

**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 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 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
Егисина 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

© **Akimbekova B.B., Karilkhan A., Zhorabek A.A., Bakyt Z.E., 2026.**
Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan.
E-mail: aia86@mail.ru

SELECTIVE FLOTATION OF SULFIDE COPPER ORES

Akimbekova Bakhyt — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan,

E-mail: akimbekova.b@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7413-1914>;

Zhorabek Aigul — «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», Karaganda, Kazakhstan,

E-mail: aia86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4309-9720>;

Karilkhan Aidynkul — «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», Karaganda, Kazakhstan,

E-mail: aidynkuljj@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1568-7904>;

Bakyt Zamira — Undergraduate student in Mineral Processing, «Abylkas Saginov Karaganda Technical University», Karaganda, Kazakhstan,

E-mail: zamira.bakyt@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1455-5069>.

Abstract. The article examines the conditions of selective flotation of galena from copper–sulfide ores. Selective flotation of galena occurs when elemental sulfur, which is hydrophobic, forms on its surface, while oxygen-containing compounds on the surface of copper sulfides exhibit increased wettability.

To identify compositional differences in the surface compounds of galena and copper sulfides (chalcocite, bornite, chalcopyrite), the effects of two stage-specific reagents were studied: sodium thiosulfate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$) and potassium ferricyanide $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. The flotation of the valuable minerals is carried out without collectors, based on the natural floatability of galena. On the chalcocite surface, the action mechanism of sodium thiosulfate consists in increasing hydrophilic oxygen-containing zones as a result of the formation of thiosulfate copper complexes. When interacting with the galena surface, sodium thiosulfate slows the oxidation of elemental sulfur and reduces sulfur within the surface layer, thereby enhancing its hydrophobization. IR spectroscopy results revealed the presence of elemental sulfur on the galena surface and of oxygen-containing compounds on copper minerals; differential thermal analysis determined the degree of mineral wettability. Mineralogical analysis established that sodium thiosulfate suppresses (inhibits) the flotation of chalcocite and bornite. To determine the degree of surface hydration of sulfide minerals, differential thermal analysis in combination with thermogravimetric analysis was employed. The differential thermal analysis curves

exhibited endothermic peaks caused by the desorption of physically bound water from the mineral surface upon heating. The degree of surface hydration was characterized by the onset temperature of the endothermic effect (t^0C), the proportion of adsorbed moisture relative to the total (n), and the desorption heat QD. A decrease in the onset temperature of the endothermic effect indicates an increase in surface hydrophobicity, since at lower temperatures the adsorbed moisture begins to evaporate, and consequently, the hydrogen bonds are weakened. The obtained results demonstrate that sodium thiosulfate creates favorable conditions for the selective separation of galena from copper sulfides by modifying the physicochemical properties of mineral surfaces. The reagent increases the contrast between the hydrophobicity of galena and the hydrophilicity of copper minerals, thereby improving flotation selectivity. The study confirms the перспективность of reagent regimes based on sulfur-containing compounds for processing complex copper–lead sulfide ores and increasing the efficiency of mineral beneficiation technologies.

Keywords: concentrate, sulfide ore, galena, flotation, selective, chalcocite, chalcopyrite, xanthate, sodium thiosulfate, potassium ferrocyanide, acidic medium

For citations: Akimbekova B.B., Karil Khan A., Zhorabek A.A., Bakyt Z.E. Selective flotation of sulfide copper ores. Academic Scientific Journal of Chemistry, 2026. — No.2. — P. 11-22. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1491.360>

© Акимбекова Б.Б., Карилхан А., Жорабек А.А., Бақыт З.Е., 2026.

Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,
Қарағанды, Қазақстан.
E-mail: aia86@mail.ru

СУЛЬФИДТІ МЫС КЕНДЕРІН СЕЛЕКТИВТІ ФЛОТАЦИЯЛАУ

Акимбекова Бахыт — Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің химия және химиялық технология кафедрасының доценті, техника ғылымдарының кандидаты, Қарағанды, Қазақстан,

E-mail: akimbekova.b@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7413-1914>;

Жорабек Айгүль — Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің химия және химиялық технология кафедрасының аға оқытушысы, Қарағанды, Қазақстан,

E-mail: aia86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4309-9720>;

Карилхан Айдынгүл — Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің химия және химиялық технология кафедрасының аға оқытушысы, Қарағанды, Қазақстан,

E-mail: aidynguljj@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1568-7904>;

Бақыт Замира — Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университетінің Пайдалы қазбаларды байыту білім беру бағдарламасы, білім алушы, Қарағанды, Қазақстан,

E-mail: zamira.bakyt@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1455-5069>.

Аннотация. Мақалада мыс-сульфид кендерінен галениттің селективті флотация шарттары қарастырылады. Галениттің селективті флотациясы оның құрамында су жұқпайтын қарапайым күкірт пайда болған жағдайда жүреді және мыс сульфидінің бетінде оттегі құрамды қосылыстардың сулануы басым болады. Галенит және мыс сульфидтерінің (халькозин, борнит, халькопирит) бетіндегі қосылыстардың

құрамында айырмашылықтарын білу үшін екі бастапқы реагенттердің әсері зерттелді: натрий тиосульфаты ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \times 5\text{H}_2\text{O}$) және қызыл қан тұзы $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Пайдалы қазбалардың флотациясы галениттің табиғи флотациясына негізделген жинағышсыз жүзеге асырылады. Халькозин бетінде натрий тиосульфатының әсер ету механизмі тиосульфатты мыс кешендерін қалыптастыру нәтижесінде оттегі бар гидрофильді аймақтарды арттыру болып табылады. Натрий тиосульфаты, галенит бетіндегі әсерлесу кезінде, қарапайым күкірттің тотығуын бәсеңдетеді және оның ішіндегі күкіртті қалпына келтіріп, оның қабатының гидрофобизациясын (су жұқпайтындай етіп) күшейтеді. ИҚ спектроскопиясының нәтижелері галенит бетіндегі қарапайым күкірттің және мыс минералдарының, дифференциалдық термиялық талдау арқылы минералдардың ылғалдану дәрежесінің болуын анықтады. Минералдық талдау натрий тиосульфатының халькозин пен борниттің флотациясын басады (тежейді). Сульфидті минералдар бетінің гидратация дәрежесін анықтау үшін дифференциалды-термиялық талдау термогравиметриялық талдаумен біріктіріліп қолданылды. Дифференциалды-термиялық талдау қисықтарында қыздыру кезінде минералдар бетінде физикалық байланысқан судың десорбциялануынан туындайтын эндотермиялық шыңдар байқалды. Минералдар бетінің гидратация дәрежесі эндоэффекттің басталу температурасы $t^\circ\text{C}$, жалпы мөлшердегі адсорбцияланған ылғалдың үлесі n , және десорбция жылуы Q_d арқылы сипатталды. Эндоэффекттің басталу температурасы төмендеген сайын беттің гидрофобтылығы артады, себебі төменірек температурада адсорбцияланған ылғал булана бастайды және соның нәтижесінде сутектік байланыстар әлсірейді.

Түйін сөздер: концентрат, сульфидті кен, галенит, флотация, селективті, халькозин, халькопирит, ксантат, натрий тиосульфаты, калий ферроцианиді, қышқыл орта

© Акимбекова Б.Б., Карилхан А., Жорабек А.А., Бақыт З.Е., 2026.

Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова,

Караганда, Казахстан.

E-mail: aia86@mail.ru

СЕЛЕКТИВНАЯ ФЛОТАЦИЯ СУЛЬФИДНЫХ МЕДНЫХ РУД

Акимбекова Бахыт — Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова, кандидат технических наук, Караганда, Казахстан,

E-mail: akimbekova.b@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7413-1914>;

Жорабек Айгуль — ст. преподаватель кафедры химии и химических технологий Каргандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова., Караганда, Казахстан,

E-mail: aia86@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4309-9720>;

Карилхан Айдынгүл — ст. преподаватель кафедры химии и химических технологий Каргандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова., Караганда, Казахстан,

E-mail: aidynguljj@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1568-7904>;

Бақыт Замира — студент Каргандинского технического университета имени Абылкаса Сагинова., Караганда, Казахстан,

E-mail: zamira.bakyt@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-1455-5069>.

