

**ACADEMIC SCIENTIFIC
JOURNAL OF CHEMISTRY**

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

**№4
2025**

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



ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

4 (465)

October – December 2025

PUBLISHED SINCE JANUARY

1947 PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

Editor in chief:

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

Editorial board:

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich (deputy editor-in-chief) doctor of chemical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the International Scientific and Production Holding «Phytochemistry» (Karaganda, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

AGABEKOV Vladimir Enokovich (deputy editor-in-chief), doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of Chemistry of new materials (Minsk, Belarus) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Owner: «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan № **KZ23VPY00121156**, issued 05.06.2025

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

Periodicity: 4 times a year.

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

© «Central Asian Academic Research Center» LLP, 2025

Editorial address: JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel, catalysis and electrochemistry», 142, Kunayev str., of. 310, Almaty, 050100, tel. 291-62-80, fax 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

Бас редактор:

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

Редакция алқасы:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY»

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

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

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

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

© «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС, 2025

Редакцияның мекенжайы: 050100, Алматы қ., Қонаев к-сі, 142, «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институты» АҚ, каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail:orgcat@nursat.kz

Главный редактор:

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

Редакционная коллегия:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

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

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

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

Периодичность: 4 раз в год.

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

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

Адрес редакции: 050100, г. Алматы, ул. Кунаева, 142, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

CONTENTS

G.E. Azimbayeva, A.K. Kamysbayeva, G.N. Kudaibergenova, U.Zh. Beysenbiyeva, N.M. Kurbanbayeva Chromatographic analysis of ethanol obtained from topinambur tubers (<i>Helianthus Tuberosus</i>).....	13
B. Amiraliyev, N. Zhanikulov, B. Taimasov, M. Aitureev, B. Zhakipbayev Expanding the raw material base of mineral additives for the production of composite cements.....	27
A.M. Yegissinova, R.S. Taubayeva, R.K. Rakhmetullaeva, A.S. Seitkan, E.B. Satkozhayeva Physicochemical properties of thermoplastic starch/hemp biofilm produced by casting method.....	41
E.M. Yergaliyeva, K.B. Bazhykova, Zh.Zh. Kolbaeva, A. Duysen, V.V. Vazhev <i>In silico</i> prediction of PASS and ADME/Tox properties of novel 1,3,5-triazine derivatives for drug development.....	54
R.I. Jalmakhanbetova, S. Azatkyzy, G.K. Mukusheva Structure-directed ursolic acid modifications and their impact on biological activity.....	71
R.N. Zhanaliyeva, B.S. Imangaliyeva, M.A. Zharkınbekov, A.S. Ungarbayeva, R. Kozykeyeva Study of the kinetics and mechanism of molybdenum disulfide oxidation by sodium hypochlorite.....	87
O.S. Ilyassova, M. Zhumabek, G.N. Kaumenova, R.S. Orazbekova, B.S. Biyekeyev Hydrogenation of carbon dioxide on Ni-Co/ZrO ₂ catalysts for conversion into synthetic fuel components.....	100
K. Kalmakov, G. Turebekova, S. Yegemberdiyeva, U. Nuridinova, N. Dulat Catalytic cracking of vacuum gas oil from Kumkol oil in a fluidized bed catalyst unit.....	115
B.T. Kuderina, N.B. Kassenova, A.S. Khamitova, A.G. Zhaxybayeva, A.B. Abdrakhmanova Modification of the structure of oxide cathode materials to enhance the capacity and stability of li - ion batteries.....	128

B.M. Kaldybaeva, D.M. Kenzhebekov, D.Zh. Janabayev, L.M. Ulyev, A. Zholshybek Improving the energy efficiency of oil treatment and stabilization units in the field.....	137
A.K. Kozybaev, Zh.D. Alimkulova, S.O. Abilkasova, G.O. Bugubaeva, S. Bubish Prospects for the use of water-soluble copolymers in industrial wastewater treatment processes.....	150
R.M. Kudaibergenova, A.R. Aitekova, N.S. Murzakasymova, A.S. Seitkan, N.A. Nurlybayeva Structural and compositional characteristics of cobalt ferrite nanoparticles.....	159
M. Nazhipkyzy, A. Ashiraly, A. Aitugan, A. Aikenova Fabrication of lignin-based fibrous composites by electrospinning for energy storage applications.....	170
U. Nazarbek, Y. Raiymbekov, P. Abdurazova, G. Kambarova Molecular dynamics modeling of solubility in aqueous systems: temperature dependence and solvation effects.....	184
Zh.Zh. Nurtazina, Zh.S. Kassymova, L.K. Orazzhanova, B. Łeska, N.B. Kiarstanova Efficiency of modified medium for pigment and antioxidant biosynthesis in <i>Chlorella Vulgaris</i>	197
G.M. Ormanova, A.A. Anarbayev, B.N. Kabylbekova, Zh.E. Khusanov Construction of a solubility isotherm in a four-component mutual $\text{CaSO}_4\text{-NaCl-H}_2\text{O}$ system.....	212
Zh.B. Rakhimberlinova, A. Zhorabek, A. Bailen, M. Kaiyrbaeva, A. Mendibayeva Investigation of the possibilities of obtaining ultradispersed copper particles in aqueous solutions.....	227
A. Takibayeva, L. Sultanova, A. Tussupova, Z. Omar, A. Amanzholova Mechanism, features of the amination reaction in a series of lupane triterpenoids.....	239
G. Toleutay, R.N. Tuleyeva, A. Taubatyrova, N.N. Gizatullina Recent advances in the application of lignin for biobased packaging materials.....	250
Kh. Khimersen, T.K. Jumadilov, A. Imangazy, G.T. Dyusseмбаeva, B. Totkhuskyzy Features of the interaction of polyelectrolytes with gallium ions in aqueous media.....	266

