

**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

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

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

## МАЗМҰНЫ

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Қаныкешова А.А., Қунарбекова М.С., Тоқтар М., Абдухаликова Ш., Азат С.</b><br>КОН және $\text{H}_3\text{PO}_4$ қолдана отырып, кофе ұнтағынан кеуекті көміртекті материалдарды гидротермальды және микротолқынды синтездеу.....                                       | 191 |
| <b>Кенжалиев Б., Қойжанова А., Абдылдаев Н., Магомедов Д., Ерденова М.</b><br>Мыс шикізатын химиялық шаймалау кезіндегі қоспа элементтерінің әрекетін зерттеу.....                                                                                                       | 209 |
| <b>Кипчакбаева А.К., Тағабай Ә.Қ., Тарғын А.Б.</b><br><i>Verbascum Thapsus</i> L. өсімдігінің экстрактивті заттары мен биологиялық белсенді қосылыстарының фитохимиялық талдауы.....                                                                                     | 223 |
| <b>Қуандықова А.Б., Джиембаев Б.Ж.</b><br>Тодд-атертон реакциясы жағдайында диалкил N-(2-фенилэтил)- және N-[2-(3,4-диметоксифенил)-этил]амидофосфаттардың синтезі.....                                                                                                  | 238 |
| <b>Омарова А.А., Нуржанова С.Б., Медетқызы З., Сайділді Ғ.Т., Абиьмагжанов А.З.</b><br>Цеолитқұрамды катализаторда қ-алкандарды өндеп жоғары сапалы бензин алу.....                                                                                                      | 253 |
| <b>Оразбекова Р.С., Тунгатарова С.А., Байжұманова Т.С., Ильясова О.С., Қасымқан Қ.</b><br>Печини әдісімен синтезделген катализаторда бумен биоэтанолды реформингтеу.....                                                                                                 | 272 |
| <b>Сейтмагзимова Г.М., Серікбаева Ж.С., Серикбаева Б.С., 2026.</b><br>Фосфорит құрамының ыдырау тиімділігіне және фосфогипстің сүзу қасиеттеріне әсері.....                                                                                                              | 286 |
| <b>Сүлейменова М., Джумадилов Т., Гражулявичюс Ю.</b><br>Цианидті ерітінділерден алтын мен темір иондарын Lewatit( $\text{h}^+$ )–AV-17-8( $\text{OH}^-$ ) және Lewatit( $\text{Na}^+$ )–AV-17-8( $\text{Cl}^-$ ) интерполимерлік жүйелерімен селективті сорбциялау..... | 304 |
| <b>Таганов Ж., Кожанова К., Момбеков С., Ева Р., Жұмабаева С.</b><br>Көпполимерлі гидрогельді негіздердің топикалық пробиотикалық және постбиотикалық жеткізу жүйелері үшін тұрақтылығын бағалау.....                                                                    | 319 |
| <b>Таусарова Б.Р., Шаихова Ж.Е., Әбілқасова С.О.</b><br>Биоыдырайтын орама материалдарына антимикробтық қасиет беру үшін күміс нанобөлшектерін синтездеу.....                                                                                                            | 331 |
| <b>Тлеуова С., Жүсіпбек Г., Райымбеков Е., Назарбек У., Почиталкина И.</b><br>Қоңыр көмір кен орындарының құрамдық және микроқұрылымдық ерекшеліктері.....                                                                                                               | 347 |
| <b>Төлеубекова А.Ғ., Амантайұлы Қ., Токтасынов С.К., Тоштай Қ.</b><br>Сұйық майлар мен май негізіндегі өнімдердегі транс және қаныққан май қышқылдары.....                                                                                                               | 359 |

## СОДЕРЖАНИЕ

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Каныкешова А.А., Кунарбекова М.С., Токтар М., Абдухаликова Ш., Азат С.</b><br>Гидротермальный и микроволновый синтез пористых углеродных материалов из кофейного жмыха с применением КОН- и $\text{H}_3\text{PO}_4$ -активации.....                            | 191 |
| <b>Кенжалиев Б., Койжанова А., Абдылдаев Н., Магомедов Д., Ерденова М.</b><br>Исследование поведения примесных элементов при химическом выщелачивании медного сырья.....                                                                                          | 209 |
| <b>Кипчакбаева А.К., Тагабай А.К., Таргын А.Б.</b><br>Фитохимический анализ экстрактивных веществ и биологически активных соединений растения <i>Verbascum thapsus</i> L.....                                                                                     | 223 |
| <b>Куандыкова А.Б., Джиембаев Б.Ж.</b><br>Синтез диалкил N-(2-фенилэтил)- и N-[2-(3,4-диметоксифенил) этил] амидофосфатов в условиях реакции Тодда–Аттертона.....                                                                                                 | 238 |
| <b>Омарова А.А., Нуржанова С.Б., Медеткызы З., Сайділдә Ғ.Т., Абиьмагжанов А.З.</b><br>Получение высокооктанового бензина путём переработки n-алканов на цеолитсодержащем катализаторе.....                                                                       | 253 |
| <b>Оразбекова Р.С., Тунгатарова С.А., Байжуманова Т.С., Ильясова О.С., Касымқан К.</b><br>Паровой риформинг биоэтанола на катализаторе, синтезированном методом Печини.....                                                                                       | 272 |
| <b>Сейтмагзимова Г.М., Серикбаева Ж.С., Серикбаева Б.С.</b><br>Влияние состава фосфорита на эффективность разложения и фильтрующие свойства фосфогипса.....                                                                                                       | 286 |
| <b>Сулейменова М., Джумадилов Т., Гражулявичюс Ю.</b><br>Селективное извлечение ионов золота и железа из цианидных растворов интерполимерными системами Lewatit( $\text{H}^+$ )–AV-17-8( $\text{OH}^-$ ) и Lewatit( $\text{Na}^+$ )–AV-17-8( $\text{Cl}^-$ )..... | 304 |
| <b>Таганов Ж., Кожанова К., Момбеков С., Poleszak E., Жумабаева С.</b><br>Оценка стабильности многополимерных гидрогелевых основ, предназначенных для топических пробиотических и постбиотических систем доставки.....                                            | 319 |
| <b>Таусарова Б.Р., Шаихова Ж.Е., Абилкасова С.О.</b><br>Синтез наночастиц серебра для придания антимикробных свойств биоразлагаемым упаковочным материалам.....                                                                                                   | 331 |
| <b>Тлеуова С., Жусипбек Г., Райымбеков Е., Назарбек У., Почиталкина И.</b><br>Составные и микроструктурные особенности залежей бурого угля.....                                                                                                                   | 347 |
| <b>Толеубекова А.Г., Амантайулы К., Токтасынов С.К., Тоштай К.</b><br>Транс- и насыщенные жирные кислоты в пищевых маслах и жировых продуктах.....                                                                                                                | 359 |

ACADEMIC SCIENTIFIC JOURNAL OF CHEMISTRY

ISSN 2224–5286

Volume 2.