Аннотация. В статье исследованы условия селективной флотации галенита из медно-сульфидных руд. Показано, что эффективное разделение минералов достигается при образовании на поверхности галенита гидрофобной элементной серы, тогда как на поверхности медных сульфидов преобладают гидрофильные кислородсодержащие соединения. Для формирования различий в составе поверхностных продуктов окисления галенита и медных минералов (халькозина, борнита и халькопирита) изучено влияние двух реагентов-депрессоров - тиосульфата натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) и красной кровяной соли $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$. Флотацию проводили без применения собирателя, используя естественную флотирруемость галенита. Установлено, что механизм действия тиосульфата натрия на поверхность халькозина связан с увеличением количества гидрофильных кислородсодержащих участков вследствие образования тиосульфатных комплексов меди. При взаимодействии с галенитом тиосульфат натрия замедляет окисление элементной серы и в результате внутримолекулярных окислительно-восстановительных процессов способствует дополнительному образованию элементной серы, усиливающей гидрофобность поверхности минерала. Методом ИК-спектроскопии подтверждено наличие элементной серы на поверхности галенита и медных минералов. Минералогический анализ показал, что тиосульфат натрия эффективно подавляет флотацию халькозина и борнита. Для оценки степени гидратации поверхности сульфидных минералов использовали дифференциально-термический и термогравиметрический анализы. На кривых ДТА зафиксированы эндотермические эффекты, обусловленные десорбцией физически связанной воды при нагревании. Степень гидратации поверхности характеризовали температурой начала эндоэффекта, долей адсорбированной влаги и теплотой десорбции. Установлено, что снижение температуры начала эндоэффекта свидетельствует о повышении гидрофобности поверхности, поскольку адсорбированная влага удаляется при более низких температурах, что указывает на ослабление водородных связей. Полученные результаты подтверждают возможность использования тиосульфата натрия в качестве эффективного реагента для селективного разделения галенита и медных сульфидов.

Ключевые слова: сульфидная руда, галенит, селективная флотация, халькозин, борнит, халькопирит, тиосульфат натрия, феррицианид калия, гидрофобность, гидратация поверхности

Introduction. The object of the article's research is copper-sulfide ore containing chalcocite, galena, chalcopyrite, and bornite minerals. The purpose of the research is to reduce the lead (galena) content, as lead pollution of the atmosphere occurs during the metallurgical processing with the exhaust gases of the copper smelter. In the beneficiation of copper-sulfide ores from the Zhezkazgan deposit, a significant amount of associated components is recovered together with the copper concentrate. Among them, lead is the most important: a high lead content in the copper concentrate complicates its metallurgical separation, promotes the accumulation of copper in slags, contaminates

the final product- anode copper and, most importantly, the release of fumes from copper smelters pollutes the atmosphere (Karmazin et al., 2020).

To achieve this objective, the natural flotation advantages of galena compared to copper sulfides were utilized.

The selective flotation of minerals without collectors is based on regulating the composition of their surface compounds. When elemental sulfur forms in the surface layer of sulfide minerals, the flotation rate reaches its maximum (Akimbekova et al., 2024).

The higher the electronegativity of the atoms present in the surface layer, the more strongly the minerals become hydrated. The electronegativity series is known to be $F > O > N > Cl > Br > S > P$. Thus, during selective flotation of galena, free sulfur forms on the mineral surface, whereas oxygen-containing compounds form on the surface of copper sulfides.

Differences in surface compounds are determined by the specific interaction of reagents with active surface sites. The first objective of this study is to create conditions that ensure the formation of free elemental sulfur on the galena surface (Omarova et al., 2025; Karilkhan A. 2024). The second objective is to promote the formation of oxygen-containing compounds on the surface of copper sulfides under the reagent regime. This task can be accomplished through various approaches:

- oxidation of elemental sulfur to sulfoxide compounds;
- formation of insoluble oxygen-containing compounds (salts or complex compounds);
- adhesion of mineral residues formed in the pulp onto the surface;
- introduction of selectively acting depressants.