МАЗМҰНЫ

Г.Е. Азимбаева, А.К. Камысбаева, Г.Н. Кудайбергенова, Ұ.Ж. Бейсенбиева, Н.М. Курбанбаева Топинамбур жемісінен (<i>Helianthus Tuberosus</i>) алынған этанолдың хроматографиялық анализі.....	13
Б. Амиралиев, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, М. Айтуреев, Б. Жакипбаев Композициялық цемент алу үшін минералды қоспалардың шикізат базасын кеңейту.....	27
А.М. Егисина, Р.С. Таубаева, Р.К. Рахметуллаева, А.С. Сейткан, Э.Б. Саткожаева Құю әдісі арқылы алынған термопластикалық крахмал/ конопля биопленкасының физика-химиялық қасиеттері.....	41
Э.М. Ергалиева, К.Б. Бажыкова, Ж.Ж. Кольбаева, А.Б. Дуйсен, В.В. Важев <i>In silico</i> PASS және ADME/Tox бағдарламалары арқылы дәрілік заттар әзірлеу үшін 1,3,5-триазиннің жаңа туындыларының қасиеттерін болжау.....	54
Р.И. Джалмаханбетова, С. Азатқызы, Г.К. Мукушева Урсол қышқылының құрылымдық-бағытталған модификациялары және олардың биологиялық белсенділікке әсері.....	71
Р.Н. Жаналиева, Б.С. Имангалиева, М.А. Жаркинбеков, А.С. Унгарбаева, Р. Қозыкеева Молибден дисульфидін натрий гипохлоритімен тотықтырудың кинетикасы мен механизмін зерттеу.....	87
О.С. Ильясова, М. Жумабек, Г.Н. Кауменова, Р.С. Оразбекова, Б.С. Биекеев Көмірқышқыл газын синтетикалық отын компоненттеріне айналдыру үшін Ni-Co/ZrO ₂ катализаторларында гидрлеу.....	100
К.К. Калмаков, Г.З. Туребекова, С.Ж. Егембердиева, У.Е. Нуридинова, Н.Н. Дулат Құмкөл мұнайынан алынған вакуум газойлін катализатордың қайнау қабатындағы қондырғыда каталитикалық крекингтеу.....	115
Б.Т. Кудерина, Н.Б. Касенова, А.С. Хамитова, А.Г. Жаксыбаева, А.Б. Абдрахманова Li - ионды аккумуляторлардың сыйымдылығы мен тұрақтылығын арттыру үшін оксидті катод материалдарын модификациялау.....	128

Б.М. Калдыбаева, Д.М. Кенжебеков, Д.Ж. Джанабаев, Л.М. Ульев, А. Жолшыбек Кәсіпшілікте мұнайды дайындау және тұрақтандыру қондырғысының энергия тиімділігін арттыру.....	137
А.Қ. Қозыбаев, Ж.Д. Әлімқұлова, С.О. Әбілқасова, Г.О. Бугубаева, Ш. Бүбіш Өндірістік ағынды суларды тазарту процестерінде суда еритін сополимерлерді қолдану перспективалары.....	150
Р.М. Құдайбергенова, А.Р. Айтекова, Н.С. Мурзакасымова, А.С. Сейтқан, А.Н. Нұрлыбаева Кобалт феррит нанобөлшектерінің құрылымдық және құрамдық сипаттамасы.....	159
М. Нажипқызы, А. Ашіралы, А. Айтуған, А. Айкенова Энергия сақтау жүйелерінде қолдануға арналған лигнин негізіндегі талшықты композиттерді электроспиннинг әдісімен алу.....	170
У. Назарбек, Е. Райымбеков, П. Абдуразова, Ғ. Қамбарова Су жүйелеріндегі ерігіштіктің молекулалық динамикалық модельдеуі: температураға тәуелділік және еріткіштің әсері.....	184
Ж.Ж. Нуртазина, Ж.С. Касимова, Л.К. Оразжанова, Л. Богуслава, Н.Б. Қиарстанова <i>Chlorella Vulgaris</i> құрамындағы пигменттер мен антиоксиданттардың биосинтезі үшін модификацияланған қоректік ортаның тиімділігі.....	197
Г.М. Орманова, А.А. Анарбаев, Б.Н. Кабылбекова, Ж.Е. Хусанов Төрт компонентті CASO ₄ -NaCl-H ₂ O өзара әрекеттесу жүйесіндегі ерігіштік изотермасын тұрғызу.....	212
Ж.Б. Рахимберлинова, А. Жорабек, А. Байлен, М. Қайырбаева, Ә. Мендібаева Сулы ерітінділердегі мыстың ультродисперсті бөлшектерін алу мүмкіндіктерін зерттеу.....	227
А. Такибаева, Л. Султанова, А. Тусупова, З. Омар, А. Аманжолова Лупан тритерпеноидтар қатарындағы аминдену реакциясының механизмі, ерекшеліктері.....	239

Г. Төлеутай, Р.Н. Тулеева, А. Таубатырова, Н.Н. Гизатуллина

Лигниннің бионегізді қаптама материалдарында қолданылуының

соңғы жетістіктері.....250

Х. Химэрсэн, Т.К. Джумадилов, А. Имангазы, Г.Т. Дюсембаева,

Б. Тотхусқызы

Полиэлектролиттердің галлий иондарымен су ортасында әрекеттесу

ерекшеліктері.....266

СОДЕРЖАНИЕ

Г.Е. Азимбаева, А.К. Камысбаева, Г.Н. Кудайбергенова, У.Ж. Бейсенбиева, Н.М. Курбанбаева Хроматографический анализ этанола полученного из клубней топинамбура (<i>Helianthus Tuberosus</i>).....	13
Б. Амиралиев, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, М. Айтурсев, Б. Жакипбаев Расширение сырьевой базы минеральных добавок для получения композиционных цементов.....	27
А.М. Егисинова, Р.С. Таубаева, Р.К. Рахметуллаева, А.С. Сейткан, Э.Б. Саткожаева Физико-химические свойства термопластичной биопленки из крахмала/конопли, полученной методом литья.....	41
Э.М. Ергалиева, К.Б. Бажыкова, Ж.Ж. Кольбаева, А.Б. Дуйсен, В.В. Важев IN SILICO PASS и ADME/TOX прогнозирование свойств новых производных 1,3,5-триазина для разработки лекарств.....	54
Р.И. Джалмаханбетова, С. Азаткызы, Г.К. Мукушева Структурно-направленные модификации урсоловой кислоты и их влияние на биологическую активность.....	71
Р.Н. Жаналиева, Б.С. Имангалиева, М.А. Жаркинбеков, А.С. Унгарбаева, С. Бердібекова Изучение кинетики и механизма окисления дисульфида молибдена гипохлоритом натрия.....	87
О.С. Ильясова, М. Жумабек, Г.Н. Кауменова, Р.С. Оразбекова, Б.С. Биекеев Гидрирование диоксида углерода на Ni-Co/ZrO ₂ катализаторах для преобразования в компоненты синтетического топлива.....	100
К.К. Калмаков, Г.З. Туребекова, С.Ж. Егембердиева, У.Е. Нуридинова, Н.Н. Дулат Каталитический крекинг вакуумного газойля Кумкольской нефти на установке псевдоожиженным слоем катализатора.....	115
Б.Т. Кудерина, Н.Б. Касенова, А.С. Хамитова, А.Г. Жаксыбаева, А.Б. Абдрахманова Модификация структуры оксидных катодных материалов для повышения ёмкости и стабильности Li-ион аккумуляторов.....	128