Number 467 (2026), 209-223

<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1491.373>

IRSTI 53.37.15

UDC 669.334.546

© **Kenzhaliev B., Koizhanova A., Abdylдаev N\*, Magomedov D.,  
Yerdenova M., 2026.**

JSC “Institute of Metallurgy and Mineral Processing,” Satbayev University,  
Almaty, Kazakhstan.

E-mail: nur.ab.kz@mail.ru

## STUDY OF THE BEHAVIOR OF IMPURITY ELEMENTS DURING THE CHEMICAL LEACHING OF COPPER ORE

**Kenzhaliev Bagdaulet** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher at JSC “Institute of Metallurgy and Mineral Processing” Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: bagdaulet\_k@satbayev.universit, <https://orcid.org/0000-0003-1474-8354>;

**Koizhanova Aigul** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Laboratory at JSC “Institute of Metallurgy and Mineral Processing” Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: aigul\_koizhan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9358-3193>;

**Magomedov David** — Research Associate, JSC “Institute of Metallurgy and Mineral Processing” Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: davidmag16@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7216-2349>;

**Yerdenova Maria** — Research Associate, JSC “Institute of Metallurgy and Mineral Processing” Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: erdenova\_mariya@mail., <https://orcid.org/0000-0002-7496-5097>;

**Abdylдаev Nurgali** — Junior Researcher, JSC “Institute of Metallurgy and Mineral Processing” Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: nur.ab.kz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8145-5741>.

**Abstract.** This paper presents the results of studies on the behavior of impurity elements during the chemical sulfuric acid leaching of oxidized copper ores. The relevance of this research lies in the need for effective purification of leachate solutions from impurities, as high iron concentrations impair copper electrolysis performance and increase the consumption of process reagents. The objective of this study is to investigate the behavior of impurity elements during the chemical leaching of copper ore and their selective separation from the leach solutions. The research was conducted using modern analytical equipment. As part of the study, comparative investigations were carried out on the selective precipitation of impurity elements and the method of extractive removal of iron ions. According to the results of chemical analysis, the composition of the copper sample is characterized by the following values: SiO<sub>2</sub> – 56 %, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 5.2 %, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 7.35 %, CaO – 4.9 %, and MgO – 5.2 %. Mineralogical analysis showed that the main

phases are silicates and hematite. The crystalline structure is characterized by a uniform distribution of crystals measuring 100–150  $\mu\text{m}$ . The studies revealed the behavior of impurities in an acidic environment during the leaching of copper ore. High efficiency in the removal of impurities (iron) was observed when phosphate solutions were used as a precipitant in a 1:1 ratio; in this case, the overall efficiency of removing iron ions from copper solutions reached over 93.53m%. The iron phosphate precipitates obtained during the purification process may subsequently be of interest as an additional valuable product. The results obtained confirm the possibility of controlling the composition of productive solutions through targeted chemical treatment and highlight the potential for obtaining valuable by-products during the purification of solutions from impurities.

**Keywords:** Leaching, extraction, raffinate, selective extraction, iron precipitation

*For citations: Kenzhaliev B., Koizhanova A., Abdylдаев N., Magomedov D., Yerdenova M. Study of the behavior of impurity elements during the chemical leaching of copper ore. Academic Scientific Journal of Chemistry, 2026. — No.2. – P. 208-223. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1491.373>*

© Кенжалиев Б., Қойжанова А., Абдылдаев Н., Магомедов Д.,  
Ерденова М., 2026.

АҚ "Металлургия және кен байыту институты" Satbayev University,  
Алматы, Қазақстан.  
E-mail: [nur.ab.kz@mail.ru](mailto:nur.ab.kz@mail.ru)

## МЫС ШИКІЗАТЫН ХИМИЯЛЫҚ ШАЙМАЛАУ КЕЗІНДЕГІ ҚОСПА ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ ӘРЕКЕТІН ЗЕРТТЕУ

**Кенжалиев Бағдәулет** — техника ғылымдарының докторы, профессор, бас ғылыми қызметкері АҚ "Металлургия және кен байыту институты" Satbayev University, Алматы, Қазақстан,  
E-mail: [bagdaulet\\_k@satbayev.universit](mailto:bagdaulet_k@satbayev.universit), <https://orcid.org/0000-0003-1474-8354>;

**Қойжанова Айгүл** — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, АҚ "Металлургия және кен байыту институты" Satbayev University, Алматы, Қазақстан,  
E-mail: [aigul\\_koizhan@mail.ru](mailto:aigul_koizhan@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9358-3193>;

**Магомедов Давид** — ғылыми қызметкер, АҚ "Металлургия және кен байыту институты" Satbayev University Алматы, Қазақстан,  
E-mail: [davidmag16@mail.ru](mailto:davidmag16@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-7216-2349>;

**Ерденова Мария** — ғылыми қызметкер, АҚ "Металлургия және кен байыту институты" Satbayev University Алматы, Қазақстан,  
E-mail: [erdenova\\_mariya@mail.ru](mailto:erdenova_mariya@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7496-5097>;

**Әбділдаев Нұрғали** — кіші ғылыми қызметкер, АҚ "Металлургия және кен байыту институты" Satbayev University Алматы, Қазақстан,  
E-mail: [nur.ab.kz@mail.ru](mailto:nur.ab.kz@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-8145-5741>.

