

**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 Жұрынұлы, 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 Бурханбайұлы, 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 Драметович, 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
Kabdrasova 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., Abdyl daev 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
Сейтмағзимова 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., Тоқтар 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
Тлеуова 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

© Suleimenova M.^{1*}, Jumadilov T.^{1,2}, Gražulevičius J.³, 2026.

¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan;

²JSC A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences, Almaty, Kazakhstan;

³Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania.

E-mail: suleimenova.me@gmail.com

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

Suleimenova Meruyert — PhD student, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: suleimenova.me@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0773-2450>;

Jumadilov Talkybek — Head of the Laboratory of Polymer Synthesis and Physicochemistry, Doctor of Chemical Sciences, Professor, A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences JSC, Abai Kazakh National Pedagogical University Almaty, Kazakhstan,

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

Gražulevičius Juozas Vidas — Doctor of Chemical Sciences, Professor, Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania,

E-mail: juozas.grazulevicius@ktu.lt, <https://orcid.org/0000-0002-4408-9727>.

Abstract. The scientific article presents the results of a study on the sorption and kinetic properties of Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) and Lewatit(Na⁺)–AV-17-8(Cl⁻) interpolpolymer systems for the extraction of gold and iron ions from cyanide solutions. The relevance of the study lies in the development of effective sorption systems capable of selectively extracting gold ions from cyanide solutions containing iron complexes. In the course of the study, interpolpolymer systems were prepared at different molar ratios, and sorption and desorption processes at various component ratios were investigated. The ionic composition of the solutions was determined by atomic emission spectroscopy (ThermoScientific iCAP PRO XP), while the interaction mechanism between the sorbent and metallocyanide complexes was studied using Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR). Sorption kinetics were analyzed using the pseudo-second-order model. The results showed that the Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) system exhibited higher distribution and selectivity coefficients for $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ ions compared to the Lewatit(Na⁺)–AV-17-8(Cl⁻) system, especially at molar ratios of 4:2 and 1:5 ($\beta > 2.9$). Sorption kinetics were well described by the pseudo-second-order model (R^2

= 0.9896–0.9999). In the Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) system, k_2 values ranged from 0.016 to 0.520 g·mg⁻¹·h⁻¹, while in the Lewatit(Na⁺)–AV-17-8(Cl⁻) system they ranged from 0.055 to 0.658 g·mg⁻¹·h⁻¹. FTIR analysis showed that quaternary ammonium groups participate in the binding of metalcyanide complexes. Desorption experiments demonstrated that both systems were capable of regenerating [Au(CN)₂]⁻ ions with a high degree of efficiency (94.45–99.82%). The obtained results indicate that the Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) interpolymer system is capable of selectively sorbing gold ions in cyanide media containing iron complexes and confirm the scientific validity of further investigation of this system.

Keywords: interpolymer systems, selective sorption, sorption kinetics, cyanide solutions, pseudo-second-order model

For citations: Suleimenova M., Jumadilov T., Gražulevičius J. S 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. Academic Scientific Journal of Chemistry, 2026. — No.2. — P. 305-318. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1491.379>

© Сулейменова М.^{1*}, Джумадилов Т.^{1,2}, Гражулявичюс Ю.³, 2026.

¹ Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан;

² «Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты» АҚ,
Алматы, Қазақстан;

³ Каунас технологиялық университеті, Каунас, Литва.
E-mail: suleimenova.me@gmail.com

ЦИАНИДТІ ЕРІТІНДІЛЕРДЕН АЛТЫН МЕН ТЕМІР ИОНДАРЫН LEWATIT(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) ЖӘНЕ LEWATIT(Na⁺)–AV-17-8(Cl⁻) ИНТЕРПОЛИМЕРЛІК ЖҮЙЕЛЕРІМЕН СЕЛЕКТИВТІ СОРБЦИЯЛАУ

Сулейменова Меруерт — PhD докторант, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан,

E-mail: suleimenova.me@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0773-2450>;

Джумадилов Талқыбек — Полимерлер синтезі және физика-химия зертханасының меңгерушісі, химия ғылымдарының докторы, профессор, «А.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан,
E-mail: jumadilov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9505-3719>;

Гражулявичюс Юозас Видас — химия ғылымдарының докторы, профессор, Каунас технологиялық университеті, Каунас, Литва,
E-mail: juoas.grazulevicius@ktu.lt, <https://orcid.org/0000-0002-4408-9727>.

Аннотация. Ғылыми мақалада цианид ерітінділерінен алтын мен темір иондарын бөліп алу мақсатында Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) және Lewatit(Na⁺)–AV-17-8(Cl⁻) интерполимерлік жүйелерінің сорбциялық және кинетикалық қасиеттерін зерттеу бойынша нәтижелер келтірілген. Зерттеу жұмысының өзектілігі құрамында темір кешендері бар цианидті ерітінділерден алтын иондарын

селективті түрде бөліп алуға қабілетті тиімді сорбциялық интерполимерлі жүйелерді әзірлеу болып табылады. Жүргізілген зерттеу жұмысында интерполимерлік жүйелер әртүрлі мольдік қатынастарда дайындалды және компоненттердің әртүрлі мольдік қатынастарындағы сорбция және десорбция процестері қарастырылды. Ерітінділердің иондық құрамы атомдық-эмиссиялық спектроскопия (ThermoScientific iCAP PRO XP) әдісімен, ал сорбент пен металлоцианид кешендері арасындағы өзара әрекеттесу механизмі ИҚ-Фурье спектроскопиясы (FTIR) арқылы зерттелді. Сорбция кинетикасы псевдо-екінші ретті модель негізінде талданды. Нәтижелер Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) жүйесі Lewatit(Na⁺)–AV-17-8(Cl⁻) жүйесімен салыстырғанда [Au(CN)₂]⁻ иондары бойынша жоғары таралу және селективтілік коэффициенттерін көрсететінін анықтады, әсіресе 4:2 және 1:5 мольдік қатынастарында айқын байқалды ($\beta > 2,9$). Сорбция кинетикасы псевдо-екінші ретті (ПЕР) модельмен сипатталды ($R^2 = 0,9896–0,9999$). Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) жүйесінде k_2 мәндері 0,016-дан 0,520 г·мг⁻¹·сағ⁻¹, ал Lewatit(Na⁺)–AV-17-8(Cl⁻) жүйесінде 0,055-тен 0,658 г·мг⁻¹·сағ⁻¹ аралығында болды. ИҚ-спектрлік талдау төрттік аммоний топтарының металлоцианид кешендерін байланыстыруға қатысатынын көрсетті. Десорбция нәтижелері екі жүйенің де [Au(CN)₂]⁻ иондарын жоғары дәрежеде регенерациялай алатынын көрсетті (94,45 – 99,82%). Алынған нәтижелер Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) интерполимерлік жүйесінің темір кешендері бар цианидті ортада алтын иондарын селективті түрде сорбциялауға қабілетті екенін көрсетеді және аталған жүйені одан әрі зерттеудің ғылыми негізділігін растайды.