Б.М. Калдыбаева, Д.М. Кенжебеков, Д.Ж. Джанабаев, Л.М. Ульев, А. Жолшыбек Повышение энергоэффективности установки подготовки и стабилизации нефти на промысле.....	137
А.К. Козыбаев, Ж.Д. Алимкулова, С.О. Абилкасова, Г.О. Бугубаева, Ш. Бубиш Перспективы использования водорастворимых сополимеров в процессах очистки промышленных сточных вод.....	150
Р.М. Кудайбергенова, А.Р. Айтекова, Н.С. Мурзакасымова, А. Сейткан, А.Н. Нурлыбаева Структурно-композиционные характеристики наночастиц феррита кобальта.....	159
М. Нажипкызы, А. Аширалы, А. Айтуган, А. Айкенова Получение волокнистых композитов на основе лигнина методом электроспиннинга для применения в системах хранения энергии.....	170
У. Назарбек, П. Абдуразова, Ғ. Қамбарова, Е. Райымбеков Молекулярно-динамическое моделирование растворимости в водных системах: температурная зависимость и эффекты сольватации.....	184
Ж.Ж. Нуртазина, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, Л. Богуслава, Н.Б. Қиарстанова Эффективность модифицированной среды для биосинтеза пигментов и антиоксидантов в <i>Chlorella Vulgaris</i>	197
Г.М. Орманова, А.А. Анарбаев, Б.Н. Кабылбекова, Ж.Е. Хусанов Построение изотермы растворимости в четырехкомпонентной взаимной системе $\text{CaSO}_4\text{-NaCl-H}_2\text{O}$	212
Ж.Б. Рахимберлинова, А. Жорабек, А. Байлен, М. Кайырбаева, А. Мендибаева Исследование возможностей получения ультрадисперсных частиц меди в водных растворах.....	227
А. Такибаева, Л. Султанова, А. Тусупова, З. Омар, А. Аманжолова Механизм, особенности протекания реакции аминирования в ряду лупановых тритерпеноидов.....	239

Г. Толеутай, Р.Н. Тулеева, А. Таубатырова, Н.Н. Гизатуллина

Последние достижения в применении лигнина для биополимерных
упаковочных материалов.....250

**Х. Химэрсэн, Т.К. Джумадилов, А. Имангазы, Г.Т. Дюсембаева,
Б. Тотхусқызы**

Особенности взаимодействие полиэлектролитов с ионами галлия
в водной среде.....266

© **Kh. Khimersen***, **T.K. Jumadilov**, **A. Imangazy**, **G.T. Dyusseмбаева**,
B. Totkhuskyzy, 2025.

A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences JSC, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: huana88@mail.ru

FEATURES OF THE INTERACTION OF POLYELECTROLYTES WITH GALLIUM IONS IN AQUEOUS MEDIA

Khimersen Khuangul — PhD, Scientific Researcher, A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences JSC, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: huana88@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5138-5997>;

Jumadilov Talkybek — Doctor of Chemical Sciences, Professor, A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences JSC, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: jumadilov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9505-3719>;

Imangazy Aldan — Scientific Researcher, A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences JSC, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: kazpetrochem@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7834-1022>;

Dyussembayeva Gulnur — PhD student, A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences JSC, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: g_gazinovna@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2721-997X>;

Totkhuskyzy Bakytgul — PhD, Scientific Researcher, Odesa A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences JSC, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: bakytgul.sakenova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8119-668X>.

Abstract. This research focuses on the comparative assessment of the sorption properties of cation exchange resins that are capable of absorbing gallium ions. Since gallium is a rare and strategically important metal, developing technologies for its efficient extraction and purification is a pressing issue in modern chemistry and metallurgy. Accordingly, we analyzed the sorption properties of weak and strong acid polyelectrolytes with respect to gallium ions using Atomic Emission Spectroscopy and Infrared Spectroscopic Analysis methods. The study revealed that the sorption capacity of all sorbents increases with prolonged reaction time. The PAA hydrogel and strongly acidic microporous cationite KU-2-8 (Na^+) were found to possess a high exchange capacity for gallium (III) cations. The degree of sorption for macroporous weakly acidic resin Lewatit CNP LF (H^+) is 34.79%, for hydrogel PAA it is 54.49%, and for microporous gel KU-2-8 (Na^+) it is 53.93%. After 48 hours of interaction, the maximum degree of binding between the polymer chain and gallium ions in the hydrogel PAA was 2.79%. The analysis of ion-exchange materials has shown that the ion exchangers PAA, Lewatit CNP LF (H^+) and KU-2-8 (Na^+) exhibit the highest effective dynamic exchange

capacity for gallium ions among the tested samples. The distribution of gallium ions among the considered ion exchange resins increases in the order: PAAg > KU-2-8 (Na⁺) > Amberlite IR-120 > KU-8-2 (H⁺) > Lewatit CPN (H⁺). According to the results of the study, PAA hydrogel and microporous cationite KU-2-8 (Na⁺) can be recommended as efficient sorbents for Ga (III) ions.

Key words: gallium; cation exchange resins; PAA hydrogel; lewatis CNPLF; KU-2-8; Amberlite IR120; sorption degree

Funding: This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP26195783)

© Х. Химэрсэн, Т.К. Джумадилов, А. Имангазы, Г.Т. Дюсембаева,
Б. Тотхусқызы, 2025.

«Ө.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан.
E-mail: huana88@mail.ru

ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТТЕРДІҢ ГАЛЛИЙ ИОНДАРЫМЕН СУ ОРТАСЫНДА ӘРЕКЕТТЕСУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Химэрсэн Хуангул — PhD, ғылыми қызметкер, «Ө.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан,
E-mail: huana88@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5138-5997>;

Джумадилов Талқыбек — химия ғылымдарының докторы, профессор, «Ө.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан,
E-mail: jumadilov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9505-3719>;

Имангазы Алдан — ғылыми қызметкер, «Ө.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан,
E-mail: kazpetrochem@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-7834-1022>;

Дюсембаева Гульнур — PhD докторант, кіші ғылыми қызметкер, «Ө.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан,
E-mail: g_gazinovna@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2721-997X>;

Тотхусқызы Бақытгул — PhD, ғылыми қызметкер, «Ө.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан,
E-mail: bakytgul.sakenova@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-8119-668X>.