**Аннотация.** Бұл жұмыста тотыққан мыс кендерін химиялық күкірт қышқылымен шаймалау кезіндегі қоспа элементтерінің мінез-құлқын зерттеу нәтижелері келтірілген. Зерттеудің өзектілігі өнімді ерітінділерді қоспалардан тиімді тазарту қажеттілігінде, өйткені темірдің жоғары концентрациясы мыс

электролизінің көрсеткіштерін нашарлатады және технологиялық реагенттердің шығынын арттырады. Бұл жұмыстың мақсаты мыс шикізатын химиялық шаймалау кезіндегі қоспа элементтерінің мінез-құлқын зерттеу және оларды өнімді ерітінділерден селективті окшаулау болып табылады. Зерттеулер заманауи аналитикалық жабдықты қолдана отырып жүргізілді. Жұмыс барысында қоспа элементтерін селективті Тұндыру және темір иондарын экстракциялау әдісі бойынша салыстырмалы зерттеулер жүргізілді. Химиялық талдау нәтижелері бойынша мыс сынамасының құрамы бақылау мәндерімен сипатталады;  $\text{SiO}_2$  - 56 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 5,2 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 7,35%,  $\text{CaO}$  - 4,9% және  $\text{MgO}$ -5,2%. Минералогиялық талдау негізгі фазалар силикаттар мен гематит екенін көрсетті. Кристалдық құрылым 100-150 мкм кристалдардың біркелкі таралуымен сипатталады. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде мыс кенін шаймалау процесінде қышқыл ортадағы қоспалардың мінез-құлқының ерекшеліктері анықталды. Фосфат ерітінділерін 1:1 қатынасында тұндырғыш ретінде пайдаланған кезде қоспаларды (темірді) жоюдың жоғары тиімділігі тіркелді; мыс ерітінділерін темір иондарынан тазартудың соңғы тиімділігі 93,53% - дан астамға жетті. Тазарту процесінде алынған темір фосфатының шөгінділері қосымша құнды өнім ретінде қызығушылық тудыруы мүмкін. Нәтижелер мақсатты химиялық өңдеу арқылы өнімді ерітінділердің құрамын басқару мүмкіндігін растайды және ерітінділерді қоспалардан тазарту процесінде ілеспе құнды өнімдерді алу перспективасын көрсетеді.

**Түйін сөздер:** шаймалау, экстракция, рафинат, селективті экстракция, темір тұндыру

© Кенжалиев Б., Койжанова А., Абдылдаев Н., Магомедов Д.,  
Ерденева М., 2026.

АО «Институт металлургии и обогащения» Satbayev University,  
Алматы, Казахстан.

E-mail: nur.ab.kz@mail.ru.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕДЕНИЯ ПРИМЕСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ ХИМИЧЕСКОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ МЕДНОГО СЫРЬЯ

**Кенжалиев Багдаулет** — доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник АО «Институт металлургии и обогащения» Satbayev University, Алматы, Казахстан,  
E-mail: bagdaulet\_k@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0003-1474-8354>;

**Койжанова Айгуль** — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая лабораторией АО «Институт металлургии и обогащения» Satbayev University, Алматы, Казахстан,  
E-mail: aigul\_koizhan@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9358-3193>;

**Абдылдаев Нургали** — младший научный сотрудник АО «Институт металлургии и обогащения» Satbayev University, Алматы, Казахстан,  
E-mail: nur.ab.kz@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8145-5741>;

**Магомедов Давид** — научный сотрудник АО «Институт металлургии и обогащения» Satbayev University, Алматы, Казахстан,  
E-mail: davidmag16@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7216-2349>;

**Ерденова Мария** — научный сотрудник АО «Институт металлургии и обогащения» Satbayev University, Алматы, Казахстан,  
E-mail: erdenova\_mariya@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7496-5097>.

**Аннотация.** В настоящей работе представлены результаты исследования поведения примесных элементов при сернокислотном выщелачивании окисленного медного сырья. Актуальность исследования обусловлена необходимостью эффективной очистки продуктивных растворов от примесей, поскольку повышенное содержание железа отрицательно влияет на показатели электролитического получения меди и приводит к увеличению расхода технологических реагентов. Целью работы являлось изучение поведения примесных элементов в процессе химического выщелачивания медного сырья и разработка подходов к их селективному выделению из продуктивных растворов. Исследования проводились с использованием современных физико-химических и аналитических методов. В рамках работы выполнено сравнительное исследование методов селективного осаждения примесей и экстракционного удаления ионов железа. По результатам химического анализа установлено, что исследуемая проба содержит 56,0 %  $\text{SiO}_2$ , 5,2 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 7,35 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 4,9 %  $\text{CaO}$  и 5,2 %  $\text{MgO}$ . Минералогический анализ показал, что основными фазами являются силикаты и гематит. Кристаллическая структура характеризуется равномерным распределением зерен размером 100–150 мкм. В результате проведенных исследований установлены особенности поведения примесных элементов в кислой среде при выщелачивании медной руды. Наиболее высокая эффективность удаления железа достигнута при использовании фосфатных растворов в качестве осадителя при соотношении реагентов 1:1. Степень очистки продуктивных растворов от ионов железа составила более 93,53 %. Образующиеся осадки фосфата железа могут представлять практический интерес в качестве дополнительного ценного продукта. Полученные результаты подтверждают возможность управления составом продуктивных растворов путём целенаправленной химической обработки и свидетельствуют о перспективности комплексного использования продуктов очистки.

**Ключевые слова:** выщелачивание, медное сырьё, примесные элементы, железо, селективное осаждение, экстракция, продуктивные растворы, рафинат

*Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № BR24992757)*

**Введение.** Современной проблемой характерной для многих отраслей цветной металлургии является необходимость вовлечения в производство забалансового труднообогатимого сырья. Сложностью гидрометаллургии никеля и меди являются также условия их селективного разделения, характеристика состава исходного сырья, свойства медь и никель содержащих минералов, а также специфика влияния примесных элементов на процесс выщелачивания. С учетом различий химических свойств никеля и меди, возникает необходимость изучения влияния примесей различных элементов на процессы выщелачивания

данных металлов. Так, например, присутствие хлорид ионов в выщелачивающем растворе благоприятно сказывается на извлечении никеля, но неприемлемо для гидрометаллургического производства меди при использовании в дальнейшем жидкостно-экстракционной технологии.