Түйін сөздер: интерполимерлік жүйелер, селективті сорбция, сорбция кинетикасы, цианид ерітінділері, псевдо-екінші ретті модель

© Сулейменова М.^{1*}, Джумадилов Т.^{1,2}, Гражулявичюс Ю.³, 2026.

¹ Казахский национальный педагогический университет им.Абая,

Алматы, Казахстан;

² АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан;

³ Каунасский технологический университет, Каунас, Литва.

mail: suleimenova.me@gmail.com

СЕЛЕКТИВНОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ЗОЛОТА И ЖЕЛЕЗА ИЗ ЦИАНИДНЫХ РАСТВОРОВ ИНТЕРПОЛИМЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ LEWATIT(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) И LEWATIT(Na⁺)–AV-17-8(Cl⁻)

Сулейменова Меруерт — PhD докторант, Казахский национальный педагогический университет им. Абая, Алматы, Казахстан,

E-mail: suleimenova.me@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0773-2450>;

Джумадилов Талкыбек — заведующий лабораторией синтеза полимеров и физико-химии, доктор химических наук, профессор, АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», Казахский национальный педагогический университет им.Абая, Алматы, Казахстан,

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

Гражулявичюс Юозас Видас — доктор химических наук, профессор, Каунасский технологический университет, Каунас, Литва,

E-mail: juozas.grazulevicius@ktu.lt, <https://orcid.org/0000-0002-4408-9727>.

Аннотация. В статье представлены результаты исследования сорбционных и кинетических свойств интерполимерных систем Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) и Lewatit(Na⁺)–AV-17-8(Cl⁻), предназначенных для извлечения ионов золота и железа из цианидных растворов. Актуальность работы обусловлена необходимостью создания эффективных сорбционных систем, способных селективно извлекать золото из цианидных растворов, содержащих железосодержащие комплексы. В ходе исследования интерполимерные системы формировали при различных мольных соотношениях компонентов, после чего изучали процессы сорбции и десорбции. Ионный состав растворов определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой на приборе Thermo Scientific iCAP PRO XR. Механизм взаимодействия сорбентов с металлоцианидными комплексами исследовали методом ИК-спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR). Кинетику сорбции анализировали с использованием модели псевдовторого порядка. Установлено, что система Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) характеризуется более высокими коэффициентами распределения и селективности по отношению к ионам [Au(CN)₂]⁻ по сравнению с системой Lewatit(Na⁺)–AV-17-8(Cl⁻), особенно при мольных соотношениях 4:2 и 1:5 ($\beta > 2,9$). Кинетические данные хорошо описываются моделью псевдовторого порядка ($R^2 = 0,9896–0,9999$). Для системы Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) значения k_2 изменялись в пределах 0,016–0,520 г·мг⁻¹·ч⁻¹, тогда как для системы Lewatit(Na⁺)–AV-17-8(Cl⁻) – 0,055–0,658 г·мг⁻¹·ч⁻¹. ИК-спектральный анализ показал участие четвертичных аммониевых групп в связывании металлоцианидных комплексов. Эксперименты по десорбции подтвердили, что обе системы способны регенерировать ионы [Au(CN)₂]⁻ с высокой эффективностью – 94,45–99,82 %. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности интерполимерной системы Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) для селективного извлечения золота из цианидных растворов, содержащих комплексы железа.

Ключевые слова: интерполимерные системы, селективная сорбция, цианидные растворы, золото, железо, металлоцианидные комплексы, кинетика сорбции, модель псевдовторого порядка

Кіріспе. Алтын электроника, есептеуіш техника, денсаулық сақтау және агроарыш өнеркәсібі сияқты жоғары технологиялық салаларда кеңінен қолданылады. Бұл металдың ерекше маңыздылығы оның жоғары электрөткізгіштігімен, пластикалылығымен, коррозияға төзімділігімен және каталикалық белсенділігімен анықталады (Cai et al., 2025). Байытылмайтын ұсақ алтын кендерін өндеуде гидрометаллургиялық технологиялар кеңінен қолданылады. Гидрометаллургиялық өндеудің негізі ретінде алтынды сілтілік және сілтілік-жер металдарының цианид ерітінділерінде тотықтырғыштар қатысында еріту процесі қарастырылады. Цианидті шаймалау процесі оттегінің қатысуымен сілтілі ортада алтынның цианид иондарымен кешен түзуіне негізделеді, бұл төменде келтірілген реакция арқылы сипатталады (Birich et al., 2019; Neag et al., 2021).



Цианирлеу процесінен кейін ерітіндіге өткен алтынды өнеркәсіпте белсендірілген көмірде адсорбциялау арқылы бөліп алады (Barzack et al., 2015). Адсорбциядан кейін қаныққан белсендірілген көмір алтынды десорбциялау сатысына жіберіледі. Алайда, белсендірілген көмір, жоғары сорбциялық сыйымдылығы мен жылдам кинетикалық сипаттамаларына қарамастан, бірқатар кемшіліктерге ие, соның ішінде көп компонентті цианид ерітінділеріндегі шектеулі селективтілігі, механикалық деградацияға бейімділік және энергияны талап ететін регенерацияның қажеттілігі, бұл жоғары селективтілігі мен пайдалану тұрақтылығы бар балама сорбенттерді әзірлеудің өзектілігін көрсетеді (Tarfuma et al., 2026).