Аннотация: Бұл зерттеу галлий иондарын сіңіруге қабілетті катионал-мастырғыш шайырлардың сорбциялық қасиеттерін салыстырмалы бағалауға арналады. Галлий сирек әрі стратегиялық маңызды металл болғандықтан, оны тиімді бөліп алу мен тазарту технологияларын дамыту қазіргі химия мен металлургиядағы өзекті мәселе. Осыған орай атомдық эмиссиялық спектроскопия және инфрақызыл спектроскопиялық талдау әдістерімен әлсіз және күшті қышқылды полиэлектролиттердің галлий иондарына қатысты сорбциялық қасиеттеріне талдау жүргіздік. Алынған зерттеу нәтижелерінен әрекеттесу уақытының артуымен барлық сорбенттерде сорбция дәрежесі артатыны анықталды. Гель түріндегі полиакрил қышқылы гидрогелінің және күшті қышқылды микрокеуекті КУ-2-8 (Na⁺) катионалмастырғышының галлий (III) катиондарына қатысты

айтарлықтай жоғары алмасу қабілеті бар екені белгілі болды. Сору дәрежесі әлсіз қышқылды, макрокеуекті Леватит CNP LF (H^+) үшін 34.79%, ал гель түріндегі ПАҚГ үшін 54.49% және гель түріндегі микрокеуекті КУ-2-8 (Na^+) үшін 53,93%. Полимер тізбегінің галлий иондарымен байланысу дәрежесінің ең жоғары мәні 48 сағат әрекеттесуден кейін ПАҚ гидрогелінде 2.79% құрады. Тиімді динамикалық алмасу сыйымдылығы ПАҚГ, Леватит CNP LF (H^+) және КУ-2-8 (Na^+) ионалмастырғыштарында жоғары екені анықталды. Талдау нәтижелері бойынша қарастырылған ионалмастырғыштардың галлий иондарын сору дәрежесі мына қатар бойынша артатыны белгілі болды: ПАҚГ > КУ-2-8 (Na^+) > Amberlite IR120 > КУ-2-8 (H^+) > Леватит CNP (H^+). Зерттеу нәтижесі бойынша Ga (III) ионына тиімді сорбенттер ретінде полиакрил қышқылының гидрогелін және гель түріндегі микрокеуекті КУ-2-8 (Na^+) катионалмастырғышын ұсынуға болады.

Түйін сөздер: галлий, катионалмастырғыш шайырлар, ПАҚ гидрогелі, леватит CNPLF, КУ-2-8, Amberlite IR120, сорбция дәрежесі

***Қаржыландыру:** Зерттеу жұмысын Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті (грант № AP26195783) қаржыландырды.*

© Х. Химэрсэн, Т.К. Джумадилов, А. Имангазы, Г.Т. Дюсембаева,
Б. Тотхусқызы, 2025.

АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан.
E-mail: huana88@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ С ИОНАМИ ГАЛЛИЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Химэрсэн Хуангул — PhD, научный сотрудник, АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан,

E-mail: huana88@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5138-5997>;

Джумадилов Талқыбек — доктор химических наук, профессор, АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан,

E-mail: jumadilov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9505-3719>;

Имангазы Алдан — научный сотрудник, АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан,

E-mail: kazpetrochem@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7834-1022>;

Дюсембаева Гульнур — PhD докторант, младший научный сотрудник, АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан,

E-mail: g_gazinovna@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2721-997X>;

Тотхусқызы Бақытгул — PhD, научный сотрудник, АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан,

E-mail: bakytgul.sakenova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8119-668X>.

Аннотация: Данное исследование посвящено сравнительной оценке сорбционных свойств катионообменных смол, способных поглощать ионы галлия. Поскольку галлий относится к числу редких и стратегически важных

металлов, разработка эффективных технологий его извлечения и очистки является актуальной задачей современной химии и гидрометаллургии. В связи с этим были проанализированы сорбционные характеристики слабокислотных и сильнокислотных полиэлектролитов по отношению к ионам галлия с использованием методов атомно-эмиссионной спектроскопии и инфракрасного спектроскопического анализа. Полученные данные показали, что степень сорбции возрастает с увеличением времени контакта для всех исследованных сорбентов. Установлено, что гидрогель полиакриловой кислоты (ПАК) и сильнокислотный микропористый катионит КУ-2-8 (Na^+) обладают существенно более высокой обменной ёмкостью по ионам галлия(III). Степень сорбции для слабокислотного макропористого ионита Lewatit CNPLF (H^+) составляет 34,79%, для гидрогеля ПАК — 54,49%, а для микропористого КУ-2-8 (Na^+) — 53,93%. Максимальная степень комплексообразования полимерной матрицы с ионами галлия в гидрогеле ПАК достигла 2,79% после 48 часов взаимодействия. Анализ ионообменных материалов показал, что сорбенты ПАК, Lewatit CNP LF (H^+) и КУ-2-8 (Na^+) демонстрируют наиболее высокую динамическую обменную ёмкость по ионам галлия среди исследованных образцов. Степень поглощения ионов Ga(III) увеличивается в следующем порядке: гидрогель ПАК > КУ-2-8 (Na^+) > Amberlite IR120 > КУ-2-8 (H^+) > Lewatit CNP (H^+). На основании результатов исследования гидрогель ПАК и микропористый катионит КУ-2-8 (Na^+) могут быть рекомендованы как эффективные сорбенты для извлечения ионов галлия(III) из водных растворов.

Ключевые слова: галлий, катионообменные смолы, гидрогель ПАК, леватит CNPLF, КУ-2-8, Amberlite IR120, степень сорбции

Финансирование: Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP26195783)

Кіріспе. Галлий (Ga) – периодтық жүйенің 13-тобында (бұрынғы классификация бойынша – үшінші топтың негізгі топшасы, IIIA) орналасқан стратегиялық маңызды элемент. Иондық радиусы шамамен 0,62 Å. Табиғатта қоспа түрінде алюминий (боксит), мырыш (мырыш қоспалары) және германий (германит) кендерінде кездеседі (<https://www.examples.com/chemistry/gallium.html#:~:text=Gallium%20is%20utilized%20in%20various,the%20development%20of%20innovative%20technologies>). Галлийдің қорытпалары мен қосылыстары радиоэлектроника, шыны және керамика өнеркәсібі үшін өте маңызды. Мысалы, галлий арсениді (GaAs) және галлий нитриді (GaN) ұялы телефондар, суперкомпьютерлер және талшықты-оптикалық байланыс желілерінде қолданылатын жартылай өткізгіш материалдарды өндіруде қолданылады (Pechishcheva et al., 2020; Ji Gu, 2025; Popa et al., 2013; Shi et al., 2024)