Согласно современным исследованиям, повышение концентрации ионов хлора в сульфатном электролите до 0,5 г/л существенно возрастает скорость растворения металлического никеля, а его извлечение повышается в 2-2,5 раза. В тоже время, присутствие ионов хлора, более 0,1 г/л, крайне негативно отражается на экстрактивной технологии извлечения меди, что делает неприемлемым способ хлорного окисления для коллективных медно-никелевых методов выщелачивания. (Avfukova et al., 2022; Brožová et al., 2025; Caetano et al., 2024; Chepushtanova et al., 2024). Другой проблемой, особенно характерной для гидрометаллургии меди, является фактор накопления в технологических растворах избыточного количества соединений железа, а также других снижающих производственную эффективность примесей. В процессе переработки медного сырья продуктивный раствор находится в постоянной рециркуляции, что приводит к постепенному накоплению в нем побочных элементов, в частности соединений железа, кальция, силикатных соединений и других. На начальных этапах запуска гидрометаллургического производства, соединений трехвалентного железа в умеренных концентрациях выступают в качестве катализирующего окислителя. Однако, превышение концентрации ионов трехвалентного железа, более 10 г/л, негативно сказывается на процессе экстракции, т.к. снижает селективность органического экстрагента по меди, что приводит к ухудшению качества электролита и получаемой при электролизе катодной меди, а также повышению расхода электроэнергии. Также, крайне нежелательно присутствие в продуктивном растворе ионов железа в степени окисления  $^{2+}$ , способных даже при небольших концентрациях переходить при экстракции в электролит. Другие побочные примеси, особенно соединения силикатов, также крайне негативно сказываются на производственном процессе, приводя к образованию межфазной взвеси на стадиях экстракции и реэкстракции и существенно сокращая срок эксплуатации органической фазы и системы фильтров. В связи с чем, для гидрометаллургических производств катодной меди, поиск методов экологически безопасной утилизации или переработки подобных растворов является актуальной задачей.

**Литературный обзор.** На сегодняшний день имеются исследования, раскрывающие те или иные методы выделения и осаждения железа. Однако практика применения данных методов к гидрометаллургическому производству меди и никеля не изучена. К основным направлениям поиска методов способствующих осаждению и коагуляции ионов железа можно отнести: Методы применения реагентов, образующих с железом простые и комплексные гидратные/гидроксидные нерастворимые соединения (Kenzhaliyev et al., 2025; Koizhanova et al., 2023). Получение нерастворимых гидроксидов железа потребует увеличения показателя pH среды. Во многих изданиях и справочниках указано, что при  $\text{pH} < 4,5$  железо преимущественно находится в водной среде в виде ионов  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  и

$\text{Fe}(\text{OH})^{2+}$ ; повышение pH приводит к окислению железа (II) в железо (III), которое выпадает в осадок; в восстановительной среде в присутствии карбонатов и при  $\text{pH} \geq 8,4$  возможно выделение карбоната железа и др. (Koizhanova et al., 2024; Latyuk et al., 2024; Li et al., 2023; Liu et al., 2022; Ma et al., 2024).

Методы экстрактивного удаления железа, аналогичны процессам экстракции меди и никеля. Для селективного извлечения железа предполагается использование органических соединений, не растворимых в водных фазах, поддающихся последующей регенерации (реэкстракция). В качестве подходящих органических фаз в данном случае можно рассматривать некоторые типы ароматических углеводородов, алифатических спиртов, эфиров и др. Методы, включающие получение малорастворимых и нерастворимых солей железа (Niu et al., 2021; Voropanova et al., 2016; Wan et al., 2021; Yu et al., 2024). Основной принцип очистки растворов в данном методе, как и в первом примере, основывается на переводе железа в осадок. В отличие от образования нерастворимых гидроксидов железа, получение некоторых нерастворимых солей железа, не требует изменения кислотности среды. Возможность применения ограничивается только рафинатом после экстракции, т.к. большинство кислотных остатков (анионов) образуют нерастворимые соли с медью и никелем. Это связано с тем, что некоторые соли меди обладают меньшим произведением растворимости, что приведет к их первоочередному выпадению в осадок, в случае применения к медьсодержащему продуктивному раствору. Поэтому использование данного метода предусматривается на обезмеженном рафинате и предполагает последующее удаление осадка, содержащего соли железа. Методы, связанные с получением комплексных соединений железа (Zhou et al., 2024). Получение комплексных соединений железа, как и предыдущий метод, основывается на образовании нерастворимых или малорастворимых соединений. Возможность образования железом тех или иных нерастворимых комплексных соединений зависит от множественных факторов, таких как константа устойчивости, показатель pH среды, насыщенность раствора, примеси и др. Так, например, получение достаточно устойчивого комплексного соединения выпадающего в осадок, гексацианоферрата (II) железа (III)  $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3$ , невозможно в кислой среде. Кроме того, компонент, участвующий в образовании с железом устойчивого нерастворимого комплексного соединения, не должен образовывать устойчивых соединений с медью при использовании продуктивного раствора; Комбинированные методы удаления железа. Данная методика предполагает комбинацию нескольких методов из описанных ранее. Процесс удаления железа до сих пор является малоизученным, несмотря на достаточно большое количество работ, посвящённых ему. В большинстве случаев достижение результата возможно только комплексным подходом: помимо снижения концентрации железа изменяются и другие показатели качества раствора: жёсткость, pH, минерализация, окисляемость (ОВП); механизмы этих изменений различны для отдельных показателей и нуждаются в отдельных исследованиях. В большинстве случаев, существующие методы выделения, осаждения железа и других примесей в основном рассчитаны на небольшие

концентрации водоемов и сточных вод. Кроме того, некоторые составы растворов методы очистки могут быть неприемлемыми по химическим параметрам для жидкостно-экстракционной технологии производства меди и никеля. Актуальность данной работы заключается апробация наиболее эффективного и подходящего метода снижения концентрации железа и прочих примесей из растворов гидрометаллургического производства.

**Материалы и основные методы.** Для исследований физико-химических методов использовались следующие приборы и устройства: оптической эмиссионной спектрометр Optima 2000 DV (США). Рентгенофазовый анализ BRUKER D8 ADVANCE. Рентгенофлуоресцентный анализ осуществлялся на спектрометре Venus 200 (Нидерланды). Минералогический анализ выполнялся с использованием поляризационного микроскопа OLYMPUS BX-51. Проба руды представлена медно-сульфидной рудой. Отбор и подготовку проб для полного химического анализа исходного материала проводили с учетом характеристики этого материала в соответствии с требованиями нормативно-технических документов, а технологические исследования – в соответствии с общепринятыми методиками

Для выполнения анализов из дробленой руды крупностью -2,5 мм отобраны пробы и истерты до крупности 98% класса -0,071 мм. Результаты определения химического состава руды, фазового состава на соединения меди.