Көптеген кендерде алтын темірқұрамды минералдармен, атап айтқанда пирит, пирротин және арсенопиритпен тығыз ассоциацияда кездеседі (Bas et al., 2018). Сондықтан құрамында темір иондары бар көпкомпонентті жүйелерден Au(I)-ді селективті түрде бөліп алу күрделі мәселе болып табылады, өйткені Fe(II) иондарының болуы сорбция тиімділігін төмендетіп, компоненттерді бөлуді қиындатады және процестің технологиялық көрсеткіштерін нашарлатуы мүмкін (Mondal et al., 2026).

Әдеби шолу. Ионалмастырғыш шайырлар алтынды бөліп алу үдерісінде қолданылатын материалдардың бірі болып табылады, себебі олар жоғары алмасу сыйымдылығымен, химиялық тұрақтылығымен және агрессивті ортада регенерациялану мүмкіндігімен ерекшеленеді. Катионалмастырғыш және анионалмастырғыш матрицаларды қолдану арқылы жасалынатын интерполимерлік жүйелер сорбциялық қасиеттерін өзгерту мүмкіндігімен ерекшеленеді. Соңғы зерттеулерге сәйкес, мұндай жүйелерде қашықтан өзара әрекеттесу әсері, полимер тізбектерінің өзара активтенуі және функционалдық топтардың қолжетімділігінің өзгеруі байқалған, бұл олардың алтын иондарымен әрекеттесу ерекшеліктеріне әсер етеді (Biswas et al., 2026; Marin et al., 2024; Jumadilov et al., 2025).

Алтынды темірден селективті түрде бөліп алу мәселесі күрделі минералдық және техногендік шикізатты өңдеу кезінде ерекше маңызға ие, өйткені темір алтынмен қатар жүретін негізі компоненттердің бірі болып табылады. Ионалмастырғыш материалдарды қолдану алтынды бөліп алудың селективтілігін арттыруға мүмкіндік беретіні көрсетілген, алайда процестің тиімділігі сорбент табиғатына, жүйе компоненттерінің арақатынасына және десорбция жағдайларына едәуір тәуелді.

Зерттеуде Fe(II) иондарының қатысында Au(I) иондарын селективті бөліп алу үшін Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) және Lewatit(Na⁺)–AV-17-8(Cl⁻) негізіндегі интерполимерлік жүйелерді қолдану мүмкіндігі зерттелді және екі жүйенің тиімділігі салыстырылды. Жұмыста жүйе компоненттерінің мольдік арақатынасының сорбциялық сыйымдылыққа, селективтілікке, кинетикаға және алтынның десорбция тиімділігіне әсеріне назар аударылды. Мұндай тәсіл асыл металдардың селективті сорбциясы механизмдері туралы түсінікті кеңейтуге мүмкіндік береді және алтынқұрамды гидрометаллургиялық ерітінділерді өңдеудің жаңа технологияларын әзірлеуде қолданылуы мүмкін.

Материалдар мен зерттеу әдістері.

Интерполимерлік жүйелерді алу үшін Lewatit(H⁺) және AV-17-8(OH⁻), сондай-ақ Lewatit(Na⁺) және AV-17-8(Cl⁻) ионалмастырғыштары таңдалды. Иониттер алдын ала берілген мольдік қатынастарда (6:0, 5:1, 4:2, 3:3, 2:4, 1:5 және 0:6) дайындалып, жалпы мөлшері тұрақты сақталды. Иониттер арасындағы арақашықтық ерітінді ортасында қашықтан әрекеттесу процесінің жүруін қамтамасыз етті. Сорбция процесі құрамында 30 мг/л [Au(CN)₂]⁻ және 30 мг/л [Fe(CN)₆]⁴⁻ бар модельді ерітінділерде жүргізілді. Сынамалар келесі уақыт аралықтарында алынды: 0,5; 1; 2,5; 24; 48 сағат. Ерітінді көлемі 200 мл құрады. 48 сағаттан кейін иониттер десорбция процесі үшін ерітіндіден бөлініп алынды. Ерітіндідегі алтын мен темірдің қалдық концентрациялары толқын ұзындығы 167.021–852.145 нм аралығында жұмыс жасайтын және өлшеу қателігі 1%-дан аспайтын индуктивті байланысқан плазмалы оптикалық эмиссиялық спектроскопия (ICP-OES) әдісімен ICAP PRO XP спектрометрінде (Thermo Fisher Scientific, Уинсфорд, Ұлыбритания) анықталды. Полимерлердің құрылымдық сипаттамаларын зерттеу үшін функционалдық топтарды анықтауға арналған ИҚ-Фурье спектроскопиясы (FTIR) қолданылды.

Эксперименттік деректерді өңдеу.

Интерполимерлік жүйелердің сорбциялық қасиеттерін анықтау үшін металл иондарының сорбциялану дәрежесі, таралу коэффициенті және селективтілік коэффициенттері есептелді. Металдардың сорбциялану дәрежесі (η , %) келесі теңдеу бойынша анықталды:

$$\eta = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

мұндағы: C_0 – ерітіндідегі металл ионының бастапқы концентрациясы, мг/л; C_e – металл иондарының ерітіндідегі қалдық концентрациясы, мг/л.

Ионның ерітіндімен ионалмастырғыш шайыр арасында таралу коэффициенті (K_d) төмендегі формула бойынша есептелді:

$$K_d = \frac{(C_0 - C_e)}{C_e} \times \frac{V}{m} \quad (3)$$

мұндағы: C_0 – металл ионының бастапқы концентрациясы, мг/л; C_e – металл иондарының ерітіндідегі қалдық концентрациясы, мг/л. V – ерітінді көлемі, л; m – сорбент массасы, г.