From the perspective of ecologists and economists, the first three methods have been found preferable, as they allow for reducing reagent consumption, minimizing reagent nomenclature, improving water recycling, and facilitating the treatment of wastewater. Furthermore, during selective flotation, depressants exert a temporary dominant effect on the minerals.

Literary review. The main factors complicating the selective flotation of galena from the Zhezkazgan deposit are the presence of three copper minerals (chalcocite, bornite, and chalcopyrite). Considering this, the present article provides results on the use of two depressants for galena flotation: sodium thiosulfate and potassium ferricyanide. Depressant reagents are inorganic chemicals that increase the wettability of mineral surfaces and prevent the attachment of collectors. Many ores contain several valuable minerals, and to separate them from one another, depressants must be applied. Depressants are principally inorganic chemicals (salts, alkalis, acids) that interact effectively in ionic form.

The hydration of mineral surfaces by depressants occurs through several mechanisms. The primary mechanism is adsorption onto the mineral surface: depressant ions interact with the surface atoms of minerals and form surface compounds similar to those formed by collectors. Inorganic ions attract water molecules according to their charge and remain continuously surrounded by them (ionic hydration). These ions are drawn to the

mineral surface. As a result, the mineral surface becomes hydrated, and the adsorption of collector reagents decreases sharply or ceases completely. Secondly, some depressants remove surface compounds formed through the interaction between collectors and the mineral surface; thus, the mineral surface becomes free of collectors and more highly wetted.

The collector film on the mineral surface can be destroyed in two ways—thermal and chemical. Concentrate evaporation and roasting belong to thermal methods.

Thirdly, several depressant ions (e.g., sodium sulfite) displace collector ions from the mineral surface through substitution.

Fourthly, depressant ions compete with collectors on the mineral surface. As a result, some regions become hydrophilic while others remain hydrophobic. If the hydrophilic regions dominate, the particle does not attach to the bubble.

Fifthly, the mineral surface may be treated with reagents that form hydrophilic, poorly soluble compounds. For example, when calcite or quartz reacts with liquid glass, calcium silicate and silicic acid form. Collectors cannot adsorb onto a mineral surface coated with a poorly soluble silicate film.

Sulfides of heavy metals typically form covalent bonds. The most significant interactions are strong chemical bonds (ionic and polar covalent), accompanied by many intermediate types. The degree of ionic bonding in compounds can be estimated using the electronegativity values of atoms. The calculated ionic bond fractions are: MnO_2 – 44%, ZnS – 22,1%, PbS – 19,7%, FeS – 14,8%.

The greater the proportion of ionic bonding in a mineral, the more strongly it interacts with water; that is, the degree of hydrophilization of the mineral surface becomes higher.

The main processes occurring on the surface of a solid phase include:

- hydration of ions on the solid surface;
- formation of a hydrating water film;
- formation of the electrical double layer;
- complete hydration and diffusion of ions in the surface layer;
- ion exchange between the solid and the aqueous phase of the pulp;
- adsorption and chemisorption of ions and molecules dissolved in the aqueous phase;
- heterogeneous chemical reactions between ions and molecules dissolved in the aqueous phase and the solid;
- adhesion of micelles and micro-particles present in the aqueous phase;
- coagulation or flocculation with other solid particles.

The electrical double layer at the phase boundary arises for two reasons:

- adsorption of certain ions from an electrolyte solution onto the dielectric surface, forming ion pairs;
- ionization of atoms or molecules on the solid surface with the release or capture of ions, depending on the ionization potential, accompanied by ion exchange with the solution.

The formation of the electrical double layer at the metal–solution interface is determined by the magnitude and sign of the potential difference between the metal

and the solution. The ratio of the electrode potential (at zero surface charge) to the normal hydrogen electrode potential is known as the potential of zero charge. It is equal to the EMF of a galvanic cell formed by the given electrode and the normal hydrogen electrode.