Далее изучен фазовый состав с помощью рентгенофазового метода анализа. Анализ проводился на дифрактометре D8 Advance (BRUKER), излучение Cu – K<sub>α</sub>. Далее изучен качественный и полуколичественный рентгенофазовый анализ, и элементный состав с помощью рентгенофазового и рентгенофлуоресцентного методов анализа. Порошковый рентгеновский дифрактометр D8 ADVANCE «Bruker Elemental GmbH» (Германия) измеряет зависимость интенсивности рентгеновских лучей, рассеянных порошкообразными образцами, плёнками, стёклами, ориентированными монокристаллами и т. д. Качественный и полуколичественный рентгенофазовый анализ; определение параметров и сингонии кристаллической решетки; определение размеров кристаллов. Для рентгенофазового анализа обычно используются рентгеновские трубки с медным (Cu) или кобальтовым (Co) анодом. Выбор анода зависит от характеристик исследуемого материала и требуемого разрешения.

Для изучения минералогического состава пробы руды были отобраны куски зерна с рудной минерализацией. Минералогические исследования шлифов и аншлифов проводились на микроскопе Leica P2500. На изучение вещественного состава поступили исходные образцы. Из них изготовлены полированные аншлифы, которые изучались под микроскопом марки OLYMPUS BX51.

Тесты по выщелачиванию проведены с использованием агитационного и бутылочного агитатора со скоростью вращения 40 оборотов в минуту. Масса навесок проб руды 100-200 г. Соотношение Т: Ж = 1:3.

В данной работе приведены результаты гидрометаллургических исследований медно - никелевой руды на исходной крупности (-0,074 мм). Выполнение

экспериментов агитационному выщелачиванию на каждой пробе с концентрацией серной кислоты 15 и 25 г/дм<sup>3</sup> в выщелачивающем растворе 1,5 и 2,5 % и значении рН пульпы в ходе выщелачивания поддерживается на уровне значений 1.2-1.3, поддерживаемого в процессе выщелачивания:

Время проведения каждого теста – 8 часов (отбор 4 ч, 6 ч, 8 ч для проверки кислоты) по следующей методике: После загрузки в агитаторы руды и подачи раствора выщелачивания отбирается проба пульпы для замера исходного рН. В случае превышения рН пульпы выше необходимого значения в пульпу подается концентрированная серная кислота до достижения  $\text{pH} \leq 1,5 \div 1,8$  необходимого значения рН, расход кислоты при этом фиксируется. В каждой пробе раствора определяется значение рН, содержание меди общего. рН продуктивного раствора поддерживается на уровне необходимого значения путем добавления в пульпу серной кислоты.

Для осаждение железа из продуктивных растворов осуществляли комбинированные химические соединений следующих типов действия: аммоний фтористый (фторид аммония)  $\text{NH}_4\text{F}$  – комплексообразующее, аммоний фтористый кислый (би-фторид аммония)  $\text{NH}_5\text{F}_2$  и сульфонал  $\text{R-C}_6\text{H}_4\text{NaO}_3\text{S-}$  – комплексообразующее/осаждающее, трибутилфосфат  $(\text{C}_4\text{H}_9\text{O})_3\text{PO}$  – экстрактивное; гидрофосфат натрия  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  и триполифосфат натрия  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  – осаждающее. Процесс вели при интенсивном перемешивании при комнатной температуре 20-25 °С и различных значениях рН: 1,5-2,0. Реагент-осадитель дозировали в реактор с заданным объемом продуктивный раствор порциями по 1–2 г в течение одного часа до достижения требуемого рН, после чего пульпу выдерживали один час при перемешивании для укрупнения частиц осадка. Затем осадок отделяли от маточного раствора фильтрацией на фильтровальной бумаге и промывали, после чего проводили сушку осадка при температуре 100 °С. Маточные растворы осаждения анализировали на содержание железа методом ICP-AES на атомно-эмиссионном спектрометре Optima 2000 DV (Perkin Elmer, США).

Для проведения исследований по эффективному выщелачиванию медно-никелевого минерального сырья и изучения влияния побочных примесей был произведен отбор проб участков одного из месторождения Казахстана. Первоначальный этап исследований включал в себя проведение химических, физических и минералогических анализов образцов руд участков данных месторождений. Участки представленных месторождений характеризуются различными уровнями содержаний меди и никеля, а также особенностями минералогического строения. По результатам химического анализа состав медной пробы характеризуется следующими значениями:  $\text{SiO}_2$  - 56 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 5,2 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 7,35 %,  $\text{CaO}$  - 4,9 % и  $\text{MgO}$  - 5,2 %. Подробный элементный состав данной медной руды был определен рентгенофлуоресцентным анализом, результаты которого представлены в таблице 1.

Таблица 1 – элементный состав медной руды.

| Элемент | Содержание | Элемент | Содержание |
|---------|------------|---------|------------|
| O       | 52,292     | Ti      | 0,659      |
| Na      | 0,55       | V       | 0,011      |
| Mg      | 5,512      | Mn      | 0,110      |
| Al      | 5,140      | Fe      | 7,818      |
| Si      | 18,419     | Co      | 0,018      |
| P       | 0,063      | Ni      | 0,089      |
| S       | 0,045      | Cu      | 0,608      |
| Cl      | 0,035      | Zn      | 0,006      |
| K       | 0,330      | Sr      | 0,026      |
| Ca      | 5,411      | Pb      | 0,011      |

Далее был выполнен рентгенофазовый анализ на исходной руде с применением метода равных навесок и искусственных смесей. Определялись количественные соотношения кристаллических фаз. Результаты рентгенофазового анализа исходной руды представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Рентгенофазовый анализ исходной руды

| Наименование                | Формула                                                                                                | %    |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Кальцит (магний содержащий) | $(\text{Mg}_{0,03}\text{Ca}_{0,97})\text{CO}_3$                                                        | 27,2 |
| Клинохлор (железистый)      | $(\text{Mg,Fe,Al})_6(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$                                        | 12,8 |
| Тальк                       | $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$                                                     | 11,6 |
| Вермикулит                  | $\text{Mg}_3((\text{Al,Si})_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$                    | 9,2  |
| Монтмориллонит              | $(\text{Na, Ca})_{0,3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ | 8,9  |
| Кварц                       | $\text{SiO}_2$                                                                                         | 8,4  |
| Кордиерит                   | $\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$                                                       | 8,0  |
| Лизардит                    | $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$                                                        | 7,7  |
| Антигорит                   | $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$                                                        | 6,2  |

**По результатам** рентгенофазового анализа установлено, что основными фазами, составляющими являются кальцит– 27,2 %, клинохлор – 12,8 %. Минералогическим анализом были изучены основные пороодообразующие минералы, а также включения сульфидных фрагментов. На изучение вещественного состава поступали дробленные рудные материалы, из которых были изготавливалось аншлифы (брикеты). Наблюдение рудного материала производилось под микроскопом марки Olympus BX 51.