Интерполимерлік жүйенің алтын иондарына селективтілігі селективтілік коэффициенті арқылы анықталды:

$$\beta = \frac{K_d(Au)}{K_d(Fe)} \quad (4)$$

мұндағы: $K_d(Au)$ және $K_d(Fe)$ – сәйкесінше алтын мен темір иондарының таралу коэффициенттері. Егер $\beta > 1$ болса жүйенің алтынға деген басым селективтілігін көрсетеді, ал $\beta < 1$ мәні темір иондарының алтынмен салыстырғанда артық сорбциялануын білдіреді.

Сорбция кинетикасын сипаттау үшін псевдо-бірінші ретті (ПБР) және псевдо-екінші ретті (ПЕР) кинетикалық модельдер пайдаланылды.

Псевдо-бірінші ретті моделі үшін келесі формула пайдаланылды:

$$q_t = q_e (1 - \exp(-k_1 t)) \quad (5)$$

мұндағы: q_t – уақыт мезетіндегі сорбциялық сыйымдылық, мг/г; q_e – тепе-теңдік сорбциялық сыйымдылық, мг/г; k_1 – псевдо-бірінші ретті модельдің жылдамдық константасы, $\text{г} \times \text{мг}^{-1} \times \text{сағ}^{-1}$; t – сорбция уақыты.

Псевдо-екінші ретті моделі үшін келесі формула пайдаланылды:

$$q_t = \frac{k_2 q_e^2 t}{1 + k_2 q_e t} \quad (6)$$

мұндағы: q_t – уақыт мезетіндегі сорбциялық сыйымдылық, мг/г; q_e – тепе-теңдік сорбциялық сыйымдылық, мг/г; k_2 – псевдо-екінші ретті модельдің жылдамдық константасы, $\text{г} \times \text{мг}^{-1} \times \text{сағ}^{-1}$; t – сорбция уақыты.

Металдардың десорбциясы.

Десорбция процесі 2%-дық күкірт қышқылы және 9%-дық тиомочевина қоспасынан тұратын ерітіндімен жүргізілді. $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ және $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ иондарының десорбциялану дәрежесі келесі формулаға сәйкес есептелді:

$$R = \frac{m_{\text{desorp}}}{m_{\text{sorp}}} \times 100 \quad (7)$$

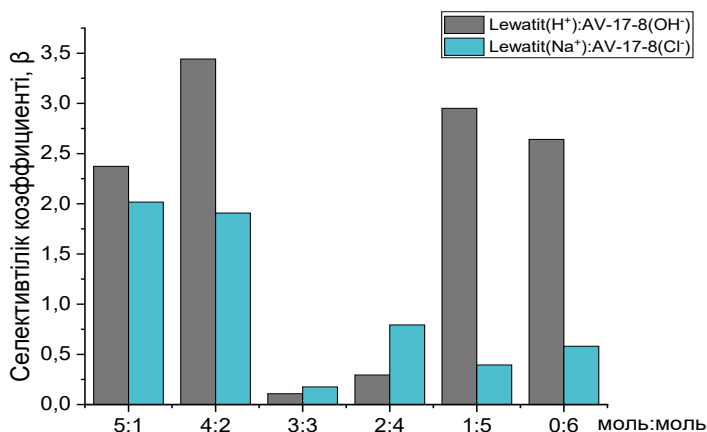
мұндағы: m_{sorp} – сорбция процесінен кейінгі сорбцияланған метал иондарының массасы, мг; m_{desorp} – ерітіндіге десорбцияланған иондардың массасы, мг.

Зерттеу нәтижелері және талқылау.

Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) және Lewatit(Na⁺)–AV-17-8(Cl⁻) интерполимерлік жүйелері негізіндегі сорбция нәтижелері. Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) және Lewatit(Na⁺)–AV-17-8(Cl⁻) интерполимерлік жүйелерінің сорбциялық қасиеттерін салыстыру нәтижелері екі жүйеде де $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ және $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ иондарының сорбциялану дәрежесі уақыттың артуымен жоғарылайтынын көрсетті. Сорбция нәтижелерін салыстыру барысында екі жүйеде де AV-17-8 үлесінің ұлғаюы $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ мен $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ бөліп алу дәрежесінің өсуімен қатар жүретіні анықталды. Жеке Lewatit(H⁺) сорбентінің 6:0 мольдік қатынасындағы сорбциялық белсенділігінің төмен болуы оның күшті қышқылды катионалмастырғыш H⁺-формасы болуымен түсіндіріледі, ал зерттелетін $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ мен $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ аниондық сипатқа ие болғандықтан катионитпен әрекеттесуі шектелген (Dizge et al., 2009). Алғашқы сағаттарда сорбция қарқынды жүріп, 24–48 сағат аралығында тепе-теңдік күйіне жақындады. Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) жүйесінде AV-17-8 үлесінің артуымен $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ иондарының сорбциялану дәрежесі едәуір жоғарылап, 4:2 арақатынасында 48 сағаттан кейін 97,29%-ға жетті. Сонымен қатар, 2:4, 1:5 және 0:6 арақатынастарында да алтынның жоғары

дәрежеде сорбциялануы байқалды. $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ иондары да жоғары дәрежеде сорбцияланғанымен, таралу және селективтілік коэффициенттерінің нәтижелері бұл жүйенің $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ иондарына қатысты артықшылыққа ие екенін көрсетті. Lewatit(Na^+)-AV-17-8(Cl^-) жүйесінде $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ иондарының сорбциялану дәрежесі уақыт өте жоғары мәндерге жеткенімен, көптеген арақатынастарда $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ иондарының қатар сорбциялануы байқалды. Нәтижесінде бұл жүйе үшін алтын мен темір кешендерінің бөліну тиімділігі төменірек болды.

