave Activation and their Biological Activity. *Eurasian Chemico-Technological Journal*, 25(1). — P. 57–64. DOI: 10.18321/ectj1495 (in Eng.).

Dzhiembaev B.Zh., Kuandykova A.B., (2023) Sintez novykh amidofosfatov na osnove aromatcheskih aminov [Synthesis of new amidophosphates based on aromatic amines]. *Chemistry and Chemical Technology*, 3. — P. 30–36. DOI: 10.52081/ChChTJ.2023.v03.i3.013 (in Rus.).

Evtushenko Yu.M., Toirov S.Kh., Ushkov V.A., and Berlin A.A. (2025) New Phosphorus–Nitrogen-Containing Flame Retardants for Composite Materials Based on Condensation Polymers. *Polymer Science, Series D*, 18(2). — P. 429–434. DOI: 10.1134/S1995421225700327 (in Eng.).

Falk E., Franchino A., Horak T., Gürtler L., and Morandi B. (2023) Azide-Free Synthesis of N -Alkyliminophosphoranes from Phosphines and Hydroxylamine Derivatives. *Organic Letters*, 25(10). — P. 1695–1700. DOI: 10.1021/acs.orglett.3c00366 (in Eng.).

Fields E.K. (1952) The Synthesis of Esters of Substituted Amino Phosphonic Acids. *Journal of the American Chemical Society*, 74(6). — P. 1528–1531. DOI: 10.1021/ja01126a054 (in Eng.).

Ghigo G., Nicoletti S., and Dughera S. (2026) The Kabachnik–Fields Reaction: A Key Transformation in Organophosphorus Chemistry. *Reactions*, 7(1), 3. DOI: 10.3390/reactions7010003 (in Eng.).

Guo Y., Meng Y., Du Y., Duan M., Li Y., and Zhu F. (2021) Nitrogen–phosphorus co-doped porous carbon using ionic liquids as a dual functional agent for high-performance long-life lithium ion batteries. *Ionic*, 27(1). — P. 97–105. DOI: 10.1007/s11581-020-03785-1 (in Eng.).

Kim I.-H., Park Y.-K., Nishiwaki H., Hammock B.D., and Nishi K. (2015) Structure-activity relationships of amide–phosphonate derivatives as inhibitors of the human soluble epoxide hydrolase. *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 23(22). — P. 7199–7210. DOI: 10.1016/j.bmc.2015.10.016 (in Eng.).

Kuandykova A.B., Dzhiembaev B.Zh., Dobrynin A.B., Akyzbekov N.I., and Akimbaeva N.O. (2024) Sintez, molekulyarnaya i kristallicheskaya struktury tetraetil 1,3-fenilenbis (fosforamidata) i tetrapropil 1,3-fenilenbis (fosforamidata) [Synthesis, molecular and crystal structures of tetraethyl 1,3-phenylenebis (phosphoramidate) and tetrapropyl 1,3-phenylenebis (phosphoramidate)]. *Series chemistry and technology*, 1(458). — P. 70–82. DOI: 10.32014/2024.2518-1491.208 (in Rus.).

Lakoud S.G., Berredjem M., and Aouf N.-E. (2012) Efficient Method for The Synthesis of α -Amido-

phosphonates via the Michaelis-Arbuzov Reaction. Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements, 187(6). — P. 762–768. DOI: 10.1080/10426507.2011.645173 (in Eng.).

Le Corre S.S., Berchel M., Couthon-Gourvès H., Haelters J.-P., and Jaffrès P.-A. (2014) Atherton–Todd reaction: Mechanism, scope and applications. Beilstein Journal of Organic Chemistry, 10. — P. 1166–1196. DOI: 10.3762/bjoc.10.117 (in Eng.).

Li J., Wang L., Li C., and Xiao J. (2026) Direct N-P bond coupling of azobenzenes and diphenylphosphine oxide enabled by decatungstate photocatalysis. Applied Catalysis A: General, 721, 121014. DOI: 10.1016/j.apcata.2026.121014 (in Eng.).

Oliveira F.M., Barbosa L.C.A., and Ismail F.M.D. (2014) The diverse pharmacology and medicinal chemistry of phosphoramidates – a review. RSC Advances, 4(36). — P. 18998–19012. DOI: 10.1039/C4RA01454E (in Eng.).

Petkowski J.J., Bains W., and Seager S. (2019) Natural Products Containing ‘Rare’ Organophosphorus Functional Groups. Molecules, 24(5), 866. DOI: 10.3390/molecules24050866 (in Eng.).

Rachedi K.O., Ouk T.-S., Bahadi R., Bouzina A., Djouad S.-E., Bechlem K., Zerrouki R., Ben Hadda T., Almalki F., and Berredjem M. (2019) Synthesis, DFT and POM analyses of cytotoxicity activity of α -amidophosphonates derivatives: Identification of potential antiviral O, O-pharmacophore site. Journal of Molecular Structure, 1197. — P. 196–203. DOI: 10.1016/j.molstruc.2019.07.053 (in Eng.).

Saib A., Berrebbah H., Berredjem M., and Djebar M.R. (2014) Cytotoxic study of three derivatives amidophosphonates on alternative cellular model: Paramecium tetraurelia. Toxicology Research, 3(5). — 395 p. DOI: 10.1039/C4TX00033A (in Eng.).

Thimotée M., Arrachart G., Giusti F., and Pellet-Rostaing S. (2026) Development of a Synthesis Route for Chiral α -Amidophosphonates with Enhanced Optical Purity. ACS Omega, 11(7). — P.11375–11396. DOI: 10.1021/acsomega.5c08735 (in Eng.).

Turgis R., Leydier A., Arrachart G., Burdet F., Dourdain S., Bernier G., Miguiditchian M., and Pellet-Rostaing S. (2016) Carbamoylalkylphosphonates Type Ligand for Uranium Extraction from Phosphates Ores. Procedia Engineering, 138. — P. 258–266. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.02.083 (in Eng.).

Yoshino K., Goto K., Yoshiizumi K., Morita T., and Tsukamoto G. (1990) Organic phosphorus compounds. 5. (4-Benzothiazol-2-ylbenzyl)amidophosphonate as potent calcium antagonistic vasodilators. Journal of Medicinal Chemistry, 33(8). — P. 2192–2196. DOI: 10.1021/jm00170a024 (in Eng.).

Zabirov N.G., Shamsevaleev F.M., and Cherkasov R.A. (1991) N -Phosphorylated amides and thioamides. Russian Chemical Reviews, 60(10). — P. 1128–1144. DOI: 10.1070/RC1991v060n10ABEH001134 (in Eng.).

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty)**

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

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

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

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

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

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

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

Requirements for articles design for publication in the journal are available on the websites:

www.nauka-nanrk.kz

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

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

*Managing Editor: A.Shormakova
Editors: D.S. Alenov, T. Apendiev
Computer layout: G.D. Zhadyranova*

Signed for print: June 30, 2026

Format: 70×90 1/16. 24.0 printed sheets. Order No. 2