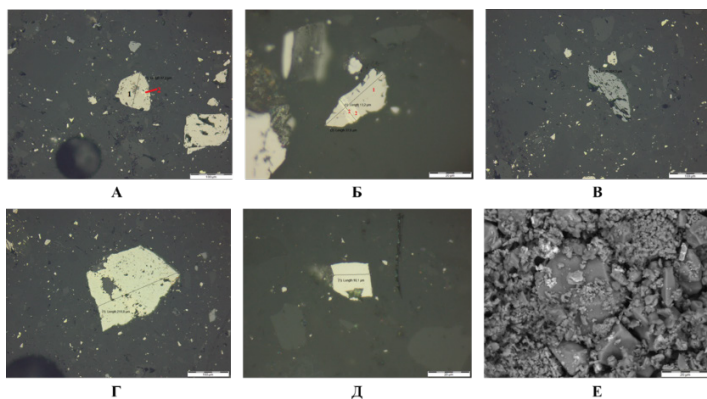


Рисунок 1 – Микроснимок исходной медно-никелевой руды

Разделение меди и никеля, на стадии кучного выщелачивания, на практике будет предусматривать два отдельных гидрометаллургических цикла. Несмотря на то, что оба металла извлекаются в кислых растворах, специфика химических свойств меди позволяет производить ее извлечение при более низких концентрациях серной кислоты, чем никель.

Процесс агитационного выщелачивания меди проводился методом перемешивания при соотношении твердого к жидкому (Т:Ж) 1:3, вес каждой экспериментальной пробы составлял 200 г, а концентрации серной кислоты варьировались от 1,5 до 2,5 %. Результаты агитационного выщелачивания меди представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты агитационного выщелачивания меди.

| Наименование | $H_2SO_4$ % | $C_{Cu}$ г/л | $V_{п.р.ра.}$ л | $E_{Cu}$ % | Время, ч | pH  | Температура °C |
|--------------|-------------|--------------|-----------------|------------|----------|-----|----------------|
| 1 опыт       | 1,5         | 0,8          | 0,5             | 33,3       | 8        | 1-2 | 25             |
| 2 опыт       | 2,5         | 1,3          | 0,4             | 52,5       | 8        | 1-2 | 25             |

В результате агитационного выщелачивания медной руды установлено, что максимальное извлечение меди 52,54 % достигается с использованием 2,5 % серной кислоты. Получаемый продуктивный раствор анализировался на содержание меди и наличие некоторых потерь совместно извлекаемого никеля. Анализы продуктивных растворов, на содержание побочных примесей после стадий медного и никелевого выщелачивания показали в основном наличие ионов железа +3 и +2. Фиксировались незначительные концентрации хрома и хлор ионов, что не окажет заметного влияния на процессы извлечения меди и никеля. Таким образом, к основным побочным примесям выщелачивания данных образцов медно-никелевых руд можно отнести железо +3 и +2, концентрации которого для растворов каждого варианта представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание примеси железа в растворах после выщелачивания меди

| Стадия выщелачивания - Cu |                                  |                      |                      |                       |                         |         |
|---------------------------|----------------------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|-------------------------|---------|
| Наименование              | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> % | Fe <sup>3+</sup> г/л | Fe <sup>2+</sup> г/л | Fe <sub>общ</sub> г/л | V <sub>п.р-ра</sub> , л | E, Fe % |
| 1 опыт                    | 1,5                              | 5,30                 | 1,10                 | 6,40                  | 0,500                   | 22,28   |
| 2 опыт                    | 2,5                              | 5,45                 | 1,22                 | 6,67                  | 0,485                   | 22,53   |

Далее были выполнены исследование по изучению влияния побочных примесей на процессы выщелачивания и селективного извлечения из продуктивных растворов меди и никеля. Проведенными ранее анализами продуктивных растворов, показавшими в качестве основной побочной примеси железо, других примесей способных оказать влияние на процессы выщелачивания и селективного извлечения из продуктивных растворов меди и никеля. Наличие ионов железа, в растворах никелевого выщелачивания выступает как фактор снижающий извлечение металла, до определеннй уровень концентрации железа при медном выщелачивании. В качестве дополнительных реагентов в ряде экспериментов предусматривалось применение щелочи, серной кислоты, а также разбавление водой. Результаты экспериментов по удалению примесей железа и их результативности представлено в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты экспериментов по удалению примесей железа (Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>)

| Описание механизма удаления Fe, типа реакции         | Комбинация, количеств. соотношение реагентов                                                                  | pH      | Железо в очищенном растворе, г/л |                  |                   | Эффективность удаления, % |                  |                   |
|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------|------------------|-------------------|---------------------------|------------------|-------------------|
|                                                      |                                                                                                               |         | Fe <sup>3+</sup>                 | Fe <sup>2+</sup> | Fe <sub>общ</sub> | Fe <sup>3+</sup>          | Fe <sup>2+</sup> | Fe <sub>общ</sub> |
| Экстрактивный+<br>Комплексообразование/<br>осаждение | (C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> O) <sub>3</sub> PO(1:2)/<br>NH <sub>5</sub> F <sub>2</sub> -3,5%+<br>NaOH-2,5% | 1,1→2,4 | 4,9                              | 0,3              | 5,2               | 48,55                     | 73,20            | 51,81             |
| Экстрактивный                                        | (C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> O) <sub>3</sub> PO(1:2)                                                        | 1,1→2,4 | 4,8                              | 0,3              | 5,2               | 49,07                     | 75,26            | 52,54             |
| Комплексообразование/<br>осаждение                   | R-C <sub>6</sub> H <sub>4</sub> NaO <sub>3</sub> S-<br>5,0 %                                                  | 1,2     | 3,8                              | 0,4              | 4,2               | 59,78                     | 69,76            | 61,10             |
| Осаждение                                            | Na <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> - 7,0 %                                                                      | 1,4     | 5,6                              | 0,4              | 6,0               | 40,46                     | 71,82            | 44,62             |
| Разбавление<br>(1:1) Осаждение                       | разбавленной<br>водой 1:1;<br>Na <sub>5</sub> P <sub>3</sub> O <sub>10</sub> - 10,0 %                         | 1,5     | 0,3                              | 0,3              | 0,7               | 96,32                     | 75,26            | 93,53             |

В результате проведенных экспериментов наибольшая эффективность 93,5 % удаления примесей железа была отмечена при использовании методов осаждения на основе обработки растворами фосфатов при соотношениях 1:1, тогда как при осаждении чистым фосфатом без водного разбавления удаляется только 44,62 %. В вариантах, предполагающих образование малорастворимых комплексов удаление железа не превышало 61,1 %. Полученные осадки, анализировались на общий элементный и фазовый составы, результаты которых представлены в таблицах 6-7.