$[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ және $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ иондарының таралу және селективтілік коэффициенттері. Lewatit(H^+)-AV-17-8(OH^-) және Lewatit(Na^+)-AV-17-8(Cl^-) интерполимерлік жүйелері үшін селективтілік коэффициенттерінің мәндері 1-суретте көрсетілген. Таралу коэффициенттерін салыстыру нәтижелері Lewatit(H^+)-AV-17-8(OH^-) интерполимерлік жүйесінде $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ иондарының сорбциясы басым жүретіні байқалды. Бұл жүйе үшін селективтілік коэффициентінің β ең жоғары мәндері 4:2 және 1:5 арақатынастарында байқалды, бұл алтынның цианидті кешендерінің темірдің ферроцианидті кешендерімен салыстырғанда тиімдірек сорбцияланатынын көрсетеді. Ал 3:3 және 2:4 арақатынастарында β коэффициентінің 1-ден төмен болуы $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ иондарының салыстырмалы түрде басым сорбцияланатынын білдіреді. Lewatit(Na^+)-AV-17-8(Cl^-) жүйесі үшін селективтілік коэффициентінің β мәндері жалпы алғанда төмен болды. β ең жоғары мәндері 5:1 және 4:2 арақатынастарынла тіпкелді. Ал 1:5 және 0:6 арақатынастарында $\beta = 0,394$ және $0,581$ құрап, $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ иондарының басым сорбцияланатынын көрсетті. Lewatit(H^+)-AV-17-8(OH^-) жүйесінде байқалған жоғары $K_d(\text{Au})$ мәндері қышқылды және негізді иониттердің қашықтан өзара әсерлесуі нәтижесінде функционалдық топтардың иондану дәрежесінің артуымен және OH^- -формасындағы AV-17-8 сорбентінде аниондық алтын кешендерінің алмасу процесінің жеңілдеуімен байланысты болуы мүмкін.



Сурет 1 — Lewatit(H^+)-AV-17-8(OH^-) және Lewatit(Na^+)-AV-17-8(Cl^-) интерполимерлік жүйелерінің $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ ионына селективтілік коэффициенттері.

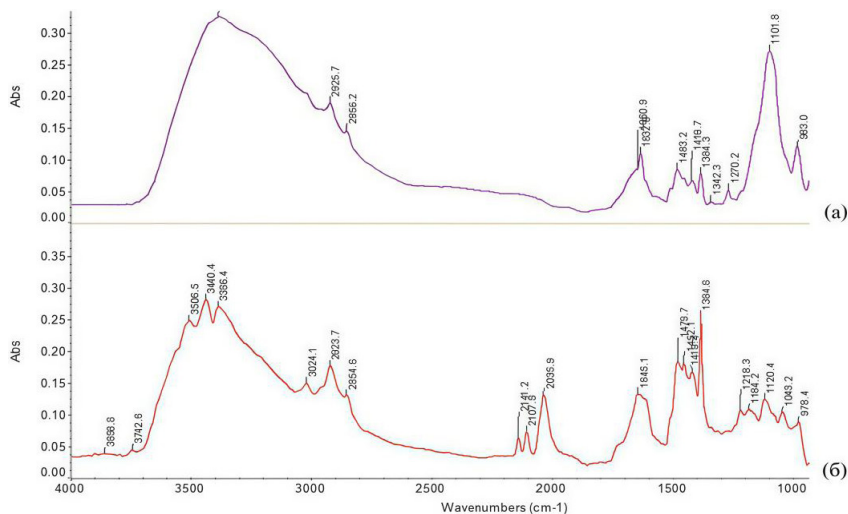
Lewatit(H)-AV-17-8(OH) және *Lewatit(Na)-AV-17-8(Cl)* интерполимерлік жүйелері үшін кинетикалық зерттеулер нәтижесі. Псевдо-бірінші ретті кинетикалық модельдің нәтижелері аппроксимациялық параметрлерінің мәндері өте төмен болғандықтан мақалада көрсетілмеді. Сондықтан сорбция кинетикасын одан әрі талқылау псевдо-екінші ретті кинетикалық моделі арқылы сипатталды. 1-кестеде көрсетілген мәндерге сәйкес, екі жүйе үшін де тепе-теңдік сорбциялық сыйымдылықтың есептелген мәндері $q_e^{\text{есеп}}$ тәжірибелік мәндермен $q_e^{\text{тәж}}$ жақсы сәйкескелетіні анықталды, бұл псевдо-екінші ретті модельдің сорбция кинетикасын сипаттауға жоғары қолданылымдылығын көрсетеді. *Lewatit(H)-AV-17-8(OH)* жүйесі үшін $q_e^{\text{тәж}}$ мәндері 26,81-ден 21,11 мг/г-ға дейін өзгереді, ал сәйкес $q_e^{\text{есеп}}$ мәндері 28,33-тен 21,14 мг/г-ға дейін құрайды, ал детерминация коэффициенттері 0,9896–0,9999 аралығында орналасады. *Lewatit(Na⁺)-AV-17-8(Cl⁻)* жүйесі үшін де сорбциялық сыйымдылықтың тәжірибелік және есептелген мәндерінің жақын сәйкестігі байқалады: $q_e^{\text{тәж}}$ 17,30–29,41 мг/г құрайды, ал $q_e^{\text{есеп}}$ - 17,70–29,41 мг/г, R^2 мәндері 0,9997–0,9999 аралығында. Алынған деректер псевдо-екінші ретті модельдің екі зерттелген интерполимерлік жүйедегі сорбция кинетикасын жақсы сипаттайтынын көрсетеді. *Lewatit(H)-AV-17-8(OH)* жүйесі үшін k_2 жылдамдық константасы 5:1 қатынасынан 0:6 қатынасына өткенде 0,016-дан 0,520 г/(мг·сағ)-ға дейін артады, бұл AV-17-8(OH) үлесінің ұлғаюымен сорбция процесінің жылдамдауын білдіреді. Ұқсас үрдіс *Lewatit(Na)-AV-17-8(Cl)* жүйесі үшін де байқалады, мұнда k_2 мәндері 0,055-тен 0,658 г/(мг·сағ)-ға дейін артады. Алынған нәтижелер сорбция процесінің сорбенттің белсенді орталықтарында жүретіні және сорбцияланатын иондар мен интерполимерлік жүйенің функционалдық топтары арасындағы хемосорбциялық әрекеттесумен байланысты болуы мүмкін екенін көрсетеді (Parlar et al., 2026).