When a metal is immersed in water or a solution containing ions of this metal, a double electrical layer is formed and the potential changes abruptly.

In solution, copper dissolves and releases positively charged ions into the medium, while the metal surface itself becomes negatively charged. Due to electrostatic attraction by the negatively charged layer, copper cations do not diffuse deeply into the solution; a dynamic equilibrium is established through the continuous exchange of ions across the interface.

For efficient flotation selectivity, more than half of the coagulated aggregates must be dispersed. Mechanical dispersion is primarily used for this purpose, although in some cases, physicochemical methods are required.

Before the addition of reagents and dispersed air, the flotation pulp constitutes a complex heterogeneous system whose main components are:

a) solid particles with a multicomponent surface, characterized by a diffuse electrical double layer, a surface film adsorbing ions, molecules, and colloidal particles, products of heterogeneous reactions, and chemisorbed ions;

b) a hydrating water film of complex structure, which may be considered a separate phase;

c) a complex aqueous medium whose composition is altered by the dissolution of mineral surfaces and gases;

d) dissolved substances that enter the pulp at different rates;

e) the formation of ionic complexes and molecules.

Materials and methods. To study the effects of flotation depressants, the influence of potassium ferrocyanide and sodium thiosulfate on chalcocite and galena was investigated using a flotation apparatus without froth. The sample weight was 500 mg, and the grinding size was -0.074 mm. Soda was used as the alkalinity regulator of the pulp. The surface of each mineral was treated for one minute with a 1% solution of the corresponding depressant reagent, after which flotation was carried out in a Hallimond tube (Avdohin et al., 2020). The selective flotation of sulfide minerals without collectors is based on the natural floatability of galena and the regulation of the composition of surface compounds (Fazylov et al 2021)

Using a spectrophotometric analysis method, the amount of elemental sulfur on the surfaces of galena and chalcocite was determined after treatment with sodium thiosulfate. The absorption spectrum of the hexane extract was measured at 330 nm using a spectrophotometer. The degree of hydration of galena and chalcocite surfaces was determined by differential thermal analysis (DTA) and thermogravimetric analysis (TGA). This method aims to measure the onset temperature of the endothermic effect t_b , the desorption heat Q_d , and the proportion “n” of adsorbed moisture in the total moisture content.

Laboratory studies were conducted on copper–sulfide underground ores from the

Zhezkazgan deposit containing 0.09% lead. A 1 kg sample was ground in a ball mill to 65% passing -0.074 mm. The experiment was performed according to an open-circuit scheme consisting of primary flotation followed by two cleaning stages. Soda was added as an alkalinity regulator to the pulp before the depressant was added in the primary flotation cycle. The optimal consumption of sodium thiosulfate and soda was determined at pH 9.2, corresponding to the maximum difference in lead and copper recovery, with a sodium thiosulfate consumption of 200 g/t (Figures 1 and 2). The addition of sodium thiosulfate in the cleaning flotation stage does not improve selective flotation.

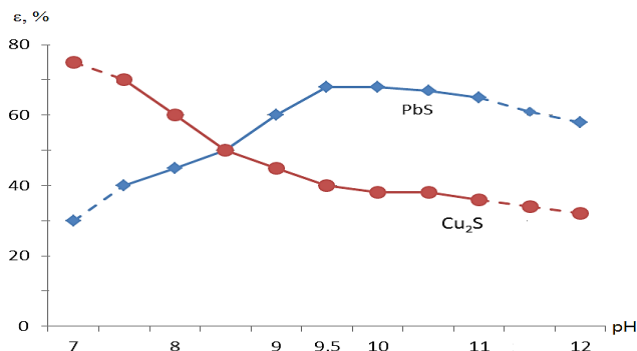


Figure 1 — Effect of the pH value of the pulp on the production of chalcocite and galena