Таблица 6 – Результаты флуоресцентного анализа осадков удаления железа из продуктивных растворов.

| Элемент | Содержание | Элемент | Содержание |
|---------|------------|---------|------------|
| O       | 41,463     | Ni      | 0,011      |
| Na      | 7,145      | Mn      | 0,152      |
| Mg      | 0,628      | Fe      | 27,640     |
| Al      | 1,335      | Co      | 0,052      |
| Si      | 0,162      | Cu      | 1,925      |
| P       | 14,725     | Zn      | 0,042      |
| S       | 4,012      | As      | 0,299      |
| Cl      | 0,06       | Sr      | 0,005      |
| Ca      | 0,332      | Zr      | 0,012      |

Таблица 7 – Результаты рентгенофазового анализа осадков удаления железа из продуктивных растворов.

| Название компонента      | Формула                                                        | %     |
|--------------------------|----------------------------------------------------------------|-------|
| Полифосфат железа        | $\text{Fe}_4(\text{P}_3\text{O}_{10})_3$                       | 57,3% |
| Натрия полифосфат гидрат | $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ | 27,8% |
| Маггемит                 | $\text{Fe}_2\text{O}_3$                                        | 14,9% |

По результатам физических анализов был подтвержден состав осадков, свойственный пирофосфату железа. Получаемый пирофосфат железа может рассматриваться в качестве дополнительного ценного продукта, так как он находит широкое применение в качестве инсектицида, гербицида, пищевой добавки (стабилизатора Е450), а также применяется в производстве стекла, бумаги, керамических изделий и строительных материалов.

**Обсуждение.** В образце медно-никелевой руды представлены пентландит, пирротин, пирит и магнетит. Пирротин обладает желтовато-кремовым цветом. Он образует относительно крупные зерна неправильной формы с извилистыми границами и тесно взаимно прорастает с пентландитом. Его размер зерен достигает до 216,8 мкм (рисунок 1 А,Б,В). Пентландит имеет розовато-кремовый цвет. Представлен в виде ангедральной формы зерен. Он имеет характер удлиненных выделений, приуроченных к трещинам в пирротине, вдаваясь во внутренние участки пирротина. Размер зерен достигает до 13,2 мкм (рисунок 1 А, Б). Пирит имеет желтый цвет и высокую отражательную способность. Встречается в виде форме четырехугольника. Размер зерен достигает до 18,1 мкм (рисунок 1 Г). Магнетит-серый, изотропный минерал, без внутренних рефлексов, магнитен. Представлен в виде удлиненной формы зерен. Отмечается в виде свободных зерен с размером 164,3 мкм (рисунок 1 Д). Медные и никелевые частицы не имеют четко выраженных минеральных образований и представлены различными вкраплениями в общей порообразующей массе (рисунок 1 Е).

Проведенные исследования по выщелачиванию медно-никелевого минерального сырья показали возможность эффективного раздельного извлечения меди и никеля. Так, с учетом существенных различий химических свойств и

потенциалов меди и никеля, возможность их раздельного извлечения возникает еще на этапе выщелачивания.

Максимальное извлечение меди 52,5 %, при первой стадии выщелачивания из медно-никелевой руды, было также достигнуто при выщелачивании серной кислотой с концентрацией 2,5 %. Попутные потери никеля на медном выщелачивании при его концентрации 0,005 г/л составили 0,63 %. Анализы продуктивных растворов, на содержание побочных примесей после стадий медного и никелевого выщелачивания показали в основном наличие ионов железа  $^{+3}$  и  $^{+2}$ . Фиксировались незначительные концентрации хрома и хлор ионов, что не окажет заметного влияния на процессы извлечения меди и никеля. Таким образом, процесс выщелачивания медно-никелевого сырья подобного состава можно разделить на две стадии. Первоочередное выщелачивание меди ведется при концентрации серной кислоты на уровне 2,0-2,5 %, с получением медных продуктивных растворов.

Из данных таблицы 4 видно, что основная часть примесей в виде ионов железа  $+2$  и  $+3$ , извлекается еще на стадии медного выщелачивания. Так, максимальные концентрации общего железа на уровне 6,4 – 6,9 г/л, достигались при кислотном выщелачивании 2,5 % на всех образцах руды. Однако, дальнейшее выщелачивание никеля, продемонстрировало примерно одинаковые концентрации железа для каждого варианта параметров эксперимента. С учетом данных концентраций примесей железа в растворах, а также его исходного содержания установлено, что основное извлечение железа из медно - никелевой руды происходит на стадии выщелачивания меди - 22 %.

Очистка растворов медного выщелачивания от избыточного количества железа может включать такие методы как разбавление рафината водой, получение выпаркой солей сульфата железа. Рассмотрены методы удаления железа на основе получения его малорастворимых и нерастворимых соединений, свойств комплексообразования, экстракционных свойств и комбинированные методы. Испытания методов селективного осаждения примеси производилось первоначально на растворе рафината после извлечения меди с максимальной концентрацией железа;  $\text{Fe}^{2+}$  - 1,455 г/л,  $\text{Fe}^{3+}$  - 9,523 г/л. В качестве основных реагентов были задействованы комбинации химических соединений следующих типов действия:

- 1) аммоний фтористый (фторид аммония)  $\text{NH}_4\text{F}$  – комплексообразующее;
- 2) аммоний фтористый кислый (би-фторид аммония)  $\text{NH}_5\text{F}_2$  и сульфанол  $\text{R-C}_6\text{H}_4\text{NaO}_3\text{S-}$  – комплексообразующее/осаждающее;
- 3) трибутилфосфат  $(\text{C}_4\text{H}_9\text{O})_3\text{PO}$  - экстрактивное;
- 4) гидрофосфат натрия  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  и триполифосфат натрия  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  - осаждающее.