Кесте 1 — *Lewatit(H)-AV-17-8(OH)* және *Lewatit(Na⁺)-AV-17-8(Cl⁻)* интерполимерлік жүйелері үшін псевдо екінші ретті кинетикалық модель параметрлері

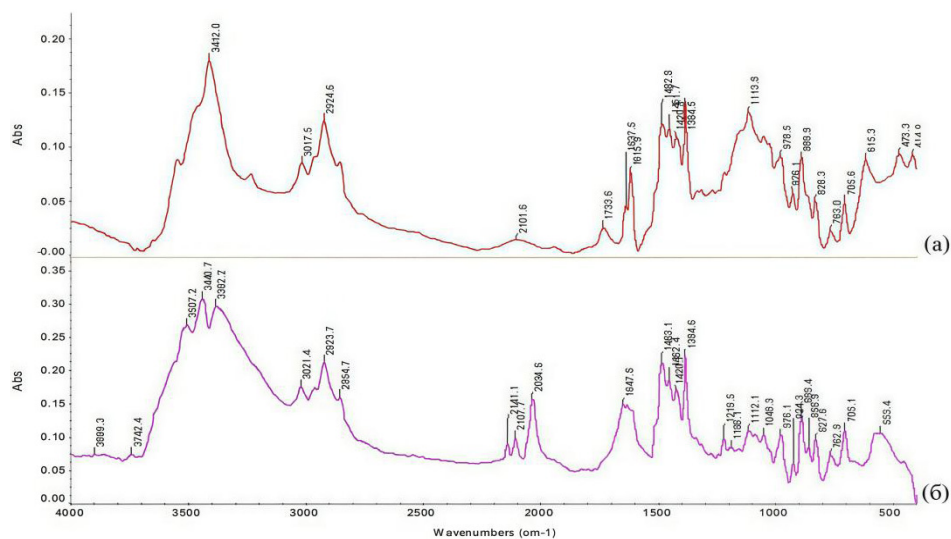
Кинетикалық модель	Параметр	Мольдік қатынас					
		5:1	4:2	3:3	2:4	1:5	0:6
Псевдо екінші ретті модель	<i>Lewatit(H⁺)-AV-17-8(OH⁻)</i>						
	$q_e^{\text{тәж}}$, мг/г	26,81	33,47	29,61	26,12	23,31	21,11
	$q_e^{\text{есеп}}$, мг/г	28,33	33,67	30,03	26,32	23,47	21,14
	k_2 , г×мг ⁻¹ ×сағ ⁻¹	0,016	0,079	0,056	0,114	0,168	0,520
	R^2	0,9896	0,9997	0,9995	0,9997	0,9999	0,9999
	<i>Lewatit(Na⁺)-AV-17-8(Cl⁻)</i>						
	$q_e^{\text{тәж}}$, мг/г	17,30	24,77	29,41	23,86	23,27	21,09
	$q_e^{\text{есеп}}$, мг/г	17,70	24,88	29,41	24,10	23,36	21,14
	k_2 , г×мг ⁻¹ ×сағ ⁻¹	0,055	0,142	0,096	0,075	0,366	0,658
	R^2	0,9997	0,9999	0,9997	0,9999	0,9999	0,9999

Lewatit(H⁺)-AV-17-8(OH⁻) және *Lewatit(Na⁺)-AV-17-8(Cl⁻)* интерполимерлік жүйелері үшін ИК-спектроскопия нәтижелері. 2, 3 – суреттерде $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$

$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ иондарын сорбциялағаннан кейінгі AV-17-8(OH⁻) және AV-17-8(Cl⁻) аниониттерінің ИҚ-спектрлері келтірілге. Спектрлерді талдау полистиролдивинилбензол матрицасының негізгі құрылымдық элементтері мен төрттік аммоний функционалдық топтарының сорбция процесінен кейін сақталатынын көрсетті. 3400 см⁻¹ маңайындағы кең жолақ сорбент құрамындағы су молекулаларының О–Н валенттік тербелістеріне сәйкес келеді. Сорбциядан кейін бұл жолақтың қарқындылығы мен пішінінің өзгеруі гидраттық қабықшадағы сутектік байланыстар құрылымының қайта ұйымдасуымен байланысты болуы мүмкін. 2920–2850 см⁻¹ аймағындағы С–Н валенттік тербелістерінің жолақтары іс жүзінде өзгеріссіз қалады, бұл полимер қаңқасының бұзылмағанын көрсетеді. 1650–1500 см⁻¹ диапазонында ароматты С=С байланыстарының және төрттік аммоний –N⁺(CH₃)₃ топтарының тербелістеріне сәйкес келетін жолақтар байқалады. Бұл аймақта тіркелген өзгерістер сорбция процесі барысында металлоцианидті кешендердің сорбентпен өзара әрекеттесуін көрсетеді. $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ және $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ иондарының сорбциялануының негізгі спектрлік белгісі 2150–2100 см⁻¹ аймағында орналасқан С≡N байланысының валенттік тербелістеріне сәйкес жолақтардың пайда болуы болып табылады. 1300–1000 см⁻¹ аймағында С–N және С–О байланыстарының валенттік тербелістеріне сәйкес келетін жолақтардың қарқындылығы мен орналасуында өзгерістер байқалады. Бұл құбылыс төрттік аммоний топтарының иондық алмасу процесіне қатысуымен және металлоцианидті кешендердің сорбент құрылымында бекітілуімен түсіндіріледі. Ұқсас өзгерістер әдебиетте аниониттер арқылы металлоцианидті кешендерді сорбциялау кезінде де сипатталған (Lin et al., 2025). ИҚ-спектрлердегі өзгерістер металлоцианидті кешендердің AV-17-8 анионитінің функционалдық топтарымен өзара әрекеттесуін және олардың сорбент құрылымында бекітілгенін көрсетеді.