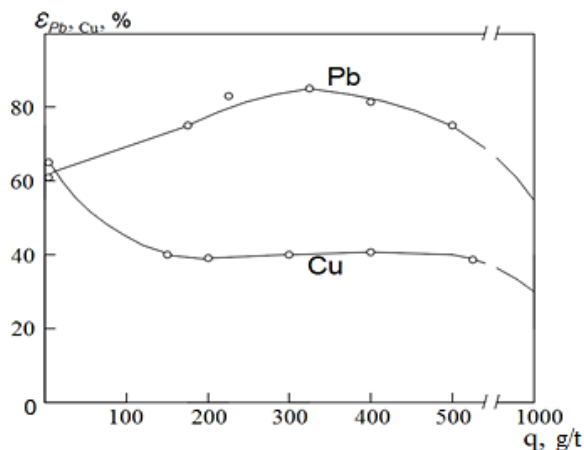


Figure 2 — Influence of sodium thiosulfate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) consumption on the recovery of lead and copper at pH 9.2

The natural flotation of chalcocite is suppressed by potassium ferricyanide, and at pH 9.2, there is no need to add acid. At the optimal pulp medium of $\text{pH} = 9.2$, with a sodium thiosulfate consumption of 200 g/t during the primary flotation, and with the addition of 5 g/t of ferricyanide during the second cleaning stage, an intermediate lead product of commercial grade is obtained: with a concentrate yield of 0.1%, the product contains 52% Pb and 4.3% Cu. Mineralogical analysis of the concentrates showed that

thiosulfate depresses secondary copper minerals (chalcocite, bornite), with bornite being depressed several times more strongly, while potassium ferricyanide selectively depresses only chalcocite. Chalcopyrite is not depressed by either of these reagents. The mechanism of sodium thiosulfate action has been shown to slow the oxidation of elemental sulfur on the galena surface, leading to the formation of free sulfur via intramolecular redox reactions. The hydrophilization of chalcocite and bornite may be associated with the high content of oxygen-containing compounds in the hydrophilic regions of the copper surface and the formation of thiosulfate complexes.

Potassium ferricyanide exhibits oxidizing and depressing properties in alkaline media: it oxidizes sulfides and monovalent copper ions and, in the second stage, forms poorly soluble ferro- and ferricyanide complexes together with copper cations (Akimbekova et al 2021).

Results. The hypothesized effects of sodium thiosulfate and potassium ferricyanide on galena and copper minerals are supported by the determination of elemental sulfur on the mineral surfaces via extractive spectrophotometry and by assessing the degree of surface hydration through differential thermal analysis. The absorption spectrum of the hexane extract was measured at a wavelength of 330 nm using a *Specord M40* spectrophotometer (Akimbekova et al 2020).

Table 1 — Results of differential thermal analysis and thermogravimetric measurements of sulfide minerals

Mineral	Reagent	t, °C	n, %	Qd, Ѓip. м.
Galena	H ₂ O	50	7,02	7,56
Chalcocite	H ₂ O	65	9,75	12,06
Galena	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O	32	2,8	3,97
Chalcocite	Na ₂ S ₂ O ₃ ·5H ₂ O	57	10,25	10,46
Galena	K ₃ [Fe(CN) ₆]	29	2,30	3,77
Chalcocite	K ₃ [Fe(CN) ₆]	62	4,00	7,14

To determine the degree of hydration on the surface of sulfide minerals, differential thermal analysis (DTA) was used in combination with thermogravimetric analysis (TGA). The DTA curves exhibit an endothermic peak at 100–110°C corresponding to the physical desorption of water from the minerals (Abramov et al 2020; Grjadunov 2014).

Discussion. The degree of hydration of the mineral surface is characterized by the initial temperature of the endothermic effect t⁰C, the proportion of adsorbed moisture (n) relative to the total, and the heat of desorption Q_d (Table 1). Selective flotation of minerals without collectors is based on regulating the composition of surface compounds. Under conditions of elemental sulfur formation on the sulfide surface, their flotation rate reaches a maximum.