В результате, наиболее высокая эффективность удаления избыточного железа была выявлена при использовании метода осаждения с помощью триполифосфата натрия. Дозировка данного реагента осуществляется в зависимости от необходимого уровня очистки растворов медного выщелачивания от солей

железа. Обработка данным реагентом растворов участка медного выщелачивания осуществляется после стадии экстракции на рафинате.

**Выводы.** В данной работе рассмотрены исследование поведения примесных элементов при химическом выщелачивании медного сырья. По результатам исследования можно контактировать следующее переработка окисленных забалансовых медно-никелевых руд представляет собой два этапа выщелачивания с включениями в производственные циклы операций по осаждению избыточного железа. Технология раздельных стадий выщелачивания может быть применима как агитационному, так и кучному методам выщелачивания (после выработки меди из отвала – выщелачивание никеля), а также выполнена интенсификация процессов извлечения меди и удаления железа на стадии медного производства. Итоговая эффективность очистки медных растворов от примесей железа может достигать более 93 %. Получаемые в процессе очистки осадки пиросульфата железа могут представлять интерес в качестве дополнительного ценного продукта.

### References

- Avfukova L.S., Belova T.P. (2022) Sposoby kislotnogo vyshchelachivaniya nikel'soderzhashchih [Methods of Acid Leaching of Nickel-containing]. *Ores Advances in Contemporary Natural Science*. — No. 4. — P. 80-85 (in Russ.)
- Brožová S., Akçıl A., Čablík V. (2025) Bazan-Wozniak A. Selective separation and recovery of copper from industrial waste by leaching in sulfuric acid and hydrogen peroxide *Acta Montanistica Slovaca*, 30 (2). — P. 235-248. DOI: 10.46544/AMS.v30i2.02 (in Eng.)
- Caetano G.C., Ostroski I.C., de Barros M.A.S.D. (2024) Lateritic Nickel and Cobalt Recovery Routes: Strategic Technologies Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, DOI:10.1080/08827508.2024.2328696 (in Eng.)
- Chepushtanova T., Yessirkegenov M., Bochevskaya Y., Sharipova A., Baigenzhenov O., Merkibaev Y., Altmyshbayeva A. (2024) The Testing Results of ACORGA, LIX Extractants and CR60 Crud Mitigation Reagent Influence during SX-EW Copper Extraction Sustainability (Switzerland), 16 (17), art. no. 7815, DOI: 10.3390/su16177815 (in Eng.)
- Kenzhaliyev, B., Koizhanova A., Yerdenova, M., Magomedov, D., Bakraeva, A., Abdyldayev, N., Kassenova, B. (2025). Study of Copper Leaching Technology from Copper Ores by Biochemical Method. *Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra = Complex Use of Mineral Resources*, 338(3). — P. 101–111. <https://doi.org/10.31643/2026/6445.33> (in Eng.)
- Koizhanova A., Kenzhaliyev B., Magomedov D., Kamalov E., Yerdenova M., Bakrayeva A., Abdyldayev N. (2023) Study of Factors Affecting the Copper Ore Leaching Process *ChemEngineering*, 7 (3), art. no. 54, DOI: 10.3390/chemengineering7030054 (in Eng.)
- Koizhanova A.K., Kenzhaliyev B.K., Magomedov D.R., Erdenova M.B., Bakrayeva A.N., Abdyldayev N.N. (2024) Hydrometallurgical studies on the leaching of copper from man-made mineral formations. *Kompleksnoe Ispolzovanie Mineralnogo Syra = Complex Use of Mineral Resources*, 330(3):32-42. DOI: 10.31643/2024/6445.26 (in Eng.)
- Latyuk E., Goryachev A., Melamud V., Bulaev A. (2024) Hydrometallurgical Processing of a Low-Grade Sulfide Copper–Nickel Ore Containing Pt and Pd Processes, 12 (6), art. no. 1213, DOI:10.3390/pr12061213 (in Eng.)
- Li G., Chen Y., Mang C., Teng X., Luo J., Rao M. (2023) Near-Zero-Waste Approach for the Treatment of Saprolitic Nickel Laterite via a Combined Hydrometallurgical Process *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 11 (18). — P. 6856 - 6865, DOI: 10.1021/acssuschemeng.2c05403 (in Eng.)
- Liu W., Su H., Zhang J., Wang L., Liu Y., Liang J., Zhu Z. (2022) Synthesis of N-(2-ethylhexyl)-pyridine-4-carboxamide and its synergistic behaviors with dinonylnaphthalene sulfonic acid for the selective extraction of nickel and cobalt Separation and Purification Technology, 286, art. no. 120385, DOI: 10.1016/j.seppur.2021.120385 (in Eng.)

Ma C., Li B., Li J., Wang P., Dong J., Cui Z., Yang S. (2024) Characteristics and Deep Mineralization Prediction of the Langmuri Copper–Nickel Sulfide Deposit in the Eastern Kunlun Orogenic Belt, China *Minerals*, 14 (8), art. no. 786, DOI: 10.3390/min14080786 (in Eng.)

Niu Z., Li G., He D., Fu X., Sun W., Yue T. Resource-recycling and energy-saving innovation for iron removal in hydrometallurgy: Crystal transformation of ferric hydroxide precipitates by hydrothermal treatment. *Journal of Hazardous Materials*. 41615 August 2021. — Article No. 125972. (in Eng.)

Voropanova L.A., Kokoyeva N.B. (20.01. 2016) Ekstrakciya ionov zheleza (III) iz vodnyh rastvorov tributilfosfatom [Extraction of iron (III) ions from aqueous solutions with tributyl phosphate]. Patent RU 2 572 927 C1. Bull. — No. 2 (in Russ.)

Wan, B., Yang, P., Jung, H., Zhu, M., Diaz, J.M., Tang, Y. (2021) Iron oxides catalyze the hydrolysis of polyphosphate and precipitation of calcium phosphate minerals *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 305. — P. 49-65. (in Eng.)

Yu J., Ma B., Shi L., Wang C., Chen Y. (2024) Selective removal of Fe(III) from HNO<sub>3</sub> leach liquor of saprolitic laterite ore: Precipitation efficiency, hydrolysis mechanism, and removal strategy *Separation and Purification Technology*, 344, art. no. 127273, DOI: 10.1016/j.seppur.2024.127273 (in Eng.)

Zhou X., Chen Y., Tan F., An J., Yang W. (2024) Selective removal of iron from sulfuric acid leaching solution of aerospace magnetic material scraps by jarosite process *Waste Management*, 188. — P. 107 - 116, DOI: 10.1016/j.wasman.2024.08.007 (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](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://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