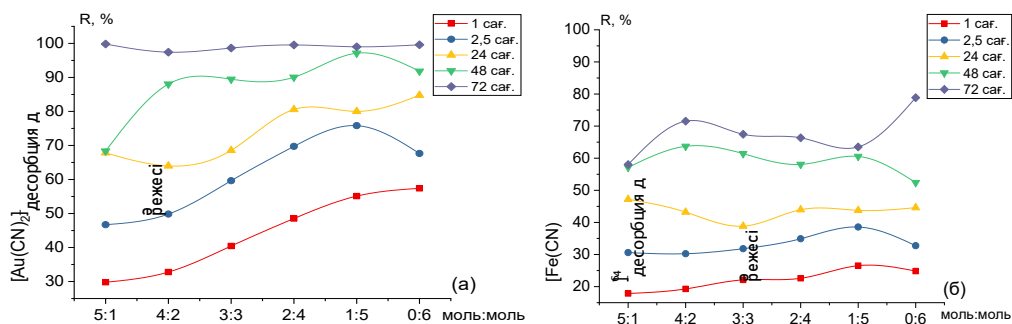


Сурет 2 — AV-17-8(OH⁻) анионитінің $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ және $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ иондарын сорбциялау процесіне дейінгі (а) және сорбция процесінен кейінгі (б) ИҚ-спектрлері.

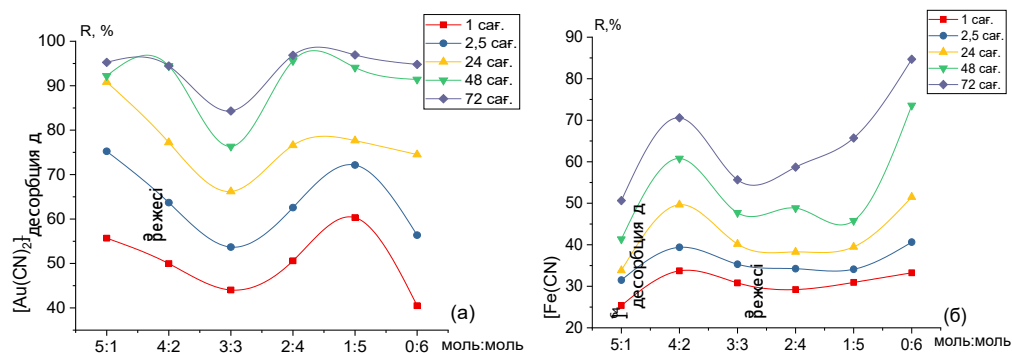


Сурет 3 — AV-17-8(Cl⁻) анионитінің $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ және $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ иондарын сорбциялау процесіне дейінгі (а) және сорбция процесінен кейінгі (б) ИК-спектрлері.

Lewatit(H)-AV-17-8(OH) және *Lewatit(Na)-AV-17-8(Cl)* интерполимерлік жүйелері үшін десорбция бойынша зерттеу нәтижелері. *Lewatit(H⁺)-AV-17-8(OH⁻)* жүйесі үшін $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ иондарының десорбция дәрежесі 72 сағаттан кейін 5:1 арақатынасында 99,82%-ға, 4:2 арақатынасында 97,42%-ға, 1:5 арақатынасында 99,01%-ға және 0:6 арақатынасында 99,59%-ға жетті. Алынған нәтижелер аталған интерполимерлік жүйеде $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ десорбциясы барлық дерлік арақатынастарда жоғары тиімділікпен жүреді. $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ иондары үшін ең төменгі көрсеткіш 5:1 арақатынасында байқалып, 58,03% - ды құрады. *Lewatit(Na⁺)-AV-17-8(Cl⁻)* жүйесінде $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ иондарының десорбция дәрежесі 72 сағаттан кейін 5:1 арақатынасында 95,25%, 4:2 арақатынасында 94,45%, 2:4 арақатынасында 96,85%, 1:5 арақатынасында 96,92% және 0:6 арақатынасында 94,80% болды. $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ иондары үшін ең төменгі мән 5:1 арақатынасында тіркеліп, 50,64%-ды құрады, ал 4:2 арақатынасында бұл көрсеткіш 70,58%-ға жетті. Қалған арақатынастарда $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ десорбциясы 55,65–84,69% аралығында өзгерді.



Сурет 4 — Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) интерполимерлік жүйесі үшін Au(I)(a), Fe(II)(б) десорбция нәтижелері



Сурет 5 — Lewatit(Na⁺)–AV-17-8(Cl⁻) интерполимерлік жүйесі үшін Au(I)(a), Fe(II)(б) десорбция нәтижелері

Жалпы алғанда, екі интерполимерлік жүйе де $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ иондарын жоғары дәрежеде десорбциялауға қабілетті екенін көрсетті, десорбция тиімділігі 94,45–99,82 аралығында болды. Ал $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ иондары үшін десорбция дәрежесіндегі айырмашылықтар темір кешендерінің сорбентпен әрекеттесу сипатының жүйе құрамына тәуелді екенін және зерттелген интерполимерлік жүйелердегі фазааралық өзара әсерлесу ерекшеліктерін көрсетеді.

Қорытынды. Жүргізілген зерттеу барысында $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ және $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ иондары бар модельді цианид ерітінділеріндегі Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) және Lewatit(Na⁺)–AV-17-8(Cl⁻) интерполимерлік жүйелерінің сорбциялық қасиеттері салыстырмалы түрде зерттеліп бағаланды. Алынған нәтижелер негізінде мынадай тұжырымдар жасалды:

1. Катионалмастырғыш және анионалмастырғыш компоненттердің мольдік арақатынасы $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ және $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ иондарының сорбциялану дәрежесіне тікелей әсер ететіні анықталды.

2. Lewatit(H⁺)–AV-17-8(OH⁻) жүйесі $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ иондарына қатысты жоғары тиімділік көрсетті. Әсіресе 4:2 және 1:5 мольдік арақатынастарында таралу және селективтілік коэффициенттерінің жоғары мәндері ($\beta > 2,9$) байқалды. Lewatit(Na⁺)–AV-17-8(Cl⁻) жүйесінде алтынның сорбциялануы тіркелгенімен, селективтілігі салыстырмалы төмен болды.

3. Кейбір мольдік арақатынастарда $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ иондарының қатар сорбциялануы алтынға деген селективтіліктің төмендеуіне алып келді, бұл жүйе құрамын оңтайландыру қажеттілігін айқындайды.