Галлийді алу әдістеріне байланысты оны тікелей технологиялық ерітінділерден немесе құрамында Ga бар концентраттардан алу мүмкін. Шығу тегі әртүрлі технологиялық ерітінділерден Ga қосылыстарының бастапқы концентрациясын

қалпына келтіру және тазарту мәселесін шешуде ион алмасу процестері қолданылады (Chirkst et al., 2013; Cheremisina et al., 2013). Көптеген табиғи және жасанды қосылыстар ион алмасу қасиетіне ие. Бірақ практикалық маңыздылығы бойынша синтетикалық ион алмастырғыш шайырлардың алатын орны ерекше. Мұндай иониттердің ионогендік топтары сулы ерітінділерде диссоциацияланып ғана қоймайды, сонымен қатар белгілі бір жағдайларда ион алмастырғыш және комплекс түзуші қасиетке ие. Ион алмастырғыш шайырлардың сорбциялық қасиеттерін зерттеу нәтижесі өндірістік ағынды сулардан бағалы микроэлементтерді бөлуге септігін тигізеді (Pimneva, 2011; Hesamoddin et al., 2025; Nguyen et al., 2019; Jumadilov et al., 2017; Jumadilov et al., 2025). Галлий иондарына селективті катионалмастырғышты анықтау мақсатында галлийдің әртүрлі ион алмастырғыш шайырлардағы сорбциясы зерттелді: әлсіз қышқылды ПАҚГ, Леватит CNP LF (H^+), күшті қышқылды КУ-2-8 (H^+), КУ-2-8 (Na^+), Amberlite IR120.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Зерттеу объектісі ретінде зертханада синтезделген полиакрилқышқылының гидрогелі (ПАҚГ) және өндірістік катионалмастырғыш шайырлар Леватит CNP LF (H^+) (Lanxess Deutschland GmbH, Кельн, Германия), Amberlite IR120 (Sigma-Oldrich, Германия), КУ-2-8 (H^+) және КУ-2-8 (Na^+) (Токем, Ресей) алынды.

ПАҚГ – полиакрилқышқылының гидрогелі стандартты әдіспен синтезделді (Jumadilov et al., 2024). Ісіну коэффициенті $K_i = 12.24$. Арнайы функционалдық топтардың болуына байланысты ион алмасу реакцияларына түсу қабілеті бар. Леватит CNP (H^+) – матрицасы тігілген полиакрилатқа негізделген әлсіз қышқылды макрокеуекті катион алмастырғыш.

КУ-2-8 H^+/Na^+ – стирол мен дивинилбензолдың сульфондалған сополимеріне негізделген гель түріндегі макрокеуекті құрылымы бар синтетикалық ионалмастырғыш шайыр. Жоғары осмостық тұрақтылықпен және агрессивті реагенттерге химиялық тұрақтылығымен сипатталады. Amberlite IR120 – стирол мен дивинилбензолдың сульфондалған сополимеріне негізделген күшті қышқылды гель типті катионалмастырғыш. КУ-2-8 (H^+) катионитінің аналогы. Ерітіндідегі галлий иондарының көзі ретінде галлий (III) нитраты гидраты $Ga(NO_3)_3 \cdot H_2O$ (Sigma-Oldrich, Германия) қолданылды. Галлий иондарының қалдық концентрациясы плазмамен индуктивті байланысқан атомды-эмиссионды спектрометрінде (ICAPPRO) анықталды. Зерттеу әдістер. Индуктивті байланысқан плазмалық атомдық эмиссиялық спектрометрі (Thermo Fisher Scientific, АҚШ), NICOLET 5700 инфрақызыл спектрометрі (Thermo Fischer Scientific, АҚШ).

Сорбция параметрлерін есептеу. Ионалмастырғыштардың галлий иондарын бөліп алу дәрежесі мына теңдеумен есептелді:

$$\eta = \frac{C_o - C_e}{C_o} * 100\%, \quad (1)$$

мұндағы C_o – ерітіндідегі галлий иондарының бастапқы концентрациясы, мг/л; C_e – ерітіндіде қалған галлий иондарының концентрациясы, мг/л.

Полимер тізбегінің байланысу дәрежесі мына формула бойынша есептелді:

$$\theta = \frac{v_{\text{сорб}}}{v_{\text{пол}}} * 100\%, \quad (2)$$

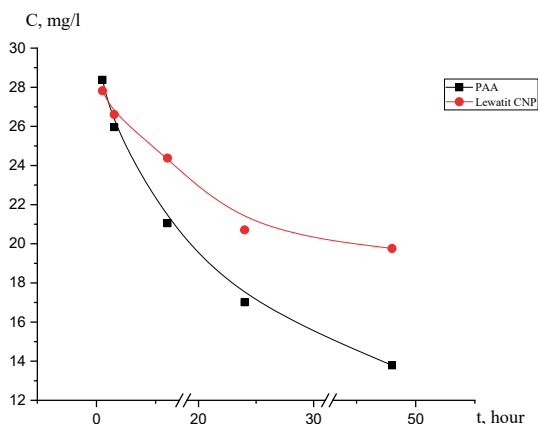
мұндағы $v_{\text{сорб}}$ – полимерге сорбцияланған галлий иондарының мөлшері, моль;
 $v_{\text{пол}}$ – полимер массасының мөлшері, моль.

Ионалмастырғыш шайырлардың тиімді динамикалық алмасу қабілеті мына формула бойынша есептелді:

$$Q = \frac{v_{\text{сорб}}}{m_{\text{пол}}}, \quad (3)$$

Мұндағы $v_{\text{сорб}}$ – полимерге сорбцияланған галлий иондарының мөлшері, моль;
 m – катиониттің массасы, г.

