

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



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ  
АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

# Х А Б А Р Л А Р Ы

---

---

## ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН»

## N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF  
KAZAKHSTAN

**SERIES**  
**CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**  
**4 (461)**

**OCTOBER – DECEMBER 2024**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

### **Бас редактор:**

**ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынұлы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 4

### **Редакция алқасы:**

**ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мынжасарұлы** (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» Халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) Н = 11

**АГАБЕКОВ Владимир Енокович** (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь) Н = 13

**СТРНАД Мирослав**, профессор, Чехия ғылым академиясының Эксперименттік ботаника институтының зертхана меңгерушісі (Оломоуц, Чехия) Н = 66

**БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-дың бірінші проректоры (Алматы, Қазақстан) Н = 11

**ХОХМАНН Джудит**, Сегед университетінің Фармацевтика факультетінің Фармакогнозия кафедрасының меңгерушісі, Жаратылыстану ғылымдарының пәнаралық орталығының директоры (Сегед, Венгрия) Н = 38

**РОСС Самир, PhD докторы**, Миссисипи университетінің Өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу ұлттық орталығы, Фармация мектебінің профессоры (Оксфорд, АҚШ) Н = 35

**ХУТОРЯНСКИЙ Виталий**, философия докторы (PhD, фармацевт), Рединг университетінің профессоры (Рединг, Англия) Н = 40

**ТЕЛТАЕВ Бағдат Бұрханбайұлы**, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі (Алматы, Қазақстан) Н = 13

**ФАРУК Асана Дар**, Хамдар аль-Маджида Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдард университетінің Шығыс медицина факультеті (Карачи, Пәкістан) Н = 21

**ФАЗЫЛОВ Серік Драхметұлы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Органикалық синтез және көмір химиясы институты директорының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары (Қарағанды, Қазақстан) Н = 6

**ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробекқызы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, Қырғызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Қырғызстан) Н = 4

**ХАЛИКОВ Джурабай Халикович**, химия ғылымдарының докторы, профессор, Тәжікстан ҒА академигі, В.И. Никитин атындағы Химия институты (Душанбе, Тәжікстан) Н = 6

**ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджидоглы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҰҒА академигі (Баку, Әзірбайжан) Н = 13

**ГАРЕЛИК Хемда**, философия докторы (PhD, химия), Халықаралық таза және қолданбалы химия одағының Химия және қоршаған орта бөлімінің президенті (Лондон, Англия) Н = 15

### **«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы»**

**ISSN 2518-1491 (Online),**

**ISSN 2224-5286 (Print)**

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № **KZ66VPY00025419** мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы РҚБ, 2024

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

### Главный редактор:

**ЖУРИНОВ Мурат Журинович**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) Н = 4

### Редакционная коллегия:

**АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович** (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан) Н = 11

**АГАБЕКОВ В ладимир Енокович** (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь) Н = 13

**СТРНАД Мирослав, профессор**, заведующий лабораторией института Экспериментальной ботаники Чешской академии наук (Оломоуц, Чехия) Н = 66

**БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, Первый проректор КазНУ имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н = 11

**ХОХМАНН Джудит**, заведующий кафедрой Фармакогнозии Фармацевтического факультета Университета Сегеда, директор Междисциплинарного центра естественных наук (Сегед, Венгрия) Н = 38

**РОСС Самир**, доктор PhD, профессор Школы Фармации национального центра научных исследований растительных продуктов Университета Миссисипи (Оксфорд, США) Н = 35

**ХУТОРЯНСКИЙ Виталий**, доктор философии (Ph.D, фармацевт), профессор Университета Рединга (Рединг, Англия) Н = 40

**ТЕЛЬГАЕВ Багдат Бурханбайулы**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан) Н = 13

**ФАРУК Асана Дар**, профессор колледжа Восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет Восточной медицины университета Хамдарда (Карачи, Пакистан) Н = 21

**ФАЗЫЛОВ Серик Драхметович**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углехимии (Караганда, Казахстан) Н = 6

**ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробековна**, доктор химических наук, профессор, академик НАН Кыргызстана, Институт химии и химической технологии НАН КР (Бишкек, Кыргызстан) Н = 4

**ХАЛИКОВ Джурабай Халикович**, доктор химических наук, профессор, академик АН Таджикистана, Институт химии имени В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, Таджикистан) Н = 6

**ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджид оглы**, доктор химических наук, профессор, академик НАНА (Баку, Азербайджан) Н = 13

**ГАРЕЛИК Хемда**, доктор философии (Ph.D, химия), президент Отдела химии и окружающей среды Международного союза чистой и прикладной химии (Лондон, Англия) Н = 15

«Известия НАН РК. Серия химии и технологий».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ66VPY00025419, выданное 29.07.2020 г.

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

Периодичность: 4 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19

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

© РОО Национальная академия наук Республики Казахстан, 2024

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

#### **Editor in chief:**

**ZHURINOV Murat Zhurinovich**, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, president of NAS RK, general director of JSC "Institute of fuel, catalysis and electrochemistry named after D.V. Sokolsky (Almaty, Kazakhstan) H = 4

#### **Editorial board:**

**ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich** (deputy editor-in-chief) doctor of chemical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the international Scientific and production holding «Phytochemistry» (Karaganda, Kazakhstan) H = 11

**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) H = 13

**STRNAD Miroslav**, head of the laboratory of the institute of Experimental Botany of the Czech academy of sciences, professor (Olomouc, Czech Republic) H = 66

**BURKITBAYEV Mukhambetkali**, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, first vice-rector of al-Farabi KazNU (Almaty, Kazakhstan) H = 11

**HOHMANN Judith**, head of the department of pharmacognosy, faculty of Pharmacy, university of Szeged, director of the interdisciplinary center for Life sciences (Szeged, Hungary) H = 38

**ROSS Samir, Ph.D.**, professor, school of Pharmacy, national center for scientific research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA) H = 35

**KHUTORYANSKY Vitaly, Ph.D.**, pharmacist, professor at the University of Reading (Reading, England) H = 40

**TELTAYEV Bagdat Burkhanbayuly**, doctor of technical sciences, professor, corresponding member of NAS RK, ministry of Industry and infrastructure development of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan) H = 13

**PHARUK Asana Dar**, professor at Hamdard al-Majid college of Oriental medicine. faculty of Oriental medicine, Hamdard university (Karachi, Pakistan) H = 21

**FAZYLOV Serik Drakhmetovich**, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, deputy director for institute of Organic synthesis and coal chemistry (Karaganda, Kazakhstan) H = 6

**ZHOROBEKOVA Sharipa Zhorobekovna**, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Kyrgyzstan, Institute of Chemistry and chemical technology of NAS KR (Bishkek, Kyrgyzstan) H = 4

**KHALIKOV Jurabay Khalikovich**, doctor of chemistry, professor, academician of the academy of sciences of Tajikistan, institute of Chemistry named after V.I. Nikitin AS RT (Tajikistan) H = 6

**FARZALIEV Vagif Medzhid ogly**, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan) H = 13

**GARELIK Hemda**, PhD in chemistry, president of the department of Chemistry and Environment of the International Union of Pure and Applied Chemistry (London, England) H = 15

**News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology.**

**ISSN 2518-1491 (Online),**

**ISSN 2224-5286 (Print)**

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (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 No. **KZ66VPY00025419**, issued 29.07.2020.

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

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

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

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2024

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

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224–5286

Volume 4. Number 461 (2024), 94–110

<https://doi.org/10.32014/2024.2518-1491.253>

ӘОЖ 669.2

**B.K. Kenzhaliyev, T.S. Omirbek\*, A.N. Berkinbayeva, Sh. Saulebekkyzy,  
N.M. Tolegenova, 2024.**

Satbayev University, the JSC “Institute of Metallurgy and Ore Beneficiation”,  
Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [omirbek\\_ts@mail.ru](mailto:omirbek_ts@mail.ru)

### **MICROWAVE-ASSISTED ZINC EXTRACTION FROM INDUSTRIAL CLINKER: OPTIMIZING PHASE TRANSFORMATIONS AND ENHANCING LEACHING EFFICIENCY**

**Kenzhaliev Bagdaulet Kenzhaliyevich** – doctor of technical sciences, professor, General Director in the “Institute of Metallurgy and Ore Beneficiation”, Almaty, Kazakhstan, E-mail: [bagdaulet\\_k@satbayev.university](mailto:bagdaulet_k@satbayev.university), <https://orcid.org/0000-0003-1474-8354>;

**Omirbek Tursynkul Serikbekkyzy** – master’s student. Satbayev University, the JSC “Institute of Metallurgy and Ore Beneficiation”, Almaty, Kazakhstan, E-mail: [omirbek\\_ts@mail.ru](mailto:omirbek_ts@mail.ru), <https://orcid.org/0009-0001-6230-6609>;

**Berkinbayeva Ainur Nurkalievna** – candidate of technical sciences, head of the laboratory of chemical laboratory. Satbayev University, the JSC “Institute of Metallurgy and Ore Beneficiation”, Almaty, Kazakhstan, E-mail: [a.n.berkinbayeva@satbayev.university](mailto:a.n.berkinbayeva@satbayev.university), <https://orcid.org/0000-0002-2569-9087>;

**Shynar Saulebekkyzy** – junior researcher, master. Satbayev University, the JSC “Institute of Metallurgy and Ore Beneficiation”, Almaty, Kazakhstan, E-mail: [sh.saulebekkyzy@satbayev.university](mailto:sh.saulebekkyzy@satbayev.university), <https://orcid.org/0000-0002-7214-9627>;

**Tolegenova Nazerke Mauleshkyzy** – engineer, master’s student. Satbayev University, the JSC “Institute of Metallurgy and Ore Beneficiation”, Almaty, Kazakhstan, E-mail: [n.tolegenova@satbayev.university](mailto:n.tolegenova@satbayev.university), <https://orcid.org/0000-0001-8059-2960>.

**Abstract.** This paper proposes an advanced method utilizing microwave irradiation to efficiently extract zinc from materials with high processing complexity. The described method comprises two sequential phases: phase transformation via microwave treatment and subsequent leaching in sulfuric acid at ambient temperature. During the phase transformation facilitated by microwave energy, insoluble zinc phases are converted into a controlled phase. Experimental results confirm that microwave treatment at 600°C for 5–7 minutes is effective in converting ZnS to ZnO while preventing the formation of ZnO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. With a microwave radiation power of 25 kW, zinc extraction from clinker over the specified time period reaches 46.47%. Thus, the study unveils the potential for environmentally safe zinc production from complexly processed resources.

**Keywords:** zinc, clinker, microwave roasting, phase transformation, leaching.

**Б.К. Кенжалиев, Т.С. Өмірбек \*, А.Н. Беркинбаева, Ш. Сәулебекқызы,  
Н.М. Төлегенова, 2024.**

Satbayev University; «Металлургия және кен байыту институты» АҚ,  
Алматы, Қазақстан.

E-mail: omirbek\_ts@mail.ru

## **МИКРОТОЛҚЫНДЫ ӨНДЕУ АРҚЫЛЫ ӨНДІРІСТІК КЛИНКЕРДЕН МЫРЫШТЫ АЛУ: ФАЗАЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ШАЙМАЛАУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ**

**Кенжалиев Бақдәулет Кенжалыұлы** – техника ғылымдарының докторы, профессор. Бас директор «Металлургия және кен байыту институты» АҚ., Алматы, Қазақстан, E- mail: bagdaulet\_k@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0003-1474-8354>;

**Өмірбек Тұрсынқұл Серікбекқызы** – магистрант. Satbayev University, «Металлургия және кен байыту институты» АҚ., Алматы, Қазақстан, E-mail: omirbek\_ts@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-6230-6609>;

**Беркинбаева Айнұр Нұрқалиқызы** - техника ғылымдарының кандидаты, хиялық талдау зертханасының меңгерушісі. Satbayev University, «Металлургия және кен байыту институты» АҚ., Алматы, Қазақстан, E-mail: a.n.berkinbayeva@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0002-2569-9087>;

**Шынар Сәулебекқызы** – кіші ғылыми қызметкер, магистр. Satbayev University, «Металлургия және кен байыту институты» АҚ., Алматы, Қазақстан, E-mail: sh.saulebekkyzy@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0002-7214-9627>;

**Төлегенова Назерке Маулешқызы** – инженер, магистрант. Satbayev University, «Металлургия және кен байыту институты» АҚ., Алматы, Қазақстан, E -mail: n.tolegenova@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0001-8059-2960>.

**Аннотация.** Бұл мақалада өңдеу күрделілігі жоғары материалдардан мырышты тиімді экстракциялау мақсатында микротолқынды әсер ету бойынша озық әдіс ұсынылған. Сипатталған әдіс екі кезекті фазаны қамтиды: микротолқынды әсер ету арқылы фазалық өзгеріс және амбиентті температурада күкірт қышқылында шаймалау. Микротолқынды энергияны пайдалану арқылы жүзеге асырылатын фазалық өзгеріс барысында қиын еритін мырыш фазалары бақыланатын фазаға ауысады. Эксперимент нәтижелері микротолқынды өңдеу 600°C-та 5–7 минут бойы ZnS-ті ZnO-ға түрлендіру үшін тиімді екенін, ZnO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> түзілуін болдырмайтынын растайды. Микротолқынды сәулелену қуаты 25 кВт кезінде көрсетілген уақыт аралығында клинкерден мырыш экстракциясы 46,47% құрайды. Осылайша, зерттеу, күрделі өңделетін ресурстардан мырышты экологиялық қауіпсіз өндірудің болашағын ашады.

**Түйін сөздер:** мырыш, клинкер, микротолқынды күйдіру, фазалық өзгеру, шаймалау.

*Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетінің (грант AR 19675985) гранттық қаржыландыру шеңберінде жүргізілді.*



**Б.К. Кенжалиев, Т.С. Омирбек\*, А.Н. Беркинбаева, Ш. Саулебеккызы,  
Н.М. Толегенова, 2024.**

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

E-mail: omirbek\_ts@mail.ru

## **ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦИНКА ИЗ ПРОМЫШЛЕННОГО КЛИНКЕРА С ПОМОЩЬЮ МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ: ОПТИМИЗАЦИЯ ФАЗОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ**

**Кенжалиев Багдаулет Кенжалиевич** – доктор технических наук, профессор, Генеральный директор АО «Институт металлургии и обогащения», Алматы, Казахстан, E-mail: bagdaulet\_k@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0003-1474-8354>;

**Омирбек Турсынкуль Серикбеккызы** – магистрант, Satbayev University, АО «Институт металлургии и обогащения», Казахстан, Алматы, Казахстан, E-mail: omirbek\_ts@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-6230-6609>;

**Беркинбаева Айнур Нуркалиевна** – кандидат технических наук, заведующая химико-аналитической лабораторией, Satbayev University, АО «Институт металлургии и обогащения», Алматы, Казахстан, E-mail: a.n.berkinbayeva@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0002-2569-9087>;

**Шынар Саулебеккызы** – младший научный сотрудник, магистр, Satbayev University, АО «Институт металлургии и обогащения», Алматы, Казахстан, E-mail: sh.saulebekkyzy@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0002-7214-9627>;

**Толегенова Назерке Маулешкызы** – инженер, магистрант, Satbayev University, АО «Институт металлургии и обогащения», Алматы, Казахстан, E-mail: n.tolegenova@satbayev.university, <https://orcid.org/0000-0001-8059-2960>.

**Аннотация.** В данной статье предлагается передовой метод, использующий микроволновое излучение для эффективной экстракции цинка из материалов со сложной переработкой. Описанный метод включает два последовательных этапа: фазовое преобразование с помощью микроволнового облучения и последующее выщелачивание в серной кислоте при комнатной температуре. В процессе фазового преобразования, осуществляемого с использованием микроволновой энергии, нерастворимые фазы цинка превращаются в контролируемую фазу. Экспериментальные результаты подтверждают, что микроволновая обработка при 600°C в течение 5–7 минут эффективна для превращения ZnS в ZnO, предотвращая образование  $ZnO \cdot Fe_2O_3$ . При мощности микроволнового излучения 25 кВт экстракция цинка из клинкера за указанный период времени составляет 46,47%. Таким образом, исследование открывает перспективы экологически безопасного производства цинка из ресурсов со сложной переработкой.

**Ключевые слова:** цинк, клинкер, микроволновое обжиг, фазовая трансформация, выщелачивание.

**Кіріспе.** Мырыш металлургиясы саласындағы қазіргі заманғы үрдістер осы металдың жаһандық тұтыну көлемінің тұрақты өсуін көрсетеді, бұл оның түрлі өнеркәсіп салаларында қолданылу ауқымының кеңеюімен, сондай-ақ мырыштың

өзі мен мырышты өнімдердің құнының артуымен қатар жүреді. Маңызды үрдістердің бірі – қайта өңдеу көлеміндегі екінші реттік шикізат үлесінің өсуі болып табылады. Лондон металдар биржасының (LME) деректері бойынша, мырыштың ағымдағы бағасы тоннасына 2,390.0 АҚШ долларын құрайды (<https://metallcheckiy-portal.ru/index-cen-lme>), бұл зерттеудің маңыздылығын көрсетеді.

Мырышнарығының қазіргі жағдайын талдау осы металдың әлемдік нарықта өсіп келе жатқан тапшылығын көрсетеді, бұл оның тұтыну қарқынының қолданыстағы кәсіпорындардың өндірістік қуаттарынан асып түсуімен байланысты (Kaplunov, 2011: 22; <https://dknews.kz/ru/ekonomika/105991-v-kazahstane-ezhegodno-proizvoditsya-300-tysyach-tonn>). Мырыш қорының көлемі бойынша жетекші елдер – Қытай мен Австралия, әрқайсысы шамамен 30 миллион тоннаға ие, олардың артынан 25 миллион тонна қорымен АҚШ келеді, ал айтарлықтай артта қалған Канада мен Перу.

Әлемдік мырыш қорының 60%-дан астамы сульфидті-полиметалл кен орындарында шоғырланған, ал шамамен 30%-ы стратиформды кен орындарына тиесілі. Әлемде жыл сайынғы мырыш өндіру 13,5 млн тоннадан асады (<https://home.kpmg/content/dam/kpmg/ru/pdf/2019/10/ru-ru-metals-and-mining-prices-report-3q-2019.pdf>), соның ішінде негізгі бөлігі (85%) сульфидті концентраттардан өндіріледі. Сонымен қатар, кондицияланбаған және екінші реттік шикізат түрлерінің, оның ішінде ұжымдық концентраттар, тотыққан кендер, шламдар және басқалардың үлесі аз болып қалады. Бұл олардың өңдеу үшін тиімді технологиялық шешімдер мен әдістердің жоқтығымен байланысты, бұл осы саладағы жаңа тәсілдерді әзірлеудің өзектілігін көрсетеді (Esezobor, et al., 2006: 425; U.S. Geological survey, 2020: 200).

Мырыш құрамдас техногендік шикізатты өңдеу үшін пиро- және гидрометаллургиялық әдістер қолданылады (Yang, et al., 2021: 221; Klein, et al., 2009: 492; Akhtamov, et al., 2016: 72; Naboychenko, et al., 1997: 255). Ең кең таралған пирометаллургиялық өңдеу әдісі – кокс қосу арқылы 1100–1300 °C температурада күйдіру (қалпына келтіру-возгонный күйдіру), бұл өңделетін материал массасының 35–45%-ын құрайды. Бұл процесс цинк дистилляттарын және кейіннен күкірт қышқылымен шаймалау арқылы пайдаланылатын құнды компоненттерді қамтитын клинкерді алуға мүмкіндік береді (Kozlov 2020: 36). Алайда, бағалаулар бойынша, Қазақстанда мырыш өнеркәсібінің 4,5–5,7 млн тонна қалдығы жиналған (Kolesnikov, et al., 2022: 324; Yessengaziyev, et al., 2017: 980), бұл олардың кәдеге жаратылуы қажеттілігінің өзекті мәселесін көрсетеді.

Пиропроецестер, олардың кең таралғанына қарамастан, жоғары энергия шығыны және процедуралардың күрделілігі сияқты елеулі кемшіліктерге ие, бұл оларды құрамының және матрицалық құрылымының күрделілігіне байланысты жоғары кремнийлі техногенді мырыш құрамдас шикізатты өңдеу үшін аз тиімді етеді (Beisembaev, et al., 2002: 220). Бұл мұндай шикізаттың жиі өңделмей, шламды алаңдарда сақталуына әкеліп соғады, бұл экологиялық және экономикалық мәселелерді тудырады.

Осыған байланысты, УЖЖ-сәулеленуді алдын ала қолдану арқылы қиын



ашылатын мырыш құрамдас шикізатты өңдеудің жаңа тиімді технологиясын әзірлеудің өзектілігі айқын болуда (Singh, et al., 2022). Бұл тәсіл тек техногенді қалдықтар орналасқан аймақтардағы экологиялық жағдайды жақсартуға ғана емес, сондай-ақ өңделмеген шикізат көлемін азайту арқылы қосымша түсті және асыл металдар түріндегі өнімдерді алуды қамтамасыз етуге, олардың қолдану салаларын кеңейтуге мүмкіндік береді.

Ұсынылған әдіс пирометаллургиялық процестерді қолдануды болдырмай, шикізаттың қиын ашылатын матрицасын бұзу үшін электромагниттік әсерді қолдануды ұсынады. Мұндай тәсіл өңдеу процестерін жеңілдетіп қана қоймай, олардың тиімділігін айтарлықтай арттыруға мүмкіндік береді, бұл техногенді мырыш құрамдас шикізатты кәдеге жарату және пайдалану үшін жаңа перспективалар ашады.

УЖЖ-сәулеленудің күрделі құрамды қиын ашылатын мырыш құрамдас шикізатқа әсері оның құрылымына айтарлықтай өзгерістер әкеледі. Бағалы компоненттерді қамтитын негізгі минералдар арасындағы байланыстардың әлсіреуі құрылымдық өзгерістерді тудырады, матрицаны химиялық әсерге қол жетімді және икемді етеді. Осылайша, бағалы компоненттер жеңілірек ашылатын түрлерге ауысып, олардың ерітіндіге толығырақ шығуын қамтамасыз етеді (Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2008, (6): 44-48. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6532.2008.06.013).

Микротолқынды сәулелену алдын ала өңдеу минералдарында кеңінен қолданылады, мұнда ол минералдардың құрылымдық және физикалық қасиеттерін өзгертуге ықпал етеді, олардың кейінгі өңдеуін жеңілдетеді. Metallургия саласында бұл зерттеу бағыты кеннен металдарды алуға микротолқынды өңдеуді қолдануды негіздейді, бұл энергия шығындарын азайтуға және өнім шығуын арттыруға мүмкіндік береді. Материалтану саласында микротолқынды өңдеу өндіріс шығындарын салыстырмалы түрде төмендеті отырып, функционалдық материалдарды жақсартылған қасиеттермен синтездеудің тиімді тәсілі болып табылады (Ramesh, et al, 2018: 8927).

Микротолқынды өңдеудің айтарлықтай артықшылығы жоғары сапалы функционалдық материалдарды өңдеуде байқалады. Бұл жоғары біртектілікті және жақсартылған механикалық және электрлік қасиеттерді қамтамасыз етеді, сондай-ақ өндірістік шығындарды азайтады. Зерттеулер микротолқынды қыздыру синтез процестерін айтарлықтай жеделдетуге, алынатын материалдардың морфологиясы мен құрылымдық сипаттамаларын оңтайландыруға қабілетті екенін көрсетті, бұл материалтану және ілеспе пәндер саласында технологияларды дамыту үшін жаңа перспективалар ашады (Kamariah, et al., 2022:183; Soni, et al., 2020: 97; Kalebic, et al., 2022: 13313; Wei, et al., 2019: 157; Feng, et al., 2019:1090).

Осылайша, бұл зерттеудің негізгі мақсаты - УЖЖ-сәулеленудің әсерінен қиын ашылатын мырыш құрамдас шикізаттың фазалық құрамы мен құрылымдық трансформациясының өзгеру заңдылықтарын талдау. Ерекше назар шикізаттың негізгі компоненттерінің қышқылдармен және сілтілермен өзара әрекеттесуінің кинетикалық заңдылықтарын зерттеуге аударылады, бұл УЖЖ-сәулелену

арқылы өңделген мырыш құрамдас шикізаттағы құрылымдық өзгерістер туралы бар деректер базасын жаңа мәліметтермен толықтырып, құрамында мырыш бар күрделі шикізаттан бағалы компоненттерді алудың тиімді технологиялық шешімдерін әзірлеуге негіз болады.

## Материалдар мен әдістер

### *Зерттеу объектісі*

Зерттеу объектісі ретінде қиын ашылатын техногендік мырыш құрамдас шикізат – клинкер таңдалды. Рентгенофлуоресцентті талдау нәтижелері айтарлықтай мөлшерде темірдің – 37,53%, кальцийдің – 3,81%, кремнийдің – 4,58%, оттегінің – 41,64%, мыс – 1,04%, мырыш – 1,2%-дан астам және басқа да элементтердің құрамын көрсетеді, олар кесте 1-де берілген.

Кесте 1. Клинкердің рентгенофлуоресцентті талдауы

Элементтердің құрамы, %											
O	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr
41,644	0,173	1,030	0,912	4,581	0,055	0,807	0,011	0,109	3,807	0,101	0,020
Mn	Fe	Ni	Cu	Zn	As	Sr	Zr	Mo	Sb	Ba	Pb
0,110	37,532	0,033	1,037	1,217	0,138	0,043	0,012	0,026	0,034	0,825	0,154

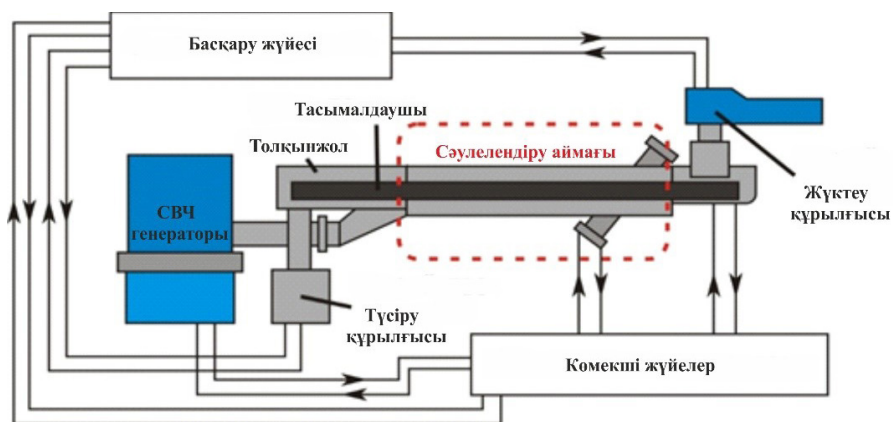
Клинкер құрамын талдау зерттелетін шикізаттың химиялық табиғатын тереңірек түсінуге мүмкіндік береді, бұл оны өндеудің ең тиімді әдістерін анықтау үшін өте маңызды. Рентгенофлуоресцентті талдау нәтижелері кейінгі эксперименттік зерттеулердің негізін құрайды.

### *Эксперименттік бөлім*

Клинкерден мырыш алу технологиясы үш негізгі кезеңді қамтиды: клинкерді 90% болатын - 0,071+0 мм дәрежесіне дейін ұсақтау, микротолқынды фазалық өзгерту және  $H_2SO_4$  көмегімен шаймалау. Бірнеше егжей-тегжейлі кезеңдер 1-суретте көрсетілген, оның ішінде сынаманы дайындау, жоғары температуралы микротолқынды реакторда «ЭНЕРГИЯ К-50» қондырғысында (915 МГц, 25 кВт) клинкерді өндеу, оның артықшылығы жоғары қуаттылық, жұмыстың тұрақтылығы (Liu, et al, 2023: 356; Namidi, et al, 2023: 109472), жоғары тиімділік, сондай-ақ клинкерді кейіннен шаймалау (2-сурет). Клинкерді шаймалау 100 г/дм<sup>3</sup> концентрациялы  $H_2SO_4$  ерітіндісінде 6 сағат бойы 300 айн/мин араластыру жылдамдығымен, қатты заттың сұйықтыққа қатынасы 1:5 және температурасы 293 К болған жағдайда жүргізілді.



Сурет 1. Эксперименттің ағын диаграммасы

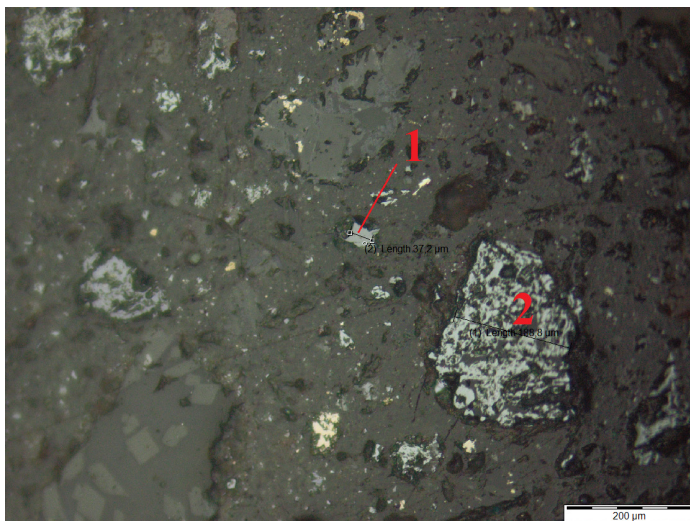


Сурет 2. «ЭНЕРГИЯ К-50» УЖЖ қондырғысының схемасы

## Нәтижелер мен талқылау

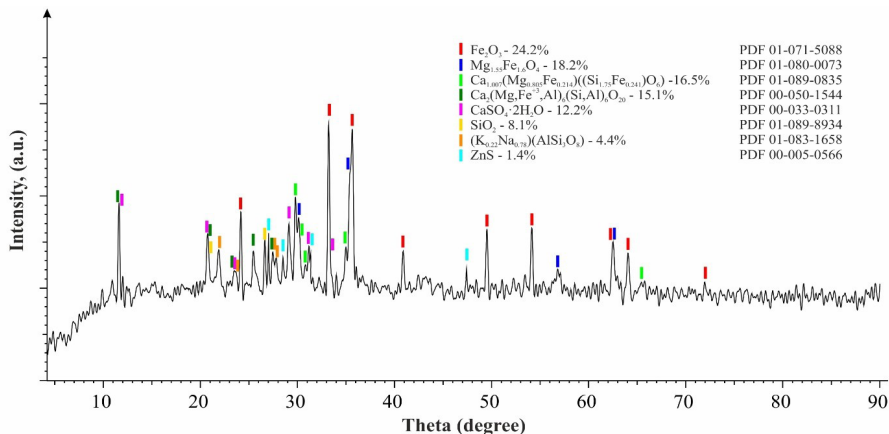
### *Клинкердің минералогиялық сипаттамалары*

OLYMPUS BX51 микроскопының көмегімен жүргізілген клинкердің минералогиялық талдауы 3-суретте көрсетілген бірнеше негізгі минералдардың бар екенін анықтады. Олардың ішінде сирек ұсақ дисперсті андральді түйіршіктер түрінде анықталған сфалерит ( $ZnS$ ), пирит ( $FeS_2$ ) және сфалеритпен сингенетикалық ассоциациялары бар халькопирит ( $CuFeS_2$ ), сондай-ақ өлшемдері мен пішіндерінің едәуір әртүрлілігін көрсететін гематит ( $Fe_2O_3$ ) және көміртекті қосылыстар бар.



Сурет 3. Сфалерит (1), гематит (2)

Рентгенофазалық талдау клинкердің негізгі фазалық компоненттері гематит (Hematite) – 24,2%, темір мен магний оксиді (Magnesium Iron Oxide) – 18,2% екенін анықтады, сондай-ақ басқа фазалар 4-сурет пен 2-кестеде көрсетілген.



Сурет 4. Клинкердің дифрактограммасы

Кесте 2. Клинкердің рентгенофазалық талдауының нәтижелері

Compound Name	Formula	S-Q, %
Hematite	$Fe_2O_3$	24,2%
Magnesium Iron Oxide	$Mg_{1.55}Fe_{1.604}$	18,2%
Diopside, ferrian	$Ca_{1.007}(Mg_{0.805}Fe_{0.214})((Si_{1.75}Fe_{0.241})O_6)$	16,5%

Calcium Magnesium Iron Aluminum Silicate	$\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe}^{+3},\text{Al})_6(\text{Si,Al})_6\text{O}_{20}$	15,1%
Gypsum	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	12,2%
Quartz	$\text{SiO}_2$	8,1%
Albite, potassian	$(\text{K}_{0,22}\text{Na}_{0,78})(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	4,4%
Sphalerite	ZnS	1,4%

### ***Микротолқынды сәулелену арқылы фазалық түрлендіру***

Микротолқынды (УЖЖ) толқындар жиілігі 300 МГц-тен 300 ГГц-ке дейінгі диапазонды қамтиды, бұл материалдарға атомдық немесе молекулалық деңгейде, әсіресе диэлектриктерге, диэлектрлік қыздыру әсері арқылы тиімді әсер етуге мүмкіндік береді.

Микротолқынды генератор, әдетте магнетрон, микротолқынды толқындар шығарады, олар толқынжол арқылы материалға бағытталады. Микротолқындар материалға енген кезде, олар «жүгіретін толқын» түрінде таралады. Бұл толқын материал арқылы қозғалғанда, оның электрлік және магниттік өрістері бір-біріне және толқынның таралу бағытына перпендикуляр тербеледі. Жүгіретін толқынды жасау үшін УЖЖ энергиясы толқынжол немесе резонаторға бағытталады, сондықтан толқын айтарлықтай шағылыспай бір бағытта таралады. Толқынжолдар толқынның белгілі бір жол бойымен таралуын қолдайтындай етіп жасалған, бұл толқынның жүйе арқылы «жүгіруіне» мүмкіндік береді (Okress,1971: 272).

Жүгіретін толқын әдісінің артықшылықтары (Jiraushek, et al., 2021; Wong, et al., 2020): Материалдың барлық көлемінде энергияны біркелкі тарату, бұл кейбір аймақтардың шамадан тыс қызуын немесе жеткіліксіз қызуын болдырмауға мүмкіндік береді; Энергияның материалға тікелей берілуі есебінен жоғары тиімділік және энергияны үнемдеу; Өңдеу процесін дәл бақылау мүмкіндігі; Дәстүрлі қыздыру әдістерімен салыстырғанда өңдеу жылдамдығының жоғары болуы.

Материал арқылы жүгіретін микротолқынды толқынның таралуын Максвелл теңдеулері тұрғысынан түсіндіруге болады (Bruell, et al., 2022), электрлік (E) және магниттік (H) өрістері келесідей сипатталады:

$$\nabla \times E = -\frac{\partial B}{\partial t}$$

$$\nabla \times H = \frac{\partial D}{\partial t} + J$$

мұндағы B – магниттік индукция, D – электрлік ығысу, ал j – ток тығыздығы.

Бұл теңдеулер электромагниттік толқындардың әртүрлі орталар арқылы қозғалысын, электрлік және магниттік компоненттер арқылы материалға энергияның берілуін реттейді.

Микротолқындардың материалға енуі және материалдың бөліктерінің

селективті қыздырылуы барысында локализацияланған температура градиенттері қалыптасады. Материал ішіндегі индуцирленген температура градиенті фазалық өзгерістерге әкелуі мүмкін. Фазалық ауысу жылдамдығы материалдың меншікті жылу сыйымдылығына ( $C_p$ ), тығыздығына ( $\rho$ ) және жылу өткізгіштігіне ( $k$ ) байланысты болуы мүмкін, бұл келесі жылуөткізгіштік теңдеуімен сипатталады:

$$\frac{\partial t}{\partial T} = \frac{k}{\rho C_p} \nabla^2 T$$

мұндағы  $T$  – температура,  $t$  – уақыт.

Бұл градиенттер материалда фазалық өзгерістерді, мысалы, балқуды, агломерацияны немесе химиялық реакцияларды тудыруы мүмкін.

Материал өңделетін аймақ жүгіретін толқынның әсер ету аймағына орналастырылады. Микротолқынды толқынның энергиясы материалға беріледі, диэлектрлік шығындар есебінен оның қызуына әкеледі – бұл процесс кезінде электромагниттік өрістің энергиясы материал ішінде жылу энергиясына айналады (Lachana, et al., 2022; Luo, 2022:234; Kumar, et al., 2019: 3326).

Материалдың микротолқынды сәулелену әсерінен қызу жылдамдығы келесі теңдеумен сипатталуы мүмкін:

$$P = \frac{\varepsilon' \cdot E^2 \cdot \omega \cdot \varepsilon_0}{2}$$

мұндағы  $P$  – бір көлем бірлігіне сіңірілетін қуат,  $\varepsilon'$  – материалдың диэлектрлік өтімділігі,  $E$  – электр өрісінің кернеулігі,  $\omega$  – микротолқынды сәулеленудің бұрыштық жиілігі,  $\varepsilon_0$  – бос кеңістіктің диэлектрлік өтімділігі.

Материалды қыздыру процесі УЖЖ генераторының қуатын, әсер ету уақытын және жүгіретін толқынның сипаттамаларын реттеу арқылы басқарылады. Бұл өңдеу процесін оңтайландыруға мүмкіндік береді, мысалы, материалды біркелкі қыздыру үшін.

Кесте 3 УЖЖ қондырғысы «ЭНЕРГИЯ К-50» бойынша жүргізілген эксперименттердің параметрлерін көрсетеді. Сынақтар барысында микротолқындардың қуаты (25 кВт) және толқын жиілігі (915 МГц) бірдей болғанымен, әртүрлі температуралық режимдерде төрт эксперимент жүргізілді. Әр эксперименттің ұзақтығы 5–7 минутты құрады, температуралары тиісінше 250, 460, 600 және 700 °С деңгейінде орнатылды.

Кесте 3. УЖЖ қондырғысы бойынша эксперименттердің параметрлері

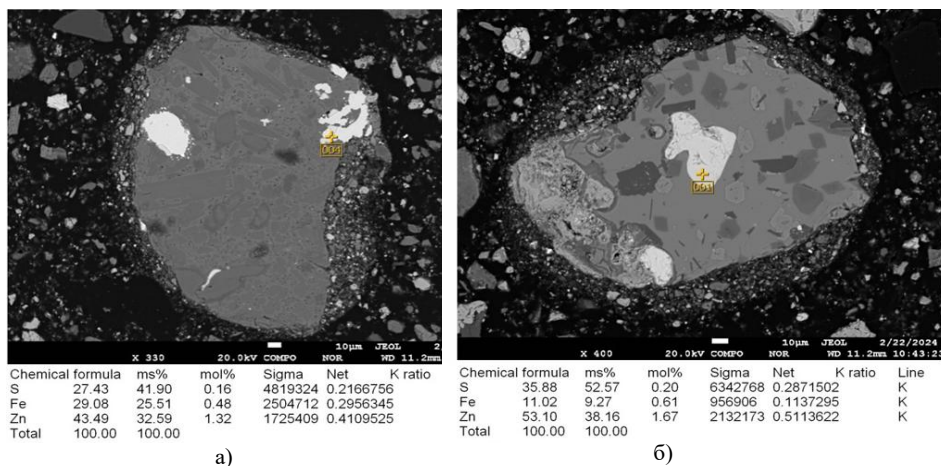
Көрсеткіш атауы	1-тәжірибе	2-тәжірибе	3-тәжірибе	4-тәжірибе
Микротолқындардың қуаты, кВт	25	25	25	25
Толқын жиілігі, МГц	915	915	915	915



Эксперименттің ұзақтығы, мин	5-7	5-7	5-7	5-7
Температура, °С	250	460	600	700

Эксперименттердің нәтижелері JEOL JXA-8230 сканерлеуші электрондық микроскоптың көмегімен, энергодисперсиялық анализатормен жабдықталған (5, 6, 7-суреттер), УЖЖ сәулеленуіне дейін және одан кейін жүргізілген сфалериттің электрондық микроскопиялық зерттеулерімен көрсетілген. 5а және 5б суреттерінің талдауы, өңдеу температуралық шарттарының әртүрлілігіне карамастан, үлгілердің микроструктурасында, фазалық және химиялық құрамында айтарлықтай өзгерістерді анықтамады.

Сфалериттің микроструктурасы мен құрамында байқалатын өзгерістердің болмауы бұл минералдың зерттелген температуралық диапазондардағы микротолқынды сәулеленуге жоғары төзімділігін көрсетуі мүмкін. Бұл физика-химиялық қасиеттерін өзгерту мақсатында материалдарды өңдеуге арналған УЖЖ технологияларының әлеуетін көрсетеді, сондай-ақ айтарлықтай фазалық және құрылымдық өзгерістерге қол жеткізуге болатын шарттарды анықтау үшін қосымша зерттеулердің қажеттілігін көрсетеді. Мұндай зерттеулерге өңдеу параметрлерін, мысалы, сәулелену қуатын, оның әсер ету ұзақтығын немесе материалда мақсатты өзгерістерге қол жеткізу үшін модификацияланған толқын режимдерін өзгерту кіруі мүмкін.

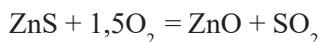


Сурет 5. а) Бастапқы үлгінің микроструктурасы және сфалериттің 25°С температурада УЖЖ-сәулелендіргенге дейінгі энергетикалық дисперсиялық анализі

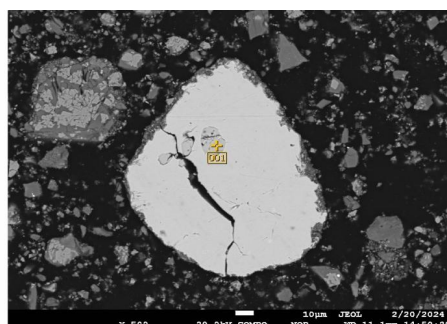
б) УЖЖ-сәулелендіргеннен кейінгі микроструктурасы және сфалериттің 250°С температурада энергетикалық дисперсиялық анализі

ба, бб және бс суреттерінде көрсетілген тәжірибелік деректер УЖЖ-өңдеу әсерінен сфалерит құрылымындағы маңызды өзгерістерді көрсетеді. ба суретінде байқалған сфалерит дәндеріндегі жарықтардың пайда болуы термоиндукциялық механикалық кернеулердің нәтижесі болып табылады. Бұл кернеулер минерал

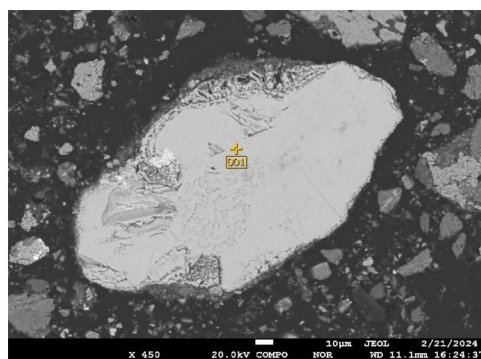
ішіндегі температураның біркелкі емес таралуы салдарынан УЖЖ-сәулелену кезінде пайда болады. Біркелкі емес қыздыру минералдың әртүрлі аймақтарында әртүрлі дәрежедегі жылу кеңеюіне әкеледі, бұл жарықтардың пайда болуына себепші болады. 6б суретінде сфалериттің (ZnS) цинкитке (ZnO) 600°C жоғары температурада фазалық ауысуын көрсетеді (Karimi, et al., 2021; Li, et al., 2020). Бұл ауысу ауада мырыш сульфидінің тотығуы нәтижесінде пайда болады және мырыш оксиді мен мырыш сульфатының сәйкес химиялық реакцияларына әкелуі мүмкін:



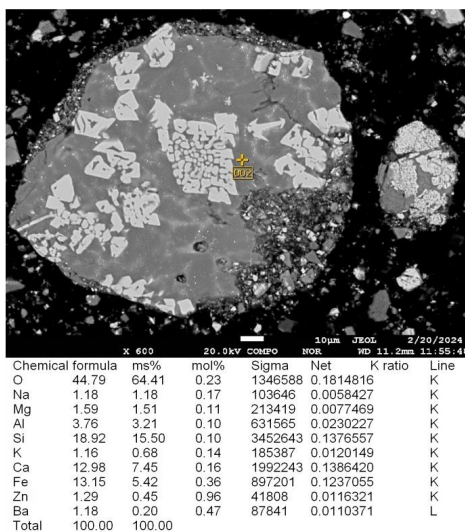
Тегіс контурлармен овалды цинкит дәнінің айналасындағы үзік-үзік жиектер мен жұқа минералды емес масса фазалық ауысуды растайды. Контраст ретінде 6с суретінде УЖЖ-өңдеу нәтижесінде сфалериттегі морфологиялық және фазалық өзгерістер көрсетілген. Оларға жылулық кеңеюдің айырмашылығы мен жылулық кернеулер нәтижесінде пайда болатын ұсақталу және микро жарықтар жатады. Бұл кернеулер минерал торын бұрмалайды, морфологиялық өзгерістерге әкеледі.



(a)

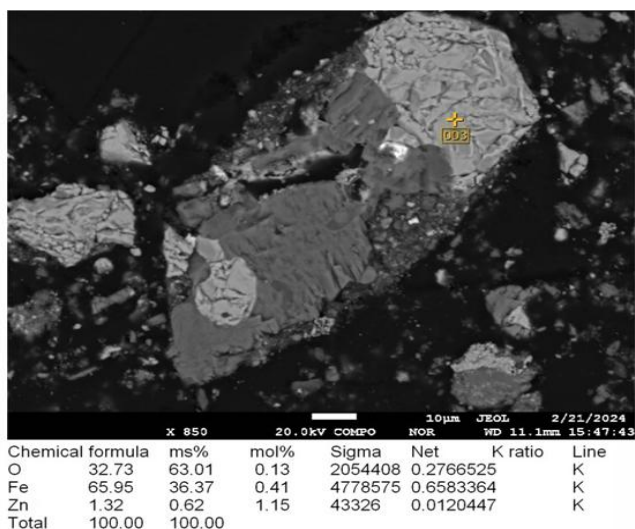


(b)



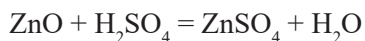
Сурет 6. а) Сфалериттің 460°C температурада УЖЖ-сәулелендіргеннен кейінгі микроструктурасы және энергетикалық дисперсиялық анализі; б) Сфалериттің 600°C температурада УЖЖ-сәулелендіргеннен кейінгі микроструктурасы және энергетикалық дисперсиялық анализі; с) Сфалериттің 600°C температурада УЖЖ-сәулелендіргеннен кейінгі микроструктурасы және энергетикалық дисперсиялық анализі

7-суретте көрсетілгендей, 650°C жоғары температураларда мырыш оксиді  $Fe_2O_3$ -пен әрекеттесу кезінде біртіндеп феррит ( $Zn \cdot Fe_2O_3$ ) түзеді, ол сұйылтылған қышқылдарда іс жүзінде ерімейді (Junwei, et al, 2017: 42536).



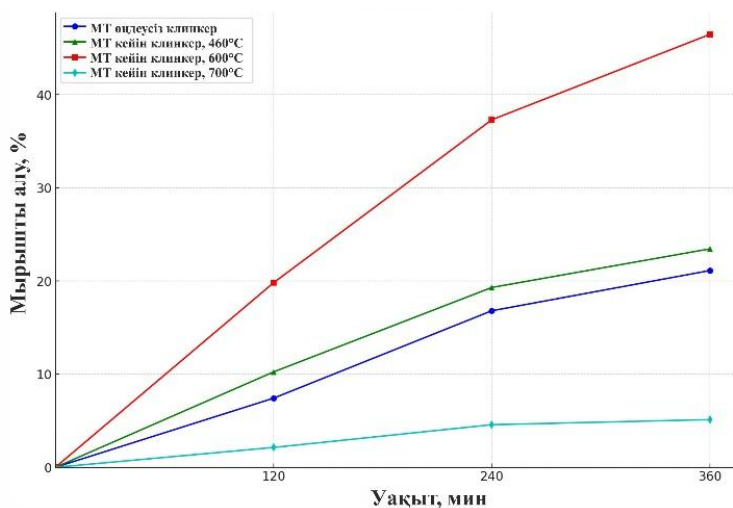
Сурет 7. Сфалериттің 700°C температурада УЖЖ-сәулелендіргеннен кейінгі микроструктурасы және энергетикалық дисперсиялық анализі

Электронды-зондтық микроанализатор көмегімен алынған нәтижелерден (5, 6, 7 суреттер) көріп отырғанымыздай, 250°C температурада микротолқынды күйдіргеннен кейінгі клинкер тек ZnS-тен тұрады және УЖЖ-өңдеуге дейінгі бастапқы шикізаттан іс жүзінде айырмашылығы жоқ. Бұл ZnS морфологиялық өзгерістерге немесе тотығуға ұшырауы үшін жоғары энергия қажет екенін көрсетеді, бұл ZnS физико-химиялық қасиеттеріне сәйкес келеді. УЖЖ қыздыру температурасы 460°C жеткенде сфалерит дәнінде термоиндукциялық механикалық кернеулер нәтижесінде жарықтар пайда болады. 600 °C күйдіру температурасында мырышты фазасы негізінен ZnO болып табылады. Температураны одан әрі арттырғанда және мырыш оксидінің (III) темір оксидімен термодинамикалық өзара әрекеттесу процесінде біртіндеп кешенді феррит қосылысы (ZnO·Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) синтезделеді (Chen, et al, 2001:241), әлсіз концентрленген қышқыл ортада жоғары химиялық төзімділікті көрсетеді. Сонымен бірге мырыш оксиді мына реакция бойынша сұйылтылған қышқылдарда жақсы ериді:



Демек, УЖЖ қыздыру арқылы клинкердің фазалық ауысу температурасы 600 °C тең болды. УЖЖ өңдеусіз бастапқы клинкерді, 460 °C температурада УЖЖ сәулеленген клинкерді, 600 °C температурада УЖЖ сәулеленген клинкерді және 700 °C температурада УЖЖ сәулеленген клинкерді салыстырдық. Шаймалау эксперименттері қатаң бірдей жағдайларда жүргізілді: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> концентрациясы 100 г/дм<sup>3</sup>, шаймалау уақыты – 6 сағат, араластыру жылдамдығы – 300 айн/мин, қатты заттың сұйықтыққа қатынасы 1:5 және температура 25 °C. Қалдық шаймалау өнімдері – ерітінді және тұнба сәйкесінше атом-эмиссиялық және аналитикалық талдауға ұшырады. Осы жағдайларда мырышты шығару, %: бастапқы клинкер – 21,12; УЖЖ сәулеленген клинкер (460 °C) – 23,45; УЖЖ сәулеленген клинкер (600 °C) – 46,47; УЖЖ сәулеленген клинкер (700 °C) – 5,12.

460 °C кезінде УЖЖ күйдіру электротермиялық күйдіруден жақсы нәтиже көрсетті. Мұндай тиімділік төмен күйдіру температурасында «термиялық емес микротолқынды әсерлерге» байланысты (Li, et al., 2019: 1396). Мырышты алудың ең жоғары деңгейі клинкерді 600°C температурада УЖЖ өңдеу кезінде қол жеткізілді. Процесс фазалық өзгерістермен қатар жүреді (8-сурет).



Сурет 8. Күкірт қышқылымен шаймалау кезіндегі мырышты алудың тиімділігін салыстыру

Келесі кезеңде клинкерді 600 °С температурада пеште 5–7 минут бойы дәстүрлі электротермиялық күйдірумен және осындай жағдайларда УЖЖ-күйдірумен салыстыру жүргізілді. Дәстүрлі қыздыру әдісінде жылу беру материалдың беткі қабатынан тереңдігіне қарай жүзеге асырылады, бұл процестің тиімділігінің төмендігіне әкеледі (Li et al., 2019: 61). Тіпті күйдіру уақытын 15 минутқа дейін арттыру қажетті нәтижелерге қол жеткізуге мүмкіндік бермеді: мырыш алу дәрежесі 21,19 % құрады, ал УЖЖ-күйдіруді пайдаланып, өңдеу уақытын екі есе азайтқан кезде көрсеткіш 46,47% жетті. Бұл дәстүрлі қыздыру кезінде мырышқа айналмаған сфалериттің айтарлықтай бөлігі сақталатынын, мүмкін жеткіліксіз уақыттың әсерінен екенін көрсетеді. 600 °С температурадағы микротолқынды күйдіру дәстүрлі электротермиялық күйдірумен немесе УЖЖ-өңдеусіз бастапқы шикізатпен салыстырғанда екі есе көп (немесе 219,3% артық) мырыш алуға мүмкіндік береді.

### Қорытынды

Бұл зерттеуде клинкерден мырышты тиімді алу УЖЖ сәулелену көмегімен жүзеге асырылды. Алу процесі екі процедуранан тұрады: УЖЖ сәулелену арқылы фазалық ауысу және  $H_2SO_4$  арқылы шаймалау. Электронды-зондтық микроанализатордың нәтижелері УЖЖ сәулелену мырыш сфалеритінің (ZnS) қатты фазасын цинкитке (ZnO) айналдыруға және ферриттің ( $ZnO \cdot Fe_2O_3$ ) түзілуін тежеуге ықпал ететінін көрсетеді. Берілген жағдайларда, 600 °С температурада 5–7 минут бойы микротолқынды күйдіру,  $H_2SO_4$  концентрациясы 100 г/дм<sup>3</sup>, шаймалау уақыты – 6 сағат, араластыру жылдамдығы – 300 айн/мин, қатты заттың сұйықтыққа қатынасы 1:5 және температурасы 293 К кезінде мырышты шығару 46,47% жетугі мүмкін. Бұл жұмыста техногендік қалдықтар жиналған



аудандардағы экологиялық жағдайды жақсартуға, алынған түсті және асыл металдар ассортиментін байытуға, сондай-ақ әртүрлі шикізат түрлерін өңдеу үшін әзірленген технологияларды бейімдеуге ықпал ететін дәстүрлі емес көздерден мырышты алу үшін экологиялық қауіпсіз әдістерді қолданудың елеулі әлеуеті көрсетілген.

### References

- Akhtamov F.E., Nishonov B.U. (2016). On the issue of processing zinc cakes. *Theory and Technology of Metallurgical Production*, 1(18), pp. 69–72.
- Beisembaev B.B., Kenzhaliyev B.K., Gorkun V.I., Govyadovskaya O.U., Ignatyev M.M. (2002). Deep processing of lead-zinc ores and intermediary products with receiving of products with increased marketability. *Almaty*, p. 220.
- Bruell G., Idzik P., Reichel W. (2022). Traveling waves for a quasilinear wave equation.
- Chen H.-K., Yang C.-Y. (2001). A study on the preparation of zinc ferrite. *Scandinavian Journal of Metallurgy*, 30(4), pp. 238–241.
- Esezobor D.E., Balogun S.A. (2006). Zinc accumulation during recycling of iron oxide wastes in the blast furnace. *Ironmaking & Steelmaking*, 33, pp. 419–425.
- Feng D., Bai L., Xie H., Tong X. (2019). Study on separation of low-grade zinc oxide ore with sulfurization-amination flotation. *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, 55, pp. 1082–1090.
- Hamidi A., Nazari P., Shakibania S., Rashchi F. (2023). Microwave Irradiation for the Recovery Enhancement of Fly Ash Components: Thermodynamic and Kinetic Aspects. *Chemical Engineering and Processing*. 191, p. 109472.
- Information Agency INSIDER. Observed growth in zinc prices on the London Metal Exchange (LME) market overview.
- Jirauschek C., Haider M. (2021). Traveling wave effects in microwave quantum photonics.
- Junwei H., Liu W., Zhang T., Xue K., Li W., Fen J., Qin W. (2017). Mechanism study on the sulfidation of ZnO with sulfur and iron oxide at high temperature. *Scientific Reports*, 7(1), p. 42536.
- Kalebic D., Dehaen W., Spooren J. (2022). Additive-free aqueous extraction of copper and zinc from sulfidic tailings using fast microwave-assisted pre- and post-treatments. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 61, pp. 13303–13313.
- Kamariah N., Kalebic D., Xanthopoulos P., Blannin R., Araujo F.P., Koelewijn S.F., Spooren J. (2022). Conventional versus microwave-assisted roasting of sulfidic tailings: mineralogical transformation and metal leaching behavior. *Minerals Engineering*, 183, p. 107587.
- Kaplunov D.R. (2011). Rationale for the role and significance of geotechnological modules in the design of combined development of ore deposits. In *Combined Geotechnology: Comprehensive Development and Preservation of the Earth's Subsoil*. Magnitogorsk State Technical University. Magnitogorsk, Russia, pp. 12–22.
- Karimi S., Rashchi F., Ghahreman A. (2021). The evaluation of sphalerite surface formed during oxidative leaching in acidic ferric sulfate media. *Journal of Sustainable Metallurgy*.
- Klein S.E., Kozlov P.A., Naboychenko S.S. (2009). Extraction of zinc from ore raw materials. *Ural State Mining University*. Yekaterinburg, Russia, p. 492.
- Kolesnikov A., Fediuk R., Kolesnikova O., Akhmetova E., Shal A. (2022). Processing of waste from enrichment with the production of cement clinker and the extraction of zinc. *Materials*, 15, p. 324.
- Kozlov P.A. (2020). Extraction of a Range of Non-Ferrous and Rare Metals from Industrial Waste: Physico-Chemical Basis and Technical Solutions. *Tsvetnye Metally*. 5, pp. 28–36.
- Kumar P., Ingle A., Jhavar S. (2019). Parametric review of microwave-based materials processing and its applications. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(3), pp. 3306–3326.
- Lachana D.T., Mishra R.R. (2022). Microwave processing of materials.
- Li H., Shi S., Lin B., Lu J., Lu Y., Ye Q., Wang Z., Hong Y., Zhu X. (2019). A fully coupled electromagnetic, heat transfer, and multiphase porous media model for microwave heating of coal. *Fuel Processing Technology*, 189, pp. 49–61.



Li H.X., Li B.W., Deng L.B., Xu P.F., Du Y.S., Ouyang S.L., Liu Z.X. (2019). Evidence for non-thermal microwave effect in processing of tailing-based glass-ceramics. *Journal of the European Ceramic Society*, 39, pp. 1389–1396.

Li Y., Tan W., Wu Y. (2020). Phase transition between sphalerite and wurtzite in ZnS optical ceramic materials. *Journal of the European Ceramic Society*.

Liu J., Li S., Zhang L., Yang K. (2023). Application of the microwave and ultrasonic combined technique in the extraction of refractory complex zinc ore. *Metals*, 13(2), p. 356.

Luo J. (2022). Processing of composite materials using microwave energy. pp. 223–234.

Naboychenko S.S., Karelov S.V., Mamayachenkov S.V., Yakornov S.A. (1997). Complex processing of zinc-containing technogenic wastes of Ural copper smelting enterprises. *Mining Journal*, 11–12, pp. 250–255.

Okress. (1971). *Microwave Power Engineering*. Edited by Mir. Moscow, Russia, p. 272.

Present Situation and Prospect about Comprehensive Utilization of Zinc Kiln Slags. (2008). *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 6, pp. 44–48.

Ramesh S., Teng W.D., Sopyan I., Bang L.T., Sarhan A.A. (2018). Comparison between microwave and conventional sintering on the properties and microstructural evolution of tetragonal zirconia. *Ceramics International*, 44(8), pp. 8922–8927.

Singh C., Khanna V., Singh S. (2022). Sustainability of microwave heating in materials processing technologies. *Materials Today: Proceedings*.

Soni A., Smith J., Thompson A., Brightwell G. (2020). Microwave-induced thermal sterilization: A review on history, technical progress, advantages, and challenges as compared to conventional methods. *Trends in Food Science & Technology*, 97, pp. 433–442.

Title in English: (2020). Annually, Kazakhstan Produces 300 Thousand Tons of Zinc and 150 Thousand Tons of Lead.

Title in English: (2019). Review of Price Dynamics for Key Products in the Mining and Metallurgical Sector.

U.S. Geological Survey. *Mineral Commodity Summaries* (2020). U.S. Geological Survey. p. 200.

Wei W., Shao Z., Zhang Y., Qiao R., Gao J. (2019). Fundamentals and applications of microwave energy in rock and concrete processing – A review. *Applied Thermal Engineering*, 157, p. 113751.

Wong P., Zhang P., Luginsland J.W. (2020). Recent theory of traveling-wave tubes: A tutorial-review.

Yang C., Sun B. (2021). Modeling, optimization, and control of zinc hydrometallurgical purification process. In *Emerging Methodologies and Applications in Modelling, Identification and Control*. pp. 213–221.

Yessengaziyev A., Kenzhaliyev B., Berkinbayeva A., Sharipov R., Suleimenov E. (2017). Electrochemical extraction of Pb and Zn from a collective concentrate using a sulfur-graphite electrode as a cathode. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 52(5), pp. 975–980.

## МАЗМҰНЫ

### ХИМИЯ

- Г.Е. Азимбаева, Г.Н. Кудайбергенова, А.К. Камысбаева, Н.М. Курбанбаева, Ш. Балқашбай**  
ТОПИНАМБУР ЖӘНЕ ГЕОРГИН ЖАПЫРАҚТАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫНДАҒЫ  
МАЙ ҚЫШҚЫЛДАРЫН АНЫҚТАУ.....5
- Ж.С. Байзакова, Е.В. Солодова, А.Т. Кожаберженов, С. Қозықан, Л.К. Бупебаева**  
ЕТ ӨНДІРУ ПРОЦЕСІН ТЕХНОХИМИЯЛЫҚ БАҚЫЛАУ ШАРАЛАРЫ.....16
- Г.Ж. Байсалова, А.Б. Жунусова, А.Б. Шукирбекова, Б.Б. Торсыкбаева, Б.С. Иманғалиева**  
*PSORALEA DRUPACEA* ВВЕ ТАМЫРЫНАН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ  
КЕШЕНДЕРДІ ЭКСТРАКЦИЯЛАУ ҮДЕРІСІН ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....34
- Ә.С. Дәулетбаев, Қ.А. Қадирбеков, А.Д. Алтынбек, М.Ш. Сулейменова, С.О. Абилкасова, Л.М. Калимолдина**  
УРАН ӨНДІРУ КЕЗІНДЕГІ КАТИОНДЫҚ ЖӘНЕ АНИОНДЫҚ ҚҰРАМЫНЫҢ  
КОНЦЕНТРАЦИЯЛАРЫ МЕН СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ.....43
- Н. Жумашева, М. Турсынбек, Ф. Султанов, А. Ментбаева, Л. Кудреева, Ж. Бакенов**  
ЛИТИЙ-КҮКІРТТІ АККУМУЛЯТОРЛАРҒА АРНАЛҒАН НИКЕЛЬ  
ОКСИДІНІҢ НАНОБӨЛШЕКТЕРІ БАР КҮРІШ ҚАУЫЗЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН  
КЕУЕКТІ ГРАФЕН ТӘРІЗДІ КӨМІРТЕКТІ КОМПОЗИТ.....58
- Д.Т. Касымова, Г.Е. Жусупова**  
*LIMONIUM GMELINII* ӨСІМДІГІНЕН АЛЫНҒАН ӨСІМДІК ЭКСТРАКТТАРЫ  
БАР ЖЕРГІЛІКТІ ҚОЛДАНУҒА АРНАЛҒАН ГЕЛЬДЕРДІ ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ  
БАҒАЛАУ.....75
- Б.К. Кенжалиев, Т.С. Өмірбек, А.Н. Беркинбаева, Ш. Сәулебекқызы, Н.М. Төлегенова,**  
МИКРОТОЛҚЫНДЫ ӨНДЕУ АРҚЫЛЫ ӨНДІРІСТІК КЛИНКЕРДЕН  
МЫРЫШТЫ АЛУ: ФАЗАЛЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ ЖӘНЕ  
ШАЙМАЛАУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ.....94

<b>Д.М. Кенжебеков, А.Е. Хусанов, И. Иристаев, А. Жолшыбек, Д.Ж. Джанабаев</b> БҰРАЛҒАН ПРОФИЛЬДІ ЖОЛАҚ ТҮРІНДЕГІ АҒЫН ИНТЕНСИФИКАТОРЫМЕН «ҚҰБЫР ІШІНДЕГІ ҚҰБЫР» ЖЫЛУАЛМАСУ АППАРАТЫН МУЛЬТИФИЗИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ.....	111
<b>М.К. Құрманалиев, Ж.Е. Шаихова, Ж.Д. Алимкулова, С.О. Әбілқасова, С.Т. Дауметова</b> СІЛТІЛІК МЕТАЛЛ ИОНДАРЫН ЭКСТРАКЦИЯЛАУҒА АРНАЛҒАН ЖАҢА ТАҢДАМАЛЫ СОРБЕНТТЕР.....	129
<b>Д.С. Сейтбеков , Е.С. Ихсанов, Koji Matsuoka</b> КАСПИЙ СОРТАҢЫ ӨСІМДІГІНІҢ ЖЕР ҮСТІ БӨЛІГІНЕН ЛИОФИЛИЗАЦИЯ ӘДІСІМЕН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАР КЕШЕНІН АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ.....	138
<b>С.К. Смаилов, Е.Ж. Габдуллина, Ж.Т. Лесова, Э.К. Асембаева, Д.Е. Нурмуханбетова</b> ТҮЙЕ ТІКЕНЕКТІ ( <i>ALHAGI KIRGISORUM S.</i> ) ӨСІМДІКТЕРДІҢ ПОЛИФЕНОЛДЫҚ ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ ҚЫЗМЕТІ.....	152
<b>Л. Султанова, Г.Мусина, А. Аманжолова, К.Ерланова, М.Аяпберген</b> НАТРИЙ ДИТИОФОСФАТЫНЫҢ МАРГАНЕЦ РУДАЛАРЫНЫҢ ҮЛГІЛЕРІНЕ ҚАТЫСТЫ ФЛОТАЦИЯЛЫҚ ҚАБІЛЕТІНЕ ЖИНАҒЫШТАР ШЫҒЫМЫНЫҢ ӘСЕРІ.....	165
<b>А.К. Токтабаева, Р.К. Рахметуллаева, Г.С. Ирмухаметова, А.Ж. Аликулов</b> N-(2-ВИНИЛОКСИЭТИЛ)-N-(2-ЦИАНОЭТИЛ) АМИН (ВОЭЦЭА) НЕГІЗІНДЕГІ ГИДРОГЕЛЬДІҢ ФАЗАЛЫҚ АУЫСУ ТЕМПЕРАТУРАСЫН БЕТТІК АКТИВТІ ЗАТТАРМЕН РЕТТЕУ.....	175
<b>М.Я. Хакимов, Д.Т.Абдулетип, П.И. Уркимбаева, Г.С. Ирмухаметова, З.А. Кенесова,</b> ПОЛИВИНИЛ СПИРТІ, 2-ГИДРОКСИЭТИЛ-АКРИЛАТ ЖӘНЕ N-ВИНИЛКАПРОЛАКТАМ НЕГІЗІНДЕГІ СОПОЛИМЕРЛЕРДЕН БАКТЕРИЦИДТІК ҚАСИЕТІ БАР ГИДРОГЕЛЬДІ ТАҢҒЫШТАРДЫ АЛУ.....	186
<b>Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова</b> ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯСЫНДАҒЫ ӨНЕРКӘСПТІК КӘСПОРЫНДАРДЫҢ ТҮТІН МҰРЖАЛАРЫНА БЕЙТАРАПТАНДЫРУ МОДУЛЬДЕРІН ОРНАТУҒА АРНАЛҒАН ӘМБЕБАП БЕКІТКІШ ЖИНАҒЫ.....	195

## СОДЕРЖАНИЕ

### ХИМИЯ

- Г.Е. Азимбаева, Г.Н. Кудайбергенова, А.К. Камысбаева, Н.М. Курбанбаева, Ш. Балқашбай**  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖИРНОКИСЛОТНОГО СОСТАВА ЛИСТЬЕВ  
ТОПИНАМБУРА И ГЕОРГИН.....5
- Ж.С. Байзакова, Е.В. Солодова, А.Т. Кожабергенов, С. Козыкан, Л.К. Бупебаева**  
МЕРЫ ТЕХНОХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ В ПРОЦЕССЕ  
ПРОИЗВОДСТВА МЯСА.....16
- Г.Ж. Байсалова, А.Б. Жунусова, А.Б. Шукирбекова, Б.Б. Торсыкбаева, Б.С. Имангалиева**  
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ  
КОМПЛЕКСОВ ИЗ КОРНЕЙ PSORALEA DRUPACEA VGE.....34
- А.С. Даулетбаев, К.А. Кадирбеков, А.Д. Алтынбек, М.Ш. Сулейменова, С.О. Абилкасова, Л.М. Калимолдина**  
ИЗУЧЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ И ХАРАКТЕРИСТИК КАТИОННОГО И  
АНИОННОГО СОСТАВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ УРАНА.....43
- Н. Жумашева, М. Турсынбек, Ф. Султанов, А. Ментбаева, Л. Кудреева, Ж. Бакенов**  
ПОРИСТЫЙ ГРАФЕНОПОДОБНЫЙ УГЛЕРОДНЫЙ КОМПОЗИТ НА  
ОСНОВЕ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ С НАНОЧАСТИЦАМИ ОКСИДА НИКЕЛЯ  
ДЛЯ ЛИТИЙ-СЕРНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ.....58
- Д.Т. Касымова, Г.Е. Жусупова**  
РАЗРАБОТКА И ОЦЕНКА ГЕЛЕЙ ДЛЯ МЕСТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ С  
РАСТИТЕЛЬНЫМИ ЭКСТРАКТАМИ ИЗ РАСТЕНИЙ ВИДА LIMONIUM  
GMELINIИ.....75
- Б.К. Кенжалиев, Т.С. Омирбек, А.Н. Беркинбаева, Ш. Саулебеккызы, Н.М. Толегенова**  
ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦИНКА ИЗ ПРОМЫШЛЕННОГО КЛИНКЕРА С ПОМОЩЬЮ  
МИКРОВОЛНОВОЙ ОБРАБОТКИ: ОПТИМИЗАЦИЯ ФАЗОВЫХ  
ПРЕОБРАЗОВАНИЙ И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ.....94

- Д.М. Кенжебеков, А.Е. Хусанов, И. Иристаев, А. Жолшыбек,  
Д.Ж. Джанабаев**  
МУЛЬТИФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕННОГО  
АППАРАТА «ТРУБА В ТРУБЕ» С ИНТЕНСИФИКАТОРОМ ПОТОКА В  
ВИДЕ ВИТОЙ ПРОФИЛИРОВАННОЙ ЛЕНТЫ.....111
- М.К. Курманалиев, Ж.Е. Шаихова, Ж.Д. Алимкулова, С.О. Абилкасова,  
С.Т. Дауметова**  
НОВЫЕ СЕЛЕКТИВНЫЕ СОРБЕНТЫ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ  
ИОНОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ.....129
- Д.С. Сейтбеков, Е.С. Ихсанов, Koji Matsuoka**  
ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПЛЕКСА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ  
ВЕЩЕСТВ МЕТОДОМ ЛИОФИЛИЗАЦИИ ИЗ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ  
СОЛЯНОКОЛОСНИКА ПРИКАСПИЙСКОГО.....138
- С.К. Смаилов, Е.Ж. Габдуллина, Ж.Т. Лесова, Э.К. Асембаева,  
Д.Е. Нурмуханбетова**  
БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЛИФЕНОЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ  
РАСТЕНИЙ ВЕРБЛЮЖЬЕЙ КОЛЮЧКИ (ALHAGI KIRGISORUM S).....152
- Л. Султанова, Г. Мусина, А. Аманжолова, К. Ерланова, М. Аяпберген**  
ВЛИЯНИЕ ВЫХОДА НАКОПИТЕЛЕЙ НА ФЛОТАЦИОННУЮ  
СПОСОБНОСТЬ ДИТИОФОСФАТА НАТРИЯ ПО ОТНОШЕНИЮ  
К ОБРАЗЦАМ МАРГАНЦЕВЫХ РУД.....165
- А.К. Токтабаева, Р.К. Рахметуллаева, Г.С. Ирмухаметова, А.Ж. Аликулов**  
РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА ГИДРОГЕЛЯ  
НА ОСНОВЕ N-(2-ВИНИЛОКСИЭТИЛА)-N-(2-ЦИАНОЭТИЛА) АМИНА  
(ВОЭЦЭА) ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ.....175
- М.Я. Хакимов, Д.Т. Абдулетип, П.И. Уркимбаева, Г.С. Ирмухаметова,  
З.А. Кенесова**  
ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРОГЕЛЕВЫХ ПОВЯЗОК НА ОСНОВЕ СОПОЛИМЕРОВ  
ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА, 2-ГИДРОКСИЭТИЛАКРИЛАТА И  
N-ВИНИЛКАПРОЛАКТАМА С БАКТЕРИЦИДНЫМ  
ДЕЙСТВИЕМ.....186
- Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова**  
УНИВЕРСАЛЬНЫЙ УЗЕЛ КРЕПЕЖА ДЛЯ УСТАНОВКИ МОДУЛЕЙ  
НЕЙТРАЛИЗАЦИИ В ДЫМОТВОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ В ТЕХНОЛОГИИ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ.....195

CONTENTS

CHEMISTRY

<b>G.E. Azimbayeva, G.N. Kudaibergenova, A.K. Kamysbayeva, N.M. Kurbanbayeva, Sh. Zh. Balkhashbay</b> DETERMINATION OF FATTY ACIDS IN THE COMPOSITION OF JERUSALEM ARTICHOKE AND DAHLIA LEAVES.....	5
<b>Zh.S. Baizakova, E.V. Solodova, A.T. Kozhabergenov, S. Kozykan, L.K. Bupebaeva</b> TECHNOCHEMICAL CONTROL MEASURES IN THE PROCESS OF MEAT PRODUCTION.....	16
<b>G.Zh. Baisalova, A.B. Zhunisova, A.B. Shukirbekova, B.B. Torsykbaeva, B.S. Imangaliyeva</b> OPTIMIZATION OF THE EXTRACTION PROCESS OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPLEXES FROM PSORALEA DRUPACEA BGE ROOTS.....	34
<b>A.S. Dauletbayev, K.A. Kadirbekov, A.D. Altynbek, M.Sh. Suleimenova, S.O. Abilkasova, L.M. Kalimoldina</b> STUDY OF CONCENTRATION AND CHARACTERISTICS OF CATION AND ANION COMPOSITION IN URANIUM PRODUCTION.....	43
<b>N. Zhumasheva, M. Tursynbek, F. Sultanov, A. Mentbaeva, L. Kudreyeva, Z. Bakenov</b> RICE HUSK-BASED POROUS GRAPHENE-LIKE CARBON COMPOSITE WITH NICKEL OXIDE NANOPARTICLES FOR LITHIUM-SULFUR BATTERIES.....	58
<b>D.T. Kassymova, G.E. Zhusupova</b> DEVELOPMENT AND EVALUATION OF TOPICAL HERBAL GELS WITH PLANT EXTRACTS FROM LIMONIUM GMELINII.....	75
<b>B.K. Kenzhaliyev, T.S. Omirbek, A.N. Berkinbayeva, Sh. Saulebekkyzy, N.M. Tolegenova</b> MICROWAVE-ASSISTED ZINC EXTRACTION FROM INDUSTRIAL CLINKER: OPTIMIZING PHASE TRANSFORMATIONS AND ENHANCING LEACHING EFFICIENCY.....	94
<b>D.M. Kenzhebekov, A.Ye. Khussanov, I. Iristaev1, A. Zholshybek, D.Zh. Dzhanabayev</b> MULTIPHYSICAL MODELING OF A PIPE-IN-PIPE HEAT EXCHANGER WITH A FLOW INTENSIFIER IN THE FORM OF A TWISTED PROFILED STRIP.....	111



<b>M.K. Kurmanaliev, Zh.E. Shaikhova, Zh.D. Alimkulova, S.O.Abilkasova, S.T. Daumetova</b> NEW SELECTIVE SORBENTS FOR THE EXTRACTION OF ALKALI METAL IONS.....	129
<b>D.S. Seitbekov, E.S. Ihsanov, Koji Matsuoka</b> TECHNOLOGY FOR OBTAINING A COMPLEX OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES BY LYOPHILIZATION FROM THE ABOVEGROUND PART OF THE HALOSTACHYS CASPICA.....	138
<b>S.K. Smailov, E.Zh. Gabdullina, J.T. Lesova, E.K. Assembayeva, D.E. Nurmukhanbetova</b> BIOLOGICAL ACTIVITY OF POLYPHENOLIC COMPOUND FROM ALHAGY (ALHAGI KIRGISORUM S) PLANTS.....	152
<b>L. Sultanova, G.Musina, A. Amanzholova, K.Erlanova, M.Ayapbergen</b> THE EFFECT OF STORAGE YIELD ON THE FLOTATION CAPACITY OF SODIUM DITHIOPHOSPHATE IN RELATION TO SAMPLES OF MANGANESE ORES .....	165
<b>A.K. Toktabayeva, R.K. Rakhmetullayeva, G.S. Irmukhametova, A.Z. Alikulov</b> REGULATION OF THE PHASE TRANSITION TEMPERATURE OF A HYDROGEL BASED ON N-(2-VINYLOXYETHYL)-N-(2-CYANOETHYL) AMINE (VOECEA) WITH SURFACTANTS.....	175
<b>M.Y. Khakimov, D.T.Abduletip, P.I. Urkimbayeva, G.S. Irmukhametova, Z.A. Kenessova</b> OBTAINING HYDROGEL DRESSINGS BASED ON COPOLYMERS OF POLYVINYL ALCOHOL, 2-HYDROXYETHYL ACRYLATE, AND N-VINYLCAPROLACTAM WITH A BACTERIOCIDAL EFFECT.....	186
<b>B.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy, A.S. Sass, I.I. Torlopov, K.S. Rakhmetova</b> UNIVERSAL FASTENER ASSEMBLY FOR INSTALLATION OF NEUTRALIZATION MODULES IN INDUSTRIAL FLUES IN DECARBONIZATION TECHNOLOGY.....	195

## **Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

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.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

**[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)**

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 17.12.2024.

Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

13,5 п.л. Тираж 300. Заказ 4.