4. Сорбция кинетикасы псевдо-екінші ретті модельмен жақсы сипатталды ($R^2 = 0,9896-0,9999$), бұл модельдің тәжірибелік мәндермен жоғары сәйкестігін көрсетті.

5. ИҚ-Фурье спектроскопиялық талдау нәтижелері металлоцианид кешендердің сорбент құрылымында бекітілетінін көрсетті. Сорбциядан кейін $\text{C}\equiv\text{N}$ байланысына тән жолақтардың пайда болуы және төрттік аммоний топтарына сәйкес жолақтардың өзгеруі ион алмасу процесінің жүзеге асқанын көрсетеді.

6. Десорбция нәтижелері екі интерполимерлік жүйенің де $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ иондарын жоғары регенерация дәрежесімен бөліп шығаруға қабілетті екенін растады. $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ десорбциялану дәрежесінің жүйе құрамына тәуелділігі темір кешендерінің полимер матрицасымен байланысу беріктігінің әртүрлілігін көрсетеді.

References

- Cai A., Yang K., Xu L., Li M., Zhang W., Yang C., Tian Y., and Zhao Z. (2025) Mechanistic Study of Selective Gold Extraction by Aza-Crown Ether. *Separation and Purification Technology*, 376. — P.133974. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2025.133974> (in Eng.).
- Birich A., Stopic S., and Friedrich B. (2019) Kinetic Investigation and Dissolution Behavior of Cyanide Alternative Gold Leaching Reagents. *Scientific Reports*, 9. — P.7191. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-43383-4> (in Eng.).
- Barczak M., Michalak-Zwierz K., Gdula K., Tyszczyk-Rotko K., Dobrowolski R., and Dąbrowski A. (2015) Ordered Mesoporous Carbons as Effective Sorbents for Removal of Heavy Metal Ions. *Microporous and Mesoporous Materials*, 211. — P. 162–173. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2015.03.010> (in Eng.).
- Neag E., Kovacs E., Dinca Z., Török A.I., Varaticeanu C., and Levei E.A. (2021) Hydrometallurgical Recovery of Gold from Mining Wastes. *Strategies of Sustainable Solid Waste Management*. — P. 108–121. <https://doi.org/10.5772/intechopen.98212> (in Eng.).
- Tapfuma A., Mutimutema P., Bazhko O., Nkabinde S., Ledwaba M., Kabangu J.M., Chiwaye N., Muller E., and Ndlovu G. (2026) Gold Tailing Metal Extraction and Sustainable End-Use: A Closed-Loop Review. *Minerals Engineering*, 239. — P. 110075. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2026.110075> (in Eng.).
- Bas A.D., Larachi F., and Laflamme P. (2018) The Effect of Pyrite Particle Size on the Electrochemical Dissolution of Gold During Cyanidation. *Hydrometallurgy*, 175. — P. 367–375. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2017.12.016> (in Eng.).
- Mondal A., Saha R., Upadhyay D., Mallick S.P., Pruseth K.L., and Chakraborty A. (2026) A Machine Learning Approach in Type-Discrimination and Exploration of Gold Deposits Using Pyrite Trace Element Chemistry. *Journal of Geochemical Exploration*. — P. 108011. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2026.108011> (in Eng.).
- Biswas F.B., Rahman I., and Hasegawa H. (2026) Functionalized Biosorbents for the Sorption of Precious Metals from Waste Resources: A Review of Functionalization Methods, Sorption Mechanisms, and Post-Sorption Recovery Strategies. *Separation and Purification Technology*. — P. 137495. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2026.137495> (in Eng.).
- Marin N.M., Nita-Lazar M., Popa M., Galaon T., and Pascu L.F. (2024) Current Trends in Development and Use of Polymeric Ion-Exchange Resins in Wastewater Treatment. *Materials*, 17(23). — P.5994. <https://doi.org/10.3390/ma17235994> (in Eng.).

Jumadilov T., Kabzhalelov K., Malimbayeva Z., and Korganbayeva Z. (2025) Features of Selective Sorption of Neodymium and Praseodymium Ions by Interpolymer Systems Based on Industrial Sorbents KU-2-8 and AV-17-8. *Polymers*, 17(4). — P. 440. <https://doi.org/10.3390/polym17040440> (in Eng.).

Jumadilov T., Kabzhalelov K., Khimersen K., Totkhuskyzy B., and Mukatayeva Z. (2025) Study of the Kinetics of Sorption of Praseodymium and Neodymium Ions Using Interpolymer Systems Based on KU-2-8 and AB-17-8 in Salt Forms. *Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra = Complex Use of Mineral Resources*, 339(4). — P. 21–29. <https://doi.org/10.31643/2026/6445.37> (in Eng.).

Jumadilov T., and Kabzhalelov K. (2026) Features of Extraction of Neodymium Ions by Interpolymer Systems Based on Salt Forms of Industrial Ionites. *Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra = Complex Use of Mineral Resources*, 336(1). — P. 30–38. <https://doi.org/10.31643/2026/6445.03> (in Eng.).

Dizge N., Keskinler B., and Barlas H. (2009) Sorption of Ni(II) Ions from Aqueous Solution by Lewatit Cation-Exchange Resin. *Journal of Hazardous Materials*, 167(1–3). — P. 915–926. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.01.073> (in Eng.).

Parlar E.D., Sari M.A., Can M. (2026) Selective Recovery of Gold from Electronic Circuit Board Waste with Pyrogallol-Formaldehyde Polymer Based Resin. *Hydrometallurgy*. — P. 106633. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2026.106633> (in Eng.).

Lin X., Song M.H., Lei L., Tran D.T., Shu Y., Lim C.R., Wu X., Mao J., Yun Y.S. (2025) Rapid and Efficient Recovery of Au(I) from Cyanide Gold Leachate via Quaternary Ammonium-Functionalized Chitosan Fibers: Insights into Synthesis Mechanism and Adsorption Behavior. *Separation and Purification Technology*, 362. — P. 131830. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2025.131830> (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