Spectrophotometric analysis showed that when galena and chalcocite surfaces were treated with sodium thiosulfate, the amount of absorbed sulfur on galena increased, while on chalcocite it decreased twofold, contributing to the hydrophilization of the chalcocite surface. These results explain the suppression of chalcocite flotation. As the

endothermic temperature decreases, the hydrophobicity of the surface increases because water adsorbed at lower temperatures begins to evaporate, weakening hydrogen bonding. In all cases, the differences in correlation between mineral recovery and the amount of sulfur on the surface were observed depending on the initial endothermic temperature and the desorption heat (Figures 4, Table 2).

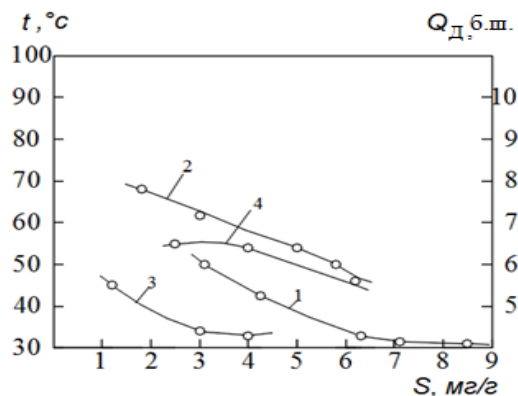


Figure 4 — Dependence of the heat of desorption (Q_d) and the initial temperature of the endothermic effect ($t^{\circ}\text{C}$) on the amount of sulfur on the mineral surface

The curves in Figure 4 are arranged according to a specific pattern: for more hydrophobic minerals, they are located in the region of higher heat of desorption and lower endothermic temperatures. Based on these properties, the minerals are ordered as follows: chalcopyrite (curve 3) > galena (curve 1) > chalcocite (curve 4) > bornite (curve 2). This sequence corresponds to the flotation order of the sulfides (Sherembaeva et al 2020). As the temperature decreases, the initial endothermic effect increases in the hydrophobic surface region; that is, at lower temperatures, the adsorbed moisture begins to vaporize, and hydrogen bonds are weakened.

Table 2 — Determination of the amount of adsorbed sulfur on the surface of sulfide minerals by spectrophotometric analysis

Mineral	Sulfur content on the mineral surface		
	Untreated	After treatment with $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	After treatment with $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$
Galena	2,98	6,02	7,74
Chalcocite	2,4	1,09	1,01
Chalcopyrite	1,02	1,40	3,7
Bornite	4,01	2,60	1,25

When sulfide minerals were re-treated with sodium thiosulfate, the amount of adsorbed sulfur on galena doubled, while on chalcocite it decreased by 2 times, respectively, in chalcocite it decreases by 2.2 times. After treatment with potassium ferricyanide, the amount of adsorbed sulfur increased 2.6 times on galena and 2.9 times on chalcopyrite, while it decreased 2.4 times on bornite and chalcocite. These results are associated with the suppression of copper mineral flotation.

Conclusion. In summary, the results demonstrate that in the presence of sodium thiosulfate and potassium ferrocyanide, the selective flotation of galena with a collector is enhanced, while the natural flotation of bornite and chalcocite is suppressed.

The mechanism of sodium thiosulfate action on the surface of chalcocite involves the formation of thiosulfate–copper complexes, which increase the oxygen-containing hydrophilic regions. When interacting with the galena surface, sodium thiosulfate slows down the oxidation of elemental sulfur, leading to the formation of free sulfur through intramolecular oxidation–reduction reactions. The elemental sulfur formed on the surfaces of sulfide minerals contributes to increased hydrophobicity.

The correlation between the flotation of galena and copper sulfides is determined by the amount of sulfur on their surfaces, the heat of desorption of water and molecules, and the initial temperature of the endothermic effect.