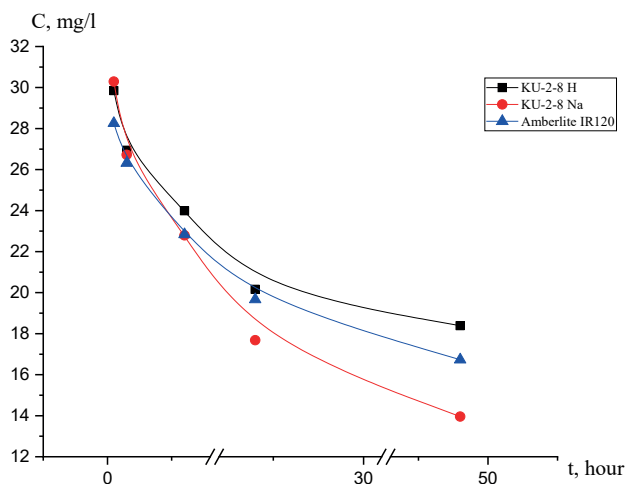
Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Функционалды топтары ұқсас ПАҚ гидрогелі және Леватит CNP (H^+) катионалмастырғышы бойынша алынған сорбция қисықтары 1-суретте көрсетілген. Полимер мен металл арасындағы 48 сағат әрекеттесуден кейін галлийдің қалдық концентрациясы айтарлықтай төмендеген. Катионалмастырғыштың сорбциялық қасиетіне көптеген факторлар әсер ететіні белгілі: комплекстүзуші заттың табиғаты мен концентрациясы, иондық түрі, ерітіндінің қышқылдығы, температура, ерітіндіде басқада комплекстүзуші заттардың және металл иондарының кездесуі, катионалмастырғыштағы тігуші агенттің концентрациясы, және т.б. (Ehrlich et al., 2017). Ерітіндімен шайыр арасындағы тепе-теңдік Леватит CNP (H^+) үшін 24 сағаттан кейін орнаған. Мұнда галлидің қалдық концентрациясы 20.71 мг/л. 48 сағаттан кейін - 19.76 мг/л. Ал ПАҚ гидрогелі үшін сорбция 48 сағатта максималды жүрген - 13.79 мг/л. Катионалмастырғыштағы тігуші агенттің концентрациясы полимердің құрылымына әсер ететіндіктен, бұл жағдайда полиакрилқышқылды гидрогелінің сорбциялық сымдылығы жоғары екені байқалады.



Сурет 1 - Уақытқа байланысты Ga (III) концентрациясының өзгерісі

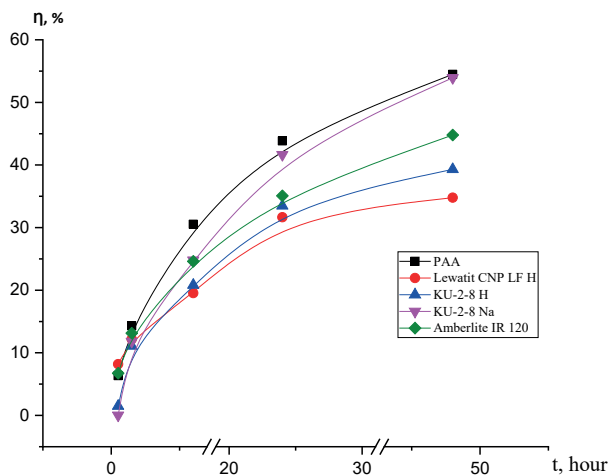
Келесі 2-суретте күшті қышқылды сульфокатиониттердің сорбциясы барысындағы Ga (III) иондарының концентрациясының өзгерісі берілген. Сульфокатиониттер қарапайым және химиялық инертті матрицаға ие, біртекті мономер бірліктері бар дивинилбензолмен стиролдың сополимері. Бұл ион алмастырғыштардың функционалды сульфотоптары спецификалы және көптеген катиондармен әрекеттеседі.

Зерттеу нәтижелерінен әрекеттесу уақытының артуымен барлық сорбенттерде сорбция дәрежесі артқаны байқалады. Ga (III) иондарының жоғары сорбциясы КУ-2-8 (Na^+) ион алмастырғышында басқа аналогтармен салыстырғанда айтарлықтай жоғары жүрген. Әдебиеттердегі мәліметтерге сүйене отырып, мұны катиониттің иондық түрі мен табиғатына және конформациялық өзгерісіне байланысты түсіндіруге болады (Nesterov, 2007). Полимердің сулы ортада ісінуі құрылымындағы функционалды топқа және противоионға байланысты. Себебі катиониттің ісіну дәрежесі H^+ иондық түрінде гидратациялану санына қарай салыстырмалы түрде төмен болса, Na^+ түріне ауысқанда жоғарылайды. Сондай-ақ гидратталған күйдегі радиусы үлкен иондарға жоғары ісіну құбылысы тән болғандықтан, бұл катионалмастырғыштың конформациялық өзгерісіне әкеледі.



Сурет 2 - Уақытқа байланысты Ga (III) концентрациясының өзгерісі

Функционалды тобымен иондық түрі әртүрлі ионалмастырғыштардың галлий иондарын сору дәрежесі 3-суретте берілген. Алынған қисықтардан гель түріндегі ПАҚ гидрогелінің және күшті қышқылды микрокеуекті КУ-2-8 (Na^+) катионалмастырғышының галлий (III) катиондарына қатысты айтарлықтай жоғары алмасу қабілеті бар екені байқалады. Әлсіз қышқылды, макрокеуекті Леватит CNP LF (H^+) үшін сору дәрежесі 34.79%, ал гель түріндегі ПАҚг сору дәрежесі 54.49%.



Сурет 3 - Катионалмастырғыштардың Ga (III) иондарын сору дәрежесінің уақытқа байланысты өзгерісі

Полимер тізбегінің байланысу дәрежесі (2) теңдеу арқылы есептелді. Полимер тізбегінің галлий иондарымен байланысу дәрежесінің ең жоғары мәні 48 сағат әрекеттесуден кейін ПАҚ гидрогелінде 2.79% құрады (1-кесте). Тиімді динамикалық алмасу сыйымдылығы ПАҚГ, Леватит CNP LF (H^+) және КУ-2-8 (Na^+) ионалмастырғыштарында жоғары екені анықталды (2-кесте).

Кесте 1. Полимер тізбегінің байланысу дәрежесі, θ %

Әрекет.уақыты, сағ.	0.5	1.5	6	24	48
ПАҚГ	0.28	0.70	1.54	2.24	2.79
Леватит CNP LF (H^+)	0.38	0.58	0.97	1.60	1.76
КУ-2-8 (H^+)	-	0.53	1.04	1.70	2.00
КУ-2-8 (Na^+)	-	0.57	1.25	2.13	2.77
Amberlite IR120	0.30	0.63	1.23	1.78	2.29

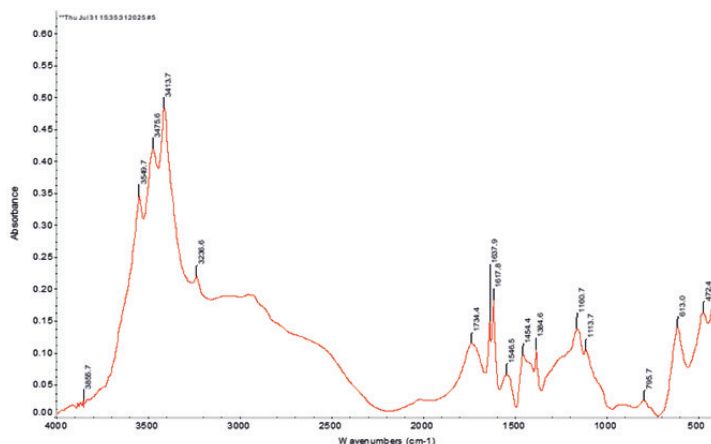
Кесте 2. Тиімді динамикалық алмасу сыйымдылығы, Q моль/г

