

**ACADEMIC SCIENTIFIC  
JOURNAL OF CHEMISTRY**

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

**№1  
2026**

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



**ACADEMIC SCIENTIFIC  
JOURNAL OF CHEMISTRY**

**1 (466)**

**JANUARY – MARCH 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>

**ZHOROBKOVA 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 Жұрынулы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ХҒАҚ 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 Еноквич** (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 (Қарачи, 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/arihv>

© 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/author/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/author/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/author/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/author/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/author/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/author/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/author/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/author/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

**ТЕЛЪТАЕВ Багдат Бурханбайулы**, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/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/author/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

**ФАЗЫЛОВ Серик Драхметович**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углехимии (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/author/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/author/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/author/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/author/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/author/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 № **KZ23VPYU00121156** 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

## Chemistry

<b>Assembayeva E. K., Beisekhan A., Bozhbanov A. Zh., Nurmukhanbetova D.E., Gabdullina E.Zh.</b> Effect of chia seeds ( <i>Salvia Hispanica</i> l.) on the physicochemical and mineral properties of low-fat cottage cheese.....	11
<b>Balkhashbay Sh.Zh., Azimbayeva G.E., Kudaibergenova G.N., Kamysbayeva A.K., Kurbanbayeva N.M.</b> Determination of biologically active compounds in morphological parts of medicinal plants.....	24
<b>Darmenbayeva A.S., Rajasekharan R.</b> Preparation and characterization of nanocellulose biocomposites from agro-waste of the Zhambyl region.....	39
<b>Demets O.V., Rakhimberlinova Zh.B., Zgardan V.V., Serykh N.V., Dyussekeyeva A.T.</b> Qualitative and quantitative analysis of amino acids in Kyrgyz birch bark extract.....	55
<b>Jumekeyeva A.I., Talgatov E.T., Auyezkhanova A.S., Kenzheyeva A.M., Naizabayev A.A.</b> Complex formation of palladium (II) ions with organic polymers of various nature.....	70
<b>Dmitriyeva E.A.</b> Electrolytes of lithium-ion batteries.....	83
<b>Yegemberdiyeva S., Abdurazova P., Turtabaev S., Shitybaev S., Kerimbayeva K.</b> Catalytic properties of Ru- and Rh-promoted skeletal nickel catalysts in the hydrogenation of butyraldehyde.....	97
<b>Yertayeva A.B., Adylbekova A.O., Toleubekova A.G.</b> Production of emulsions stabilized by bentonite clay particles.....	112
<b>Fischer D., Jumadilov T., Haponiuk J., Toilanbay G., Baishibekov A.</b> Interpolymer KU-2-8: AV-17-8 systems for selective sorption of rhenium, molybdenum and tungsten.....	129
<b>Zhanikulov N., Zhurgarayeva D.</b> Investigation of the quality of cement clinker obtained from heap leaching waste.....	148
<b>Zhoshybaeva A.A., Kozhanova K.K., Mombekov S.E., Barakova A.Sh.</b> Pharmaceutical development of a medicinal product containing an isocitrate lyase inhibitor.....	162
<b>Ivanov N.S., Abilmagzhanov A.Z., Nurtazina A.E., Adelbayev I.E., Kholkin O.S.</b> Sequential electrochemical processes for the treatment of magnesium leaching solutions.....	176

<b>Imangaliyeva B., Duzelbayeva S., Tolesinova I., Bukeykhan D., Turlanova A.</b> Chemical and agronomic assessment of the use of mineral wool and coconut fiber as a substrate in a greenhouse.....	190
<b>Kurmanaliev M.K., Shaikhova Zh.E., Abilkasova S.O., Kalimoldina L.M., Bugubaeva G.O.</b> Crown esters immobilized on polymeric supports as novel interfacial catalysts.....	207
<b>Mataev M.M., Ongarbek A.T., Sarsenbayeva Z.B., Nurbekova M.A., Abdraimova M.R.</b> Synthesis and morphology of perovskite-structured $\text{CaMnO}_{2.98}$ .....	221
<b>Medeuova G.Zh., Azimbayeva G.E., Kaliyeva A.N.*, Sadykova D.A., Anuarova L.E.</b> Determination of vitamins in <i>Polygonum Aviculare</i> L. using capillary electrophoresis.....	238
<b>Mukusheva G.K., Jalmakhanbetova R.I., Seilkhanov T.M., Bakibaev A.A., Aliyeva M.R.</b> Functional modification reactions at the nitrogen atom of salsolin and biological activity of the obtained derivatives.....	251
<b>Muldakhmetov Z.M., Zhakina A.Kh., Arnt O.V., Vassilets Ye.P., Zhakin A.M.</b> Composite materials modified with carbon filler.....	267
<b>Nazarbek U., Raiymbekov Y., Abdurazova P., Kambarova G.</b> Study on the efficiency of water treatment using nanostructured water.....	280
<b>Nauanova A.P., Kassenov R.Z., Davrenbekov S.Zh., Bolatbay A.N., Altynbekkyzy A.</b> Intensification of the process of extraction of humic substances from brown coal.....	295
<b>Nurlybayeva A.N., Zharlykapova R.B., Taubaeva R.S., Matniyazova G.K., Rustem E.I.</b> Study of physical, chemical and mechanical properties of acrylic terpolymer.....	309
<b>Uali A., Omirzak U., Titanov A., Abilkanova F., Kunarbekova M.</b> Waste biomass-derived Fe-modified biochar: structure and application in potentiometric analysis.....	323
<b>Khamitova A.S., Nurmukhanbetova N.N., Ostretsova I.B., Kassenova N.B., Kuderina B.T.</b> Synthesis of metal corrosion inhibitors based on ammonia.....	338