References

- Akimbekova B.B., Omarova N.K., Sherembaeva R.T. (2024) Flotacijalyk reagentter zhane olardyn koldanyly [Flotation reagent and their use]. Karagandy, KarTU. — 94 p. ISBN 978-601-355-270-5. (in Kazakh)
- Omarova N.K., Akimbekova B.B. (2025) Technology of non-ferrous metal ores. Karaganda, KarTU. Publ. House. — 143 p. (in Eng.)
- Avdohin V. M. (2020) Osnovy obogashheniya poleznyh iskopaemyh [Basics of enrichment of useful casbas]. T.1—2. MGGU, — 417 p. (in Russian)
- Akimbekova B.B., Kaiyrbaeva M.Zh., Amirkhan A.A. (2021) Studying minerals for dressability. Educational edition. Karaganda:KTU. Publ. House. — 93 p. (in English)
- Akimbekova B.B., Kajyrbaeva M.Zh., Amirhan A.A. (2020) Issledovanie poleznyh iskopaemyh na obogatimost [Mineral solubility study]. Karaganda, KarGTU. — 92 p. ISBN 978-601-320-183-2. (in Russian)
- Abramov A.A. Flotatsionnyye metody obogashcheniya. Moskva, MGTU, 2018. — 711 p. (in Russian)
- Abramov A.A. Pererabotka, obogashcheniye i kompleksnoye ispol'zovaniye tverdykh poleznykh iskopayemykh. — Tom 1. «Obogatitel'nyye protsessy i apparaty». Moskva, MGTU, 2018. (in Russian)
- Grjadunov I.V. (2014) Fiziko-himicheskie metody issledovaniya [Physico-chemical research methods]. M.: Jeksmo. — 410 p. (in Russian)
- Karilkhan A. (2024) Chemistry of natural compounds – Karaganda: Abilkas Sagynov KTU Publishing House. — 88 p. (in Eng.)
- Karmazin V.I., Mladeckij I.K., Pilov P.I. (2020) Raschety tehnologicheskikh pokazatelej obogashheniya poleznyh iskopaemyh [Calculation of technological indicators of mineral enrichment] M.: Nedra. — 221 p. (in Russian)
- Nechaev A.P., Bolotov V.M., Komarova E.V., Savvin P.N. (2024) Organicheskaja himija [Organic chemistry]. Izdatel'stvo "Lan" ISBN 978-5-507-48181-1. — 700 p. (in Russian)
- Kosherbaev K. T. (2013) Flotacijalyk bajytu adisteri [Flotation enrichment methods]. Almaty. Daur. — 264 p. (in Kazakh)
- Kozin V.Z. (2011) Issledovanie rud na obogatimost' [Study of ores for enrichment]. Ucheb.posobie. Ekaterinburg. — 90 p. (in Russian)
- Kulazhanov K.S., Syleimenova M.Sh., Hamzina Zh.B. (2015) Beiorganikalyk himiianyn negizderi [Fundamentals of inorganic chemistry]. Almaty: Jekonomika. — 568 p. (in Kazakh)
- Kuznetsov V.V., Aleksandrova T.N. Razrabotka metodov opredeleniya flotiruyemosti mineralov dlya effektivnogo proyektirovaniya tekhnologii flotatsi. Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten', 2022. — № 10–1. — P. 145–154. (in Russian)
- Oralova A.T., Zhorabek A.A. (2023) Analitikalyk himia [Analytical chemistry]. oku kuraly, Karaganda: Abilkas Sagynov KTU. — 71 p. (in Kazakh)
- Samojlik V. G. (2023) Issledovanie poleznyh iskopaemyh na obogatimost [Study of minerals for enrichment]. Uchebnoe posobie. Moskva, Vologda, Infra –Inzheneriya. — 196 p. (in Russian)

Tyukavkina N. A. (2008) Organic chemistry [Organic chemistry]. B 2 kn. M.: Book 1. — 640 p.; Book 2, — 592. (in Russian)

Fazylov S.D., Muldahmetov M.Z., Sviderskij A.K., Zhakupova D.N. (2014) Fiziko-himicheskie metody issledovaniya struktury organicheskikh soedinenij [Physico-chemical methods for studying the structure of an organic compound]. Pavlodar. — 166 p. (in Russian)

Sherembaeva R.T., Omarova N.K., Rahimbekova A.B. (2020) Pajdaly kazbalardy bajytu negizderi [Basics of enrichment of useful casbas]. Karagandy. KarMTU baspasy. — 40 p. (in Kazakh)

**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