Әрекет.уақыты, сағ.	0.5	1.5	6	24	48
ПАҚГ	0.000194	0.000483	0.00107	0.001553	0.001937
Леватит CNP LF (H^+)	0.000261	0.000405	0.000672	0.00111	0.001224
КУ-2-8 (H^+)	-	0.000147	0.000288	0.000472	0.000557
КУ-2-8 (Na^+)	-	0.000141	0.000309	0.000528	0.000687
Amberlite IR120	8.35E-05	0.000177	0.000343	0.000496	0.000637

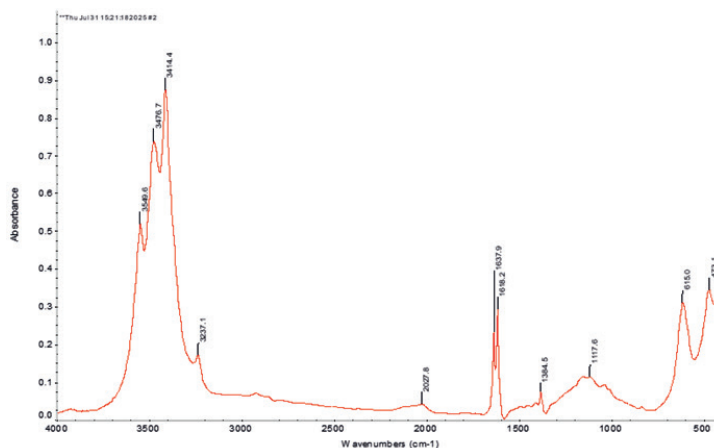
Галлий иондарына қаныққан полимерлердің (ПАҚ гидрогелі, КУ-2-8 (Na^+) ИҚ спектрлері алынды. ИҚ-спектрлік талдау галлий иондарының сорбциясы ПАҚ гидрогелінің функционалдық топтарындағы айқын құрылымдық өзгерістермен расталады (4-сурет). Сорбциядан кейін спектрде иондалмаған қышқылдың $C=O$

шыңының 1749.1 см^{-1} аймағында айтарлықтай әлсіреуі оның депротондалғанын білдіреді. Сондай-ақ, иондалған карбоксилаттың (COO^-) жолақтары күшейіп, ығысуы нәтижесінде 1617.8 см^{-1} және 1577.8 см^{-1} маңайында интенсивті асимметриялық тербеліс шыңдары пайда болады, бұл Ga (III) иондарының полимерлік матрицамен комплекс түзуін дәлелдейді.

5-суретте КУ-2-8 катионоалмастырғыш шайырының галлий иондарын сорбциялағаннан кейінгі ИҚ-спектрі көрсетілген. Спектрдегі өзгерістер КУ-2-8 (Na^+) шайырымен Ga (III) иондарының сорбциясы екі негізгі механизм бойынша жүргенін көрсетеді: 1. Ион алмасу: Ga (III) ионының шайырдағы H^+ ионын алмастыруына байланысты сульфотоптардың басты жолақтарының ығысуы (мысалы, $1037.6\text{ см}^{-1} \rightarrow 1117.6\text{ см}^{-1}$). 2. Координациялық байланыс: Төменгі жиілік аймағындағы 473.1 см^{-1} жолақтың пайда болуы галлий-оттек (Ga-O) координациялық байланыстарының түзілгенін растайды.



Сурет 4 - Галлий иондарының сорбциясынан кейін ПАҚ гидрогелінің ИҚ спектрі



Сурет 5 - Галлий иондарының сорбциясынан кейін КУ-2-8 ионоалмастырғыш шайырының ИҚ спектрі

Қорытынды. Қарастырылған ионалмастырғыштарды сорбциялық сипаттамаларына қарай (Ga (III) ионына қатысты) мына қатарға орналастыруға болады: $\text{ПАҚ} > \text{КУ-2-8 (Na}^+) > \text{Amberlite IR120} > \text{КУ-2-8 (H}^+) > \text{Леватит CNP (H}^+)$. Су ерітінділерінен Ga (III) катиондарын сорбциялауға тиімді сорбенттер ретінде ПАҚ гидрогелін және гель түріндегі микрокеукті КУ-2-8 (Na^+) катионалмастырғышын ұсынуға болады.

Әдебиеттер

<https://www.examples.com/chemistry/gallium.html#:~:text=Gallium%20is%20utilized%20in%20various,the%20development%20of%20innovative%20technologies>

Печищева Н.В., Коробицына А.Д. & Мельчакова О.В. (2020) Особенности сорбции галлия на механоактивированном диоксиде титана. Труды Кольского научного центра РАН. — 11(3-4). — С.97-103.

Ji Gu. (2025) Integration and performance optimization of gallium nitride barrier micro nano electromechanical systems in intelligent agricultural sensor networks. *Measurement: Sensors*. — Vol. 38. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2025.101814>

Popa L. & Weinstein D. (2013) 2DEG electrodes for piezoelectric transduction of AlGaIn/GaN MEMS resonators. Joint European Frequency and Time Forum and International Frequency Control Symposium, EFTF/IFC 2013. — P.922-925. <https://doi.org/10.1109/EFTF-IFC.2013.6702242>.

Shi J., Shao H., Wang K., Zhang T., Gong Y. & He Y. (2024) 3D-printed gallium-doped calcium silicate bioceramic scaffolds with high strength and osteogenesis-promoting properties. *Ceramics International*. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2024.12.533>.

Чиркст Д.Э., Черемисина О.В., Черемисина Е.А. & Пономарева М.А. (2013) Сорбция галлия из щелочных растворов на анионитах. Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. — 22. — С.14-22.

Cheremisinina O., Chirkst D. & Ponomareva M. (2013) Thermodynamic study of cerium sorption onto anionite from sulfate media. *Russian Journal of Physical Chemistry A*. — 87 (2). — P.294-300. <https://doi.org/10.1134/S0036024413020349>.

Пимнева Л.А. (2011) Ионообменный способ очистки галлия от примесей. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 10 (1). — С.82-83.