## МАЗМҰНЫ

### ХИМИЯ

<b>Асембаева Э.К., Бейсехан А., Божбанов А.Ж.,</b> Чиа дәндерінің ( <i>Salvia Hispanica L.</i> ) майсыздандырылған сүзбенің физика-химиялық және минералдық көрсеткіштеріне әсері.....	11
<b>Балқашбай Ш.Ж., Азимбаева Г.Е., Қудайбергенова Г.Н.,</b> <b>Қамысбаева А.К., Қурбанбаева М.</b> Дәрілік өсімдіктердің морфологиялық мүшелеріндегі биологиялық белсенді заттарды анықтау.....	24
<b>Дарменбаева А.С., Rajasekharan R.</b> Жамбыл облысының агрокалдықты негізінде наноцеллюлозалық биокомпозиттерді алу және олардың қасиеттерін зерттеу.....	39
<b>Демец О.В., Рахимберлинова Ж.Б., Згардан В.В.*, Серых Н.В.,</b> <b>Дюсекеева А.Т., 2026.</b> Қырғыз қайың қабығының сығындысындағы аминқышқылдарының сапалық және сандық құрамын талдау.....	55
<b>Джумекеева А.И., Талғатов Э.Т., Ауезханова А.С., Кенжеева А.М., Найзабаев А.А.</b> Палладий (II) иондарының табиғаты әртүрлі органикалық полимерлермен кешен түзуі.....	70
<b>Дмитриева Е.А.</b> Литий-ионды аккумуляторлардың электролиттері.....	83
<b>Егембердиева С.Ж., Абдуразова П., Туртабаев С.К., Шитыбаев С.А.,</b> <b>Керимбаева К.З.</b> Ru және Rh промоторланған қаңқалы никель катализаторларының май альдегидін гидрлеу реакциясындағы каталитикалық қасиеттері.....	97
<b>Ертаева А.Б., Адильбекова А.О., Төлеубекова А.Ғ.</b> Бентонит сазының бөлшектерімен тұрақтандырылған эмульсияларды алу.....	112
<b>Фишер Д., Джумадилов Т., Хапонюк Ю., Тойланбай Г., Байшибеков А.</b> Рений, молибден және вольфрамды селективті сорбциялауға арналған KU-2-8:AV-17-8 интерполимерлі жүйелері.....	129
<b>Жаникулов Н., Жургараева Д.</b> Үйінді шаймалау қалдықтарынан алынған цемент клинкерінің сапасын зерттеу.....	148
<b>Жошыбаева А.А., Кожанова К.К., Момбеков С.Е., Баракова А.Ш.</b> Изоцитратлиаза ингибиторын қамтитын дәрілік препаратты фармацевтикалық әзірлеу.....	162

- Иванов Н.С., Абильмагжанов А.З., Нұртазина А.Е., Адельбаев И.Е., Холкин О.С.**  
Магнийді шаймалау ерітінділерін қайта өңдеу технологиясындағы дәйекті  
электрхимиялық процестер.....176
- Имангалиева Б., Дузелбаева С., Төлесінова И., Букейхан Д., Тұрланова А.,**  
Жылыжайда минералды жүн мен кокос талшығын субстарт ретінде қолданудың  
химия-агрономиялық бағасы.....190
- Құрманалиев М.Қ., Шанхова Ж.Е., Әбілқасова С.О., Калимолдина Л.М.,**  
**Бугубаева Г.О.**  
Полимерлік тасымалдаушыларда иммобилизацияланған краун-эфирлер —  
жаңа фазааралық катализаторлар ретінде.....207
- Матаев М.М., Оңғарбек А.Т., Сарсенбаева З.Б., Нурбекова М.А., Абдраимова М.Р.**  
**Перовскит құрылымды  $\text{CaMnO}_{2.98}$  синтезі мен морфологиясы.....221**
- Медеуова Г.Дж., Азимбаева Г.Е., Калиева А.Н., Садыкова Д.А., Ануарова Л.Е.**  
*Polygonum Aviculare* L. өсімдігінің құрамындағы дәрумендерді капиллярлы  
электрофорез әдісімен анықтау.....238
- Мукушева Г.К., Джалмаханбетова Р.И., Сейлханов Т.М., Бакибаев А.А., Алиева М.Р.**  
Сольсолиннің азот атомы бойынша функционалдық модификация реакциялары  
және алынған туындылардың биологиялық белсенділігі.....251
- Мулдахметов З.М., Жакина А.Х., Арнт О.В., Василец Е.П., Жакин А.М.**  
Көміртекті толтырғышпен модификацияланған композициялық материалдар.....267
- Назарбек У., Райымбеков Е., Абдуразова П., Қамбарова Ғ.**  
Наноқұрылымданған суды қолдану арқылы суды тазарту тиімділігін зерттеу.....280
- Науанова А.П., Касенов Р.З., Давренбеков С.Ж., Болатбай А.Н., Алтынбекқызы Ә.**  
Қоңыр көмірден гуминдік заттарды бөліп алу процесін қарқындету.....295
- Нурлыбаева А.Н., Жарлыкапова Р.Б., Таубаева Р.С., Матниязова Г.К., Рустем Е.І**  
Акрил терполимердің физика-химиялық және механикалық қасиеттерін зерттеу.....309
- Уәли А., Өмірзақ Ұ., Титанов А., Абилканова Ф., Кунарбекова М.**  
Қалдық биомассадан алынған темірмен түрлендірілген биокөмір: құрылымы  
және потенциометриялық талдауда қолданылуы.....323
- Хамитова А.С., Нурмуханбетова Н.Н., Острцова И.Б., Касенова Н.Б., Кудерина Б.Т.**  
Аммиак негізінде металдар коррозиясының ингибиторларын синтездеу.....338

## СОДЕРЖАНИЕ

## ХИМИЯ

<b>Асембаева Э. К., Бейсехан А., Божбанов А.Ж., Нурмуханбетова Д.Е., Габдуллина Е.Ж.</b> Влияние семян чиа ( <i>Salvia Hispanica L.</i> ) на физико-химические и минеральные показатели обезжиренного творога.....	11
<b>Балкашбай Ш.Ж., Азимбаева Г.Е., Кудайбергенова Г.Н., Камысбаева А.К., Курбанбаева Н.М.</b> Определение биологически активных веществ в морфологических органах лекарственных растений.....	24
<b>Дарменбаева А.С., Rajasekharan R.</b> Получение и свойства наноцеллюлозных биокмполитов на основе агроотходов Жамбылской области.....	39
<b>Демец О.В., Рахимберлинова Ж.Б., Згардан В.В., Серых Н.В., Дюсекеева А.Т.</b> Качественный и количественный анализ аминокислот в экстракте коры берёзы киргизской.....	55
<b>Джумекеева А.И., Талгатов Э.Т., Ауезханова А.С., Кенжеева А.М., Найзабаев А.А.</b> Комплексообразование ионов палладия (II) с органическими полимерами различной природы.....	70
<b>Дмитриева Е.А.</b> Электролиты литий-ионных аккумуляторов.....	83
<b>Егембердиева С.Ж., Абдуразава П., Туртабаев С.К., Шитибаев С.А., Керимбаева К.З.</b> Каталитические свойства скелетных никелевых катализаторов, промотированных Ru и Rh, в реакции гидрирования масляного альдегида.....	97
<b>Ертаева А.Б., Адильбекова А.О., Төлеубекова А.Ғ.</b> Получение эмульсий, стабилизированных частицами бентонитовой глины.....	112
<b>Фишер Д., Джумадилов Т., Хапонюк Ю., Тойланбай Г., Байшибеков А.</b> Интерполимерные системы KU-2-8:AV-17-8 для селективной сорбции рения, молибдена и вольфрама.....	129
<b>Жаникулов Н., Жургараева Д.</b> Исследование качества цементного клинкера, полученного из отходов кучного выщелачивания.....	148
<b>Жошыбаева А.А., Кожанова К.К., Момбеков С.Е., Баракова А.Ш.</b> Фармацевтическая разработка лекарственного препарата, содержащего ингибитор изоцитратлиазы.....	162

<b>Иванов Н.С., Абильмагжанов А.З., Нуртазина А.Е., Адельбаев И.Е., Холкин О.С.</b> Последовательные электрохимические процессы в технологии переработки растворов выщелачивания магнезия.....	176
<b>Имангалиева Б., Дүзелбаева С., Төлесінова И., Букейхан Д., Турланова А.</b> Химико-агрономическая оценка использования минеральной ваты и кокосового волокна в качестве субстрата в теплице.....	190
<b>Курманалиев М.К., Шаихова Ж.Е., Абилкасова С.О., Калимолдина Л.М., Бугубаева Г.О.</b> Краун-эфиры, иммобилизованные на полимерных носителях, как новые межфазные катализаторы.....	207
<b>Матаев М.М., Онгарбек А.Т., Сарсенбаева З.Б., Нурбекова М.А., Абдраимова М.Р.</b> Синтез и морфология перовскитной структуры $\text{CaMnO}_{2.98}$ .....	221
<b>Медсүова Г.Дж., Азимбаева Г.Е., Калиева А.Н., Садыкова Д.А., Ануарова Л.Е.</b> Определение витаминов, содержащихся в растении <i>Polygonum aviculare L.</i> , методом капиллярного электрофореза.....	238
<b>Мукушева Г.К., Джалмаханбетова Р.И., Сейлханов Т.М., Бакибаев А.А., Алиева М.Р.</b> Реакции функциональной модификации хлорида аммония по атому азота и биологическая активность полученных производных.....	251
<b>Мулдахметов З.М., Жакина А.Х., Арнт О.В., Василец Е.П., Жакин А.М.</b> Композитные материалы, модифицированные углеродным наполнителем.....	267
<b>Назарбек У., Райымбеков Е., Абдуразова П., Камбарова Г.</b> Исследование эффективности очистки воды с применением наноструктурированной воды.....	280
<b>Науанова А.П., Касенов Р.З., Давренбеков С.Ж., Болатбай А.Н., Алтынбекқызы А.</b> Интенсификация процесса выделения гуминовых веществ из бурого угля.....	295
<b>Нурлыбаева А.Н., Жарлыкапова Р.Б., Таубаева Р.С., Матниязова Г.К., Рустем Е.И.</b> Изучение физико-химических и механических свойств акрилового терполимера.....	309
<b>Уали А., Омирзак У., Титанов А., Абилканова Ф., Кунарбекова М.</b> Биоуголь, модифицированный железом, из отходов биомассы: структура и применение в потенциометрическом анализе.....	323
<b>Хамитова А.С., Нурмуханбетова Н.Н., Острцова И.Б., Касенова Н.Б., Кудерина Б.Т.</b> Синтез ингибиторов коррозии металлов на основе аммиака.....	338

<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1491.346>

IRSTI 65.35.33

UDC 662:666.763

© **Zhanikulov N.** <sup>1\*</sup>, **Zhurgarayeva D.** <sup>2</sup>, 2026.

<sup>1</sup>Karaganda National Research University named after Academician E.A. Buketov,  
Karaganda, Kazakhstan;

<sup>2</sup>«Ulytau Gold Processing» LLC, Karaganda, Kazakhstan.

E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru

## INVESTIGATION OF THE QUALITY OF CEMENT CLINKER OBTAINED FROM HEAP LEACHING WASTE

**Zhanikulov Nurgali** — PhD, associate professor, Karaganda National Research University named after Academician E.A. Buketov, Karaganda, Kazakhstan,

E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0750-9753>;

**Zhurgarayeva Dinara** — master's degree, Head of the Analytical Laboratory, LLC «Ulytau Gold Processing», Karaganda, Kazakhstan,

E-mail: zhurg.di@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-5064-117X>.

**Abstract.** This scientific article presents the results of a study examining the quality of Portland cement clinker produced from heap leaching waste generated during gold ore processing. This work is of significant importance for our country, as it fully addresses the principles of efficient use of large volumes of industrial waste accumulating at production sites, its recycling as secondary raw materials, environmental protection in the region, and the transition to a green economy. The study was conducted using modern equipment and in accordance with the GOST requirements of the Republic of Kazakhstan. The study compared the quality of clinker produced from the «Limestone+clay+iron ore» and «Limestone+heap leach waste+lead slag» batch compositions. It was found that clinker minerals are formed during the firing of the non-traditional batch composition at a temperature 50°C lower than that of the specified traditional batch composition. The content of unbound free CaO in the obtained clinker was 0.94%, and in traditional clinker it was 1.87%. The modulus of clinker obtained from the non-traditional composition of the batch was  $SC=0.90$ ;  $n=2.23$ ;  $p=0.72$ . The chemical composition of clinker was determined as  $SiO_2$  -19.40%,  $Al_2O_3$  -4.26%,  $Fe_2O_3$  -2.96%,  $CaO$  -69.97% and  $MgO$  -1.63%. It was proven that the amount of minerals formed in the clinker was  $C_3S$  -63.3%,  $C_2S$  -14.2%, as well as intermediate phases  $C_3A$  -1.31% and  $C_4AF$  -17.61%. Crystallization of clinker minerals is uniform and regionally distributed.  $C_3S$  is represented by crystals 100 μm in size, while  $C_2S$  is represented by round and oval crystals 1–40 μm in size. The oxides CuO, PbO, and

ZnO contained in heap leaching waste and lead slag had a positive effect on the clinker mineralization process, promoting more rapid destruction of the  $\text{CaCO}_3$  crystal lattice at low temperatures.

**Keywords:** waste, heap leaching waste, lead slag, burning process, clinker, Portland cement

*For citations: Zhanikulov N., Zhurgarayeva D. Investigation of the quality of cement clinker obtained from heap leaching waste. Academic Scientific Journal of Chemistry, 2026. — No.1. — P. 148–161. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1491.346>*

© Жаникулов Н. <sup>1\*</sup>, Жургараяева Д. <sup>2</sup>, 2026.

<sup>1</sup>Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды ұлттық зерттеу университеті,  
Қарағанды, Қазақстан;

<sup>2</sup> «Ulytau Gold Processing» ЖШС, Қарағанды, Қазақстан.  
E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru

## ҮЙІНДІ ШАЙМАЛАУ ҚАЛДЫҚТАРЫНАН АЛЫНҒАН ЦЕМЕНТ КЛИНКЕРІНІҢ САПАСЫН ЗЕРТТЕУ

**Жаникулов Нурғали** — PhD, қауымдастырылған профессор, Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды ұлттық зерттеу университеті, Қарағанды, Қазақстан,  
E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0750-9753>;

**Жургараяева Динара** — магистр, аналитикалық зертхана меңгерушісі, «Ulytau Gold Processing» ЖШС, Қарағанды, Қазақстан,  
E-mail: zhurg.di@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-5064-117X>.

**Аннотация.** Ғылыми мақалада алтын кенін өңдеуден түзілген үйінді шаймалау қалдықтарды пайдаланып портландцемент клинкерін алу және оның сапасын зерттеу бойынша нәтижелер келтірілген. Зерттеу жұмысы еліміз үшін өте өзекті, себебі өндіріс орындарында көп мөлшерде жинақталған техногенді қалдықтарды тиімді пайдалану, оларды екіншілік шикізат ретінде кәдеге жарату, аймақтың экологиялық мәселесін қорғау және жасыл экономика көшу принциптерін толық қамтиды. Зерттеу жұмыстары заманауи құрал-жабдықтар мен МЕСТ талаптарына сәйкес орындалды. Жүргізілген зерттеу жұмыста «Әктас + саз + темір рудасы» мен «Әктас + үйінді шаймалау қалдығы + қорғасын шлагы» шихта құрамдарынан алынған клинкерлерді салыстыру арқылы сапасы анықталды. Көрсетілген дәстүрлі шихта құрамға қарағанда дәстүрле емес шихта құрамды күйдіру кезінде клинкер минералдарының түзілуі 50 □ төмен температурада жүргендігі анықталды. Алынған клинкерде байланыспаған бос СаО мөлшері 0,94 %, сәйкесінше дәстүрлі клинкерде 1,87 % екендігі анықталды. Дәстүрле емес шихта құрамынан алынған клинкердің модульдік көрсеткіштері  $КК = 0,90$ ;  $n = 2,23$ ;  $p = 0,72$  болды. Клинкердің химиялық құрамы  $\text{SiO}_2 - 19,40 \%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 - 4,26 \%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 2,96 \%$ ,  $\text{CaO} - 69,97 \%$  және  $\text{MgO} - 1,63 \%$  анықталды. Клинкерде түзілген минералдардың саны  $\text{C}_3\text{S} - 63,3 \%$ ,  $\text{C}_2\text{S} - 14,2 \%$  және аралық фаза  $\text{C}_3\text{A} - 1,31 \%$  және  $\text{C}_4\text{AF} - 17,61 \%$  тұратындығы

дәлелденді. Клинкер минералдарының кристалдануы біркелкі және аймақтық таралған.  $C_3S$  әртүрлі өлшемі 100 мкм, ал  $C_2S$  дөңгелек және сопақша кристалдар түрінде өлшемі 1-40 мкм-ге жететін кристалдармен ұсынылған. Үйінді шаймалау қалдықтар мен қорғасын шлагының құрамында кездесетін  $CuO$ ,  $PbO$  және  $ZnO$  клинкердің минералдану процесіне тиімді әсер тигізді. Сондай-ақ, төмен температурада кальцит кристалдық торының тезірек бұзылуына ықпал етті.

**Түйін сөздер:** қалдықтар, үйінді шаймалау қалдықтары, қорғасын шлагы, күйдіру процесі, клинкер, портландцемент

© Жаникулов Н. <sup>1\*</sup>, Жургараева Д. <sup>2</sup>, 2026.

<sup>1</sup>Қарагандинский национальный исследовательский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан;

<sup>2</sup>ТОО «Ulytau Gold Processing», Караганда, Казахстан.

E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ОТХОДОВ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

**Жаникулов Нургали** — PhD, ассоциированный профессор, Карагандинский национальный исследовательский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан,  
E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0750-9753>;

**Жургараева Динара** — магистр, начальник аналитической лаборатории, ТОО «Ulytau Gold Processing», Караганда, Казахстан,  
E-mail: zhurg.di@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0004-5064-117X>.

**Аннотация.** В настоящей работе представлены результаты комплексного исследования качества портландцементного клинкера, полученного с использованием отходов кучного выщелачивания, образующихся при переработке золоторудных месторождений. Актуальность исследования обусловлена необходимостью эффективного вовлечения значительных объёмов промышленных отходов во вторичный оборот, снижения экологической нагрузки на окружающую среду и реализации принципов «зелёной» экономики. Исследование проводилось с применением современного аналитического оборудования в соответствии с требованиями действующих государственных стандартов Республики Казахстан. В рамках работы выполнено сравнительное исследование качества клинкера, полученного из традиционной сырьевой смеси «известняк–глина–железная руда» и альтернативной смеси «известняк–отходы кучного выщелачивания–свинцовый шлак». Установлено, что при использовании нетрадиционного состава шихты процесс минералообразования клинкера протекает при температуре обжига на 50°C ниже по сравнению с традиционным составом. Содержание свободного оксида кальция ( $CaO$ ) в полученном клинкере составило 0,94%, тогда как для традиционного клинкера данный показатель достигал 1,87%, что свидетельствует о более полной степени реакции. Расчётные модули клинкера, полученного из альтернативной шихты, составили: коэффициент насыщения известью  $KN =$

0,90; силикатный модуль  $n = 2,23$ ; глинозёмный модуль  $p = 0,72$ . Химический состав клинкера характеризуется следующими значениями:  $\text{SiO}_2 - 19,40\%$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3 - 4,26\%$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 2,96\%$ ,  $\text{CaO} - 69,97\%$  и  $\text{MgO} - 1,63\%$ . Минералогический анализ показал, что основными фазами являются трёхкальциевый силикат ( $\text{C}_3\text{S}$ ) – 63,3% и двухкальциевый силикат ( $\text{C}_2\text{S}$ ) – 14,2%, а также промежуточные фазы:  $\text{C}_3\text{A} - 1,31\%$  и  $\text{C}_4\text{AF} - 17,61\%$ . Кристаллизация минералов характеризуется равномерным распределением по объёму клинкера. Фаза  $\text{C}_3\text{S}$  представлена кристаллами размером порядка 100 мкм, тогда как  $\text{C}_2\text{S}$  формирует округлые и овальные кристаллы размером от 1 до 40 мкм. Показано, что присутствие оксидов  $\text{CuO}$ ,  $\text{PbO}$  и  $\text{ZnO}$ , содержащихся в отходах кучного выщелачивания и свинцовом шлаке, оказывает каталитическое воздействие на процесс минерализации, способствуя ускоренному разрушению кристаллической решётки  $\text{CaCO}_3$  и снижению температуры обжига. Полученные результаты подтверждают технологическую и экологическую целесообразность использования отходов кучного выщелачивания в производстве цементного клинкера и демонстрируют перспективность данного подхода для повышения ресурсной эффективности и снижения энергозатрат в цементной промышленности.

**Ключевые слова:** отходы, отходы кучного выщелачивания, свинцовый шлак, процесс обжига, клинкер, портландцемент

**Кіріспе.** Әлемде цемент өндірісі энергияны орасан көп тұтынатын, шикізат материалдарды мол жұмсайтын, технологиялық параметрлерді қатаң сақтауды талап ететін, экологиялық көрсеткіштерді тиімді жүргізуді көздейтін сала болып табылады (Chatterjee, 2018). Бұл өндіріс саласы елдің даму көрсеткіштерін айқындайтын маңызды бөлшегі іспеттес. Себебі цемент өндірісінің көлемі мен құрылыс жүргізу деңгейіне байланысты елдің экономикалық дамуы анықталады. 2025 жылы Қазақстандық цемент өнедіруші зауыттар осы маңызды векторда 13,07 млн тонна цемент шығарып рекордтық көрсеткішті бағындырды. Дамудың негізгі қозғаушы белгісіне елімізде қабылданған СТ РК 3361-2022 мемлекеттік сертификаттау жүйесінің құжатын атап өтуге болады (Gulyayeva, 2026). Қабылданған құжатта цемент өндірудің технологиялық көрсеткіштері мен маңызды процесстердің тиімділігін жүзеге асыру, құжатта белгіленген талаптарды қатаң сақтаумен бағаланған. Әлемдік цемент өндіруші елдерде қабылданған тиімді технологиялық шешімдер мен қолжетімді бағдарламаларды қолдану, яғни энергия және қор үнемдеу, экологияға бөлінетін парникті газ шығарындыларын азайту, техногенді және өндіріс қалдықтарды пайдалану мүмкіндігін арттыру қажеттілігі жүзеге асырылған (ST RK 3361-2022).

Қазақстан Республикасының аумағында 50 млрд тоннадан астам цемент өндірісі үшін маңызды екеншілік шикізат ретінде қолдануға болатын техногенді және өндіріс қалдықтары жинақталған. Сол қалдықтардың 60 % астамы (30 млрд көп) металлургия және тау-кен өндірісінің қалдықтары құрайды. Орталық Қазақстан еліміздің металлургия, көмір және тау-кен саласының орталығы ретінде жылына 110 млн тоннаға жуық қалдықтарды полигондар мен ашық

алаңдарда жинақтайды. Ал ол қалдықтарды тиімді жою немесе кәдеге жарату небәрі 40 % аспайды (Qaldıqtardı, 2023). Мысал ретінде алатын болсақ, «Ulytau Gold Processing» ЖШС кәсіпорны сілтілеу алаңдарына шамамен 3,9 - 6,9 млн тоннаға жуық үйінді шаймалау қалдықтарды жинақтайды. Бұл кәсіпорын үйінді шаймалау қалдықтарды алтын және күміс кенорындарын өңдеу кезінде түзілген қажетсіз өнім деп санайды (Programma, 2023). Алайда ол қалдықтарды екіншілік шикізат ретінде пайдалану мүмкіндігін ескермейді.

Портландцемент клинкер күйдіру процесі үшін үйінді шаймалау қалдықтарды шикізат материал ретінде екіншілік пайдалану ерекше тиімді факторларға әсер етеді:

- Техногенді немесе өндірістік қалдықтар жинақталға полигондар үлкен аумақты алып жатады және сол жергілікті аймақтың топырағы мен жер асты суларына өте үлкен зиян келтіреді;

- Үйінді шаймалау қалдықтың құрамында кездестеін оксидтер мен олардың жоғары концентраттары сазды минералдардың орнын алмастыра алатын тиімді минералды ресурсқа айналдыра алады;

- Табиғи шикізат ресурстардың сарқылуын ескерсек, техногенді қалдықтарды тиімді пайдалану экономикалық жағынан оң әсерін береді;

- Портландцемент клинкер күйдіру процесі кезінде шихта құрамына 10-20 % мөлшерде қалдықтарды ендіру, табиғи минералды ресурс үнемдеу жағынан және күйдіру температурасын 1450 °C-тан 1400 °C-қа дейін 50 □ төмендету экономикалық тиімділігі жағынан, қоршаған ортаны қорғау аясында «Жасыл экономикаға көшу» қағидалары жағынан тиімді әсерін береді (Potarova, 2016).

Бұл зерттеу жұмыстың ғылыми жаңалығы алғаш рет үйінді шаймалау қалдықтарды сазды минералды компонент ретінде цемент клинкерін алу процесінде пайдалану, алынған клинкердің химия-минералогиялық құрамын анықтау және клинкердің фазалық құрамына қалдықтың әсерін зерттеу болып табылады.

**Әдеби шолу.** Шет елдік зерттеушілер цемент клинкерін күйдіру процесінде түрлі техногенді материалдарды екіншілік шикізат ресурсы ретінде қолдану мүмкіндігін зерттеген. Техногенді материалдарды мен қалдықтарды қолдану арқылы жасыл экономикаға көшу мүмкіндігін қарастырған (Das et al., 2021). Әлемдік тиімді техногенді ресурстарға металлургия, химия, тау-кен, құрылыс және тұрмыстық қалдықтарды жатқызуға болады. Бұл материалдардың химиялық құрамында цемент клинкерін алуға жарамды металл оксидері мен клинкер күйдіру процесін жеделдетуге қатысатын минерализаторлар кездеседі. Jian және басқалардың зерттеуінде шыны өндіру кезінде жинақталған қалдықтарды клинкер күйдіру кезінде қолдану арқылы, клинкер фазалық құрамына  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  оксидтері және  $\text{Cu}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{P}$  метал бөлшектері енуінің әсерінен клинкер күйдіру температурасы 50-100 °C-қа дейін төмендеді. Мұнда сілтілік метал оксидтері клинкердің  $\alpha'$ - $\text{C}_2\text{S}$  минерал фазасының түзілуіне және аралық фазаның  $\text{C}_4\text{AF}$  тұрақтылығына тиімді әсер еткен (Jian et al., 2020). Сондай-ақ, тұрмыстық қатты, қағаз фабрикасының қалдықтарын жағу, болат балқыту зауыттарының

қалдықтарын шикізат ретінде қолдану кезінде алынған клинкердегі алит ( $C_3S$ ) минералының көптеп түзілуі мен тұрақты болуы анықталды (Segata et al., 2019).

Клинкер алу кезінде шикізат шихта құрамына 2-10 % мыс балқыту қалдығын ендіру арқылы алынған цемент тасының қысу кезіндегі беріктігі 10 % жоғарлаған (Ghazi et al., 2022). Алтын және темір кенорындарынан жинақталған қалдықтарды клинкер күйдіру процесіне ендіру арқылы цемент алған. Алынған цемент беріктігіне қалдықтардың әсері қысу кезінде 2 және 7 тәулікте төмендеткен, алайда 28 тәуліктік көрсеткіші жоғарлаған (Vescovi et al., 2023). Шикізат шихта құрамына 5 – 40 % қағаз – целлюлоза өндірісінен түзілген қалдықты клинкер алу үшін шихат құрамына ендіру арқылы клинкер алған. Клинкер алу процесінде табиғи ресурс түрі үнемделіп, цементтің ұстасу мерзімі 100 мин ұзарған (Srivastava et al., 2024).

Портландцемент алу технологиясында техногенді қалдықтарды екіншілік шикізат ретінде қолдану шығын мөлшерін төмендетеді, экологияға тиімділікті арттырады. Табиғи ресурсты 15-20 % техногенді қалдықтармен алмастыру атмосфераға шығарылатын парникті газ көлемін 0,15 тоннаға азайтуға мүмкіндік береді (Zhang et al., 2020). Ал тұрмыстық қалдықтарды пайдалану,  $CO_2$  парникті газдардың шығару көлемін 30 - 50 % төмендетеді (Мао et al., 2020). Сондай-ақ, қағаз целлюлоза өндірісінің қалдықтарын пайдалану цемент өндірісінде энергия тұтынуды 50 % азайтып,  $CO_2$  парникті газдардың шығару көлемін 1 тонна клинкер үшін 0,3 тоннаға дейін төмендетуге мүмкіндік береді (Xu et al., 2014). Жүргізілген әдеби шолу жұмыстардың нәтижесінде клинкер алу процесінде техногенді және өндіріс қалдықтарды пайдалану айтарлықтай тиімді көрсеткішке қол жеткізеді. Әдеби шолу жұмыстарды жүргізу кезінде алтын кенорнын өңдеу кезінде түзілген үйінді шаймалау қалдықтарды клинкер құрамына ендіру арқылы портландцемент клинкерін алу бойынша деректер кездескен жоқ. Бұл үйінді шаймалау қалдықтарды цемент өндірісінде қолдану әлі де толық зерттелмегендігін білдіреді.

**Материалдар мен зерттеу әдістері.** «Ulytau Gold Processing» ЖШС кәсіпорында түзілген үйінді шаймалау қалдықтары мен клинкер алу үшін қажетті шикізат материалдар әктас пен қорғасын шлақтың химиялық құрамдары анықталған (Zhanikulov, 2025; Zhurgaraeva, 2025).

1400<sup>0</sup> температурада күйірілген клинкердің құрамына химиялық, рентгенофазалық және электронды микроскопиялық талдау жасалды. Клинкер құрамындағы байланыспаған бос СаО этилглицерат әдісі (GOST 5382-2019) бойынша анықтау орындалды. Клинкердегі бос СаО мөлшері оның клинкер түзу процесінің аяқталуын білдіреді. Әдіс этиленгликоль ерітіндісінде бос СаО селективті түрде ерітуге, алынған  $Ca(OH)_2$  ерітіндісін индикатор ретінде фенолфталеиннің қатысуымен стандартты НСІ ерітіндісімен титрлеуге негізделген. СаО байланысқан түрлері (силикаттар және алюминаттар) аналитикалық жағдайларда ерімейді. Талдауды жүргізу үшін этиленгликоль, тұз қышқылының ерітіндісі (НСІ) = 0,1 моль/дм<sup>3</sup>, фенолфталеин, спирт ерітіндісі, дистилденген  $H_2O$  және сүзгілеуші қағаз,  $\pm 0,0002$  г дәлдіктегі аналитикалық таразы, конустық колба –  $V=250$  мл, бюретка  $V= 25$  немесе 50 мл, градуацияланған цилиндр, жылытқыш плита және суға жалғанған мұздатқыш, шыны араластырғыш таяқша

кажет болады. Талдау жүргізу үшін біріншіден клинкерді өлшемі № 0,08 мм (80 мкм) болатын електен өткенше ұнтақтайды және електен өткізеді. Сосын клинкерді аналитикалық таразыда 0,0002 г дәлдікпен 0,2–0,5 г етіп өлшеп алады. Клинкерді құрғақ конус тәрізді қолбаға салып, оған көлемі 50 мл этиленгликоль қосады. Қолбаны мұздатқышпен жылытқыш плитада 60-80 °С температураға дейін қыздырып, араластырады, жалпы 20-30 минут қыздырады. Ерітіндіні бөлме температурасына дейін суытып, 2-3 тамшы фенолфталеин тамызады. Алынған ерітіндіні қызғылт түс жоғалғанша HCl-мен титрлейді. Нәтижесінде титрлеуге жұмсалған қышқыл көлемін жазып, төмендегі формуламен есептеу жүргізеді, бос CaO мөлшері анықталады:

$$\text{бос CaO} = V \cdot C \cdot 0,028 \cdot 100/m \quad (1)$$

Рентгенофлуоресценция әдісі арқылы талдау кезінде клинкердің химиялық құрамы анықталады. Талдау толқынды дисперсиялық рентгендік флуоресценция көмегімен орындалады. Рентген сәулелерінің әсерінен клинкердегі элементтердің атомдарына тән флуоресценция шығарады. Сәулеленудің қарқындылығы мен толқын ұзындығы клинкерді сандық оксидтік құрамын анықтай алады. Клинкердің минералогиялық құрамы алынған оксидтік құрамға негізделген Боге формулаларын қолдана отырып есептеледі. Клинкердің үлгісі 0,08 мм-ден аспайтын бөлшектердің өлшеміне дейін ұнтақталып, дәлдікті жақсарту үшін <63 мкм дейін қосымша ұнтақтауға жіберіледі. Күйдіру кезіндегі жоғалуды (ккж) анықтау үшін үлгі 950 - 1000 °С температурада 30 - 60 минут бойы қыздырылады. Ұнтақтың өлшенген бөлігінен (8 - 10 г) диаметрі 32 - 40 мм таблетка дайындалады. Талдауды жүргізу шарттары: өлшеу режимі – WDXRF; рентген түтігінің кернеуі – 20 - 60 кВ; түтік тогы - 150 мА дейін; талдау ортасы - вакуум немесе гелий; өлшеу уақыты - әр элемент үшін 10 - 60 с. Клинкерді талдау өлшеуші анализатор кристалдары мен детекторларын автоматты түрде таңдау арқылы жүзеге асырылады. Алынған спектрлер бағдарлама көмегімен матрицалық түзетулер мен калибрлеулерді ескеріп өңделеді. Нәтижелер оксидтердің массалық үлестері пайыздық (%) түрінде беріледі (Taylor et al., 2016).

Рентгендік дифракция әдісі клинкердің фазалық құрамын анықтауға арналған. Талдау рентгендік дифракцияға (XRD) негізделген және поликристалды үлгі монокроматикалық рентген сәулелерімен сәулелендіру, клинкердегі фазалардың кристалдық жазықтықтарында дифракциялау арқылы анықталады. Кристалдық фазаның дифракциялық сызықтары оларды сандық талдау үшін қолданылады. Клинкерді <63 мкм бөлшек өлшеміне дейін ұнтақтайды. Ұнтақ біртекті үлгі алу үшін мұқият араластырылады. Беткі шыны пластинамен тегістеледі. Рентгендік дифракциялық талдау шарттары: сәулелену – CuK $\alpha$ ; түтік кернеуі - 40 кВ; түтік тогы - 30–40 мА; 2 $\theta$  бұрыш диапазоны - 5–70°; сканерлеу қадамы - 0,02°; санау уақыты - 0,5–1,0 с/қадам; сканерлеу режимі -  $\theta$ –2 $\theta$ . Клинкер ARL X'TRA дифрактометр ұстағышына орналастырылады, сканерленеді және дифракциялық үлгі жазылады. Клинкерден алынған дифракциялық үлгі одан әрі өңдеу үшін сақталады (Amiraliyev et al., 2025).

Электронды микроскоп көмегімен клинкердің микроқұрылымы мен текстурасы анықталады. Клинкер фазаларының морфологиясын және олардың қасиеттеріне әсері анықталады. Клинкер үлгісін дайындау кезінде 5–10 мм өлшемді клинкердің бөлшегі алынады. Клинкерді микроскопқа орналастыру алдында бетін тазалау ультрадыбыстық ваннаны пайдаланып этанол немесе изопропанолда шайып алады. Электронды-оптикалық жүйе (WD) 48 мм болған кезде x8 минималды үлкейту кезінде кескіндерді алуға мүмкіндік береді. JEOL JSM-6490 LV маркалы электронды микроскоп 3-100 мкм сызықтық өлшемдердің өлшеу диапазонында, 0,03-1000 мкм сызықтық өлшем көрсеткіштерінің ауқымында, электрмен жабдықтау  $220 \pm 5$  Гц кернеу жиілігінде, үдеткіш кернеу 0,3-30 кВ диапазонында жұмыс жасайды (Rad et al., 2008).

**Нәтижелер.** Әктас, үйінді шаймалау қалдығы және қорғасын шлакты белгілі мөлшерде қосу арқылы, шарлы диірменде шихта қоспасын ұнтақтау жүргізіледі. Шихта қоспасының №008 електегі қалдығы 10-13 % болғанға дейін ұнтақтап, електегі қалдығы анықталады. Дайындалған шихта құрамын ылғалдылығы  $w \approx 10$  % болғанша ылғалдап, 20 МПа қысымдағы прессте диаметрі 2 см және биіктігі 1 см етіп таблетка үлгіше жасалады. Дайындалған үлгілерді зертханалық жоғары температурада электр пеште клинкер күйіру процесі жүргізіледі. Жоғары 1400 °C күйдіру температураға дейін көтеру уақыты шамамен 3 сағ 10 мин уақыт құрады. Жоғары 1400 °C температурада клинкер үлгілерді 30 минут ұстау арқылы клинкер түзілу процесіндегі фазалық өзгерістерді қамту орындалы. 1 суретте 1400 °C температурада күйдіріліп алынған клинкердің жалпы сыртқы көрінісі көрсетілген.



Сурет 1 – Алынған клинкердің жалпы көрінісі: а) клинкер – 1 (дәстүрлі шихта құрамы); б) клинкер – 2 (дәстүрлі емес шихта құрамы).

Клинкер құрамындағы негізгі минералдардың түзілуі, олардың бос СаО байланысу процесі, модульдердің шихта қоспасына әсері зерттелді. 1 кестеде шихта қоспасының құрамы, қанығу коэффициенті және модульдердің клинкер минералдары мен СаО байланысу процесіне әсері нәтижесі келтірілген.

Кесте 1 – Шихта қоспасының құрамы, қанығу коэффициенті және модульдердің клинкер минералдары мен кальций оксидіне байланысу процесіне әсері

Қоспа	Шихта қоспасының құрамы, сал. %					ҚК	Модуль		Бос СаО саны, 1400 °С, %
	эктас	саз	темір рудасы	үйінді шаймалау қалдығы	қорғасын шлагы		n	p	
1	79,83	17,49	2,68	-	-	0,90	2,2	1,12	1,87
2	77,62	-	-	14,62	7,76	0,90	2,2	0,64	0,94

Клинкер күйдіру процесінің аяқталуы негізінен клинкердегі бос СаО мөлшерінің толық клинкер минералдарымен біртекті байланысу дәрежесі арқылы анықталады. Клинкердегі бос СаО мөлшері этил-глицератты әдіспен анықталды, бұл МЕСТ 5382-2019 талаптары бойынша клинкердегі бос СаО мөлшері 2 % аспауы тиіс екендігін көрсетуі тиіс.

1-ші құрамда көрсетілгендей, «Эктас + саз + темір рудасы» шихта компоненттерінен дайындалған қоспадан алынған клинкерде минералдардың кальций оксидімен байланысу процесінің жеткіліксіз дәрежеде жүргендігі анықталды. Себебі, клинкер құрамындағы бос СаО мөлшері 1,87 % құрады, бұл бос СаО мөлшерінің шамасы 2 %-ға жуық екендігін көрсетеді, яғни күйдіру процесінде температураның жеткіліксіз болғандығын көрсетті. Сондай-ақ, 1 суретте (а) көрсетілгендей клинкердің түсі ашық сұр түсте екендігі байқалды.

2-ші құрамда көрсетілгендей, «Эктас + үйінді шаймалау қалдығы + қорғасын шлагы» шихта компоненттерінен дайындалған қоспадан алынған клинкерде минералдардың кальций оксидіне байланысу процесінің толық жеткілікті дәрежеде жүргендігі, клинкер құрамындағы бос СаО мөлшері 0,94 % анықталды, бұл клинкер күйдіру процесінде температураның жеткілікті болғандығын дәлелдейді. Сондай-ақ, 1 суретте (б) көрсетілгендей клинкердің түсі қою кара түсте екендігі байқалды.

Нәтижесінде, үйінді шаймалау қалдығы мен қорғасын шлагы қосылған шикізат шихта құрамында  $Fe_2O_3$ , CuO, PbO, ZnO және сілті ( $Na_2O + K_2O$ ) оксидтерінің клинкерге енуінің әсерінен клинкер түзілу процесінде балку температурасын төмендеткені дәлелденді. СаО байланыс дәрежесін арттырды, бұл бос СаО мөлшерін азайтуға көмектеседі. Сондай-ақ, қалдықтарды 22,38 % кәдеге жарату арқылы экологиялық мәселені оңтайлы шешуге мүмкіндік береді. Техногенді қалдықтарды пайдалану арқылы атмосфераға шығарылатын  $CO_2$  парникті газдардың шығарындыларын төмендетуге мүмкіндік береді

1400 °С температурада күйдіріліп алынған клинкерге физика-химиялық талдау жүргізілді. Алдымен клинкердің химиялық құрамын анықтау үшін ЖШС «Стандарт цемент» зауытының орталық лабораториясында орналасқан заманауи X-RAY (S8 Tiger) құрылғысында талдау жасалды. Алынған клинкердің химиялық және минералогиялық құрамдары 2 кестеде келтірілген.

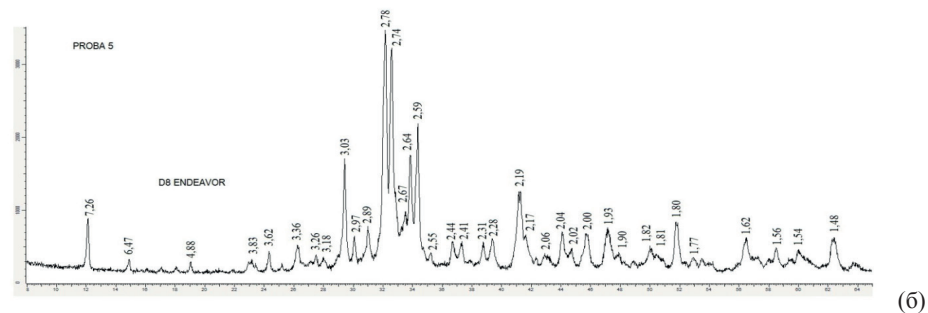
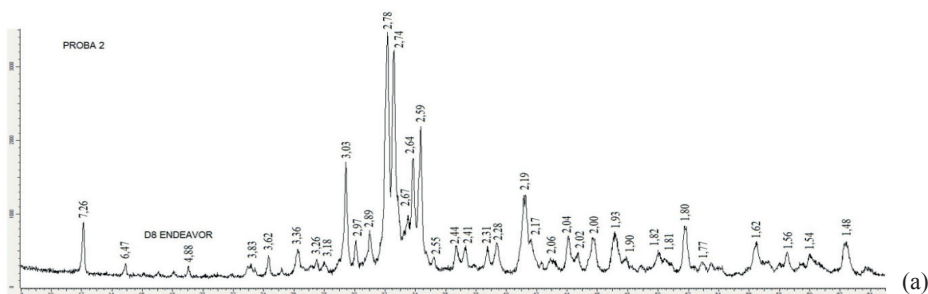
Кесте 2 – Алынған клинкердің химия-минералогиялық құрамдары

Клинкер	Клинкердің химиялық құрамы, %					ҚК	Модуль		Минералогиялық құрамы, %			
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO		n	p	C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
1	23,52	4,19	5,72	62,57	0,89	0,90	2,25	0,75	59,1	17,9	1,73	17,42
2	24,17	4,08	5,78	62,25	0,97	0,90	2,23	0,72	63,3	14,2	1,31	17,61

Нәтижесінде, үйінді шаймалау қалдығы мен қорғасын шлагы қосылған клинкерде силикат түзілу реакциялары жақсырақ жүргендігі анықталды. 1400 °С температурада C<sub>3</sub>S минералының мөлшері 63,3 % және C<sub>2</sub>S минералы 14,2 % түзілгендігі анықталды. МЕСТ 22266-2013 талаптарына сәйкес (GOST 22266-2013) портландцемент клинкерінің минералогиялық құрамында C<sub>3</sub>A мөлшері 3,5 %-дан артық емес, клинкердің химиялық құрамында Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> мөлшері 5 %-дан артық болмаса сульфатқа төзімді портландцемент алуға жарамды клинкер болып табылады. Алынған №1 клинкердің химиялық құрамында Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 4,19 % және минералогиялық құрамында C<sub>3</sub>A – 1,73 % анықталды. Бұл алынған клинкерден сульфатқа төзімді портландцемент алуға жарамды екендігін көрсетті.

№2 клинкердің химиялық құрамында Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 4,08 % және минералогиялық құрамында C<sub>3</sub>A – 1,31 % тең болды. Сәйкесінше, бұл клинкерде МЕСТ 22266-2013 талаптарды толық қанағаттандыратындықтан сульфатқа төзімді портландцемент алуға жарамды екендігін дәлелдейді.