Hesamoddin G., Mohadeseh B. L., Mojtaba D., Mehrdad M. & Salman M. (2025) Optimized gallium extraction from Bayer liquor using ion exchange: Experimental modeling in batch mode and demonstration in continuous columns. *Results in Engineering*. — 27, 106753. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.106753>.

Nguyen T. H. & Lee M. S. (2019) A Review on Separation of Gallium and Indium from Leach Liquors by Solvent Extraction and Ion Exchange. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*. — 40(4). — P. 278–291. <https://doi.org/10.1080/08827508.2018.1538987>.

Jumadilov T.K., Kondaurav R.G., Abilov Z.A., Grazulevicius J.V. & Akimov A.A. (2017) Influence of polyacrylic acid and poly-4-vinylpyridine hydrogels mutual activation in intergel system on their sorption properties in relation to lanthanum (III) ions. *Polymer Bulletin*. — 74 (11). — P. 4701-4713. <https://doi.org/10.1007/s00289-017-1985-3>.

Jumadilov T.K., Suleimenova M.T. & Gražulevicius J.V. Selective Sorption of Gold Ions from Iron-Rich Solutions Using a Dual-Phase Interpolymer System. *Engineered Science*. — 35 (1482). <https://doi.org/10.30919/es1482>

Jumadilov T.K., Khimersen K., Haponiuk J.T. & Totkhuskyzy B. (2024) Enhanced Lutetium Ion Sorption from Aqueous Solutions Using Activated Ion Exchangers. *Polymers*. — 16. 220. <https://doi.org/10.3390/polym16020220>.

Эрлих Г.В. & Лисичкин Г.В. (2017) Сорбция в химии редкоземельных элементов. Журнал общей химии. — 6. — С.1001-1027.

Нестеров Ю. В. (2007) Иониты и ионообмен. Сорбционная технология при добыче урана и других металлов методом подземного выщелачивания. Москва: Юникор-Издат. — 480 с.

References

- <https://www.examples.com/chemistry/gallium.html#:~:text=Gallium%20is%20utilized%20in%20various,the%20development%20of%20innovative%20technologies> (in English)
- Pechishcheva N.V., Korobitsyna A.D. & Melchakova O.V. (2020). Osobennosti sorbtsii galliya na mekhanoaktivirovannom dioksidi titana [Features of gallium sorption on mechanically activated titanium dioxide]. Proceedings of the Kola Science Center of the RAS. — 11(3-4). — P.97-103. (in Russian)
- Ji Gu. (2025) Integration and performance optimization of gallium nitride barrier micro nano electromechanical systems in intelligent agricultural sensor networks. *Measurement: Sensors*. — Vol. 38. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2025.101814> (in English)
- Popa L. & Weinstein D. (2013). 2DEG electrodes for piezoelectric transduction of AlGaIn/GaN MEMS resonators. Joint European Frequency and Time Forum and International Frequency Control Symposium, EFTF/IFC 2013. — P. 922-925. <https://doi.org/10.1109/EFTF-IFC.2013.6702242> (in English)
- Shi J., Shao H., Wang K., Zhang T., Gong Y. & He Y. (2024) 3D-printed gallium-doped calcium silicate bioceramic scaffolds with high strength and osteogenesis-promoting properties. *Ceramics International*. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2024.12.533>. (in English)
- Chirkst D.E., Cheremisina O.V., Cheremisina E.A. & Ponomareva M.A. (2013) Sorbtsiya galliya iz shchelochnykh rastvorov na anionitakh [Gallium sorption from alkaline solutions on anion exchangers]. News of higher educational institutions. Non-ferrous metallurgy. — 22. — P. 14-22. (in Russian)
- Cheremisina O., Chirkst D. & Ponomareva M. (2013) Thermodynamic study of cerium sorption onto anionite from sulfate media. *Russian Journal of Physical Chemistry A*. — 87 (2). — P.294-300. <https://doi.org/10.1134/S0036024413020349> (in English)
- Pimneva L.A. (2011). Ionoobmennyy sposob ochistki galliya ot primesey [Ion-exchange method for purifying gallium from impurities]. *International Journal of Applied and Fundamental Research*. — 10 (1). — P.82-83. (in Russian)
- Hesamoddin G., Mohadeseh B. L., Mojtaba D., Mehrdad M. & Salman M. (2025). Optimized gallium extraction from Bayer liquor using ion exchange: Experimental modeling in batch mode and demonstration in continuous columns. *Results in Engineering*, 27, 106753. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.106753> (in English)
- Nguyen T.H. & Lee M.S. (2019) A Review on Separation of Gallium and Indium from Leach Liquors by Solvent Extraction and Ion Exchange. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*. — 40(4). — P. 278–291. <https://doi.org/10.1080/08827508.2018.1538987> (in English)
- Jumadilov T.K., Kondaurov R.G., Abilov Z.A., Gražulevicius J.V. & Akimov A.A. (2017) Influence of polyacrylic acid and poly-4-vinylpyridine hydrogels mutual activation in intergel system on their sorption properties in relation to lanthanum (III) ions. *Polymer Bulletin*. — 74 (11). — P. 4701–4713. <https://doi.org/10.1007/s00289-017-1985-3> (in English)
- Jumadilov T.K., Suleimenova M.T. & Gražulevicius J.V. (2025) Selective Sorption of Gold Ions from Iron-Rich Solutions Using a Dual-Phase Interpolymer System. *Engineered Science*. — 35 (1482). <https://doi.org/10.30919/es1482> (in English)
- Jumadilov T.K., Khimersen K., Haponiuk J.T. & Totkhuskyzy B. (2024). Enhanced Lutetium Ion Sorption from Aqueous Solutions Using Activated Ion Exchangers. *Polymers*. — 16. 220. <https://doi.org/10.3390/polym16020220> (in English)
- Erlch G.V. & Lisichkin G.V. (2017) Sorbtsiya v khimii redkozemel'nykh elementov [Sorption in the chemistry of rare earth elements]. *Russian Journal of General Chemistry*. — 6. — P.1001-1027. (in Russian)
- Nesterov Yu.V. (2007) Ionity i ionoobmen. Sorbtsionnaya tekhnologiya pri dobyche urana i drugikh metallov metodom podzemnogo vyshchelachivaniya [Ion exchangers and ion exchange. Sorption technology in the extraction of uranium and other metals by underground leaching]. Moscow: Unicor-Izdat. — 480 p. (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 23.12.2025.

Формат 60х88^{1/8}. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

13,5 п.л. Заказ 4.

«Central Asian Academic Research Center» LLP

Алматы, Қонаев к-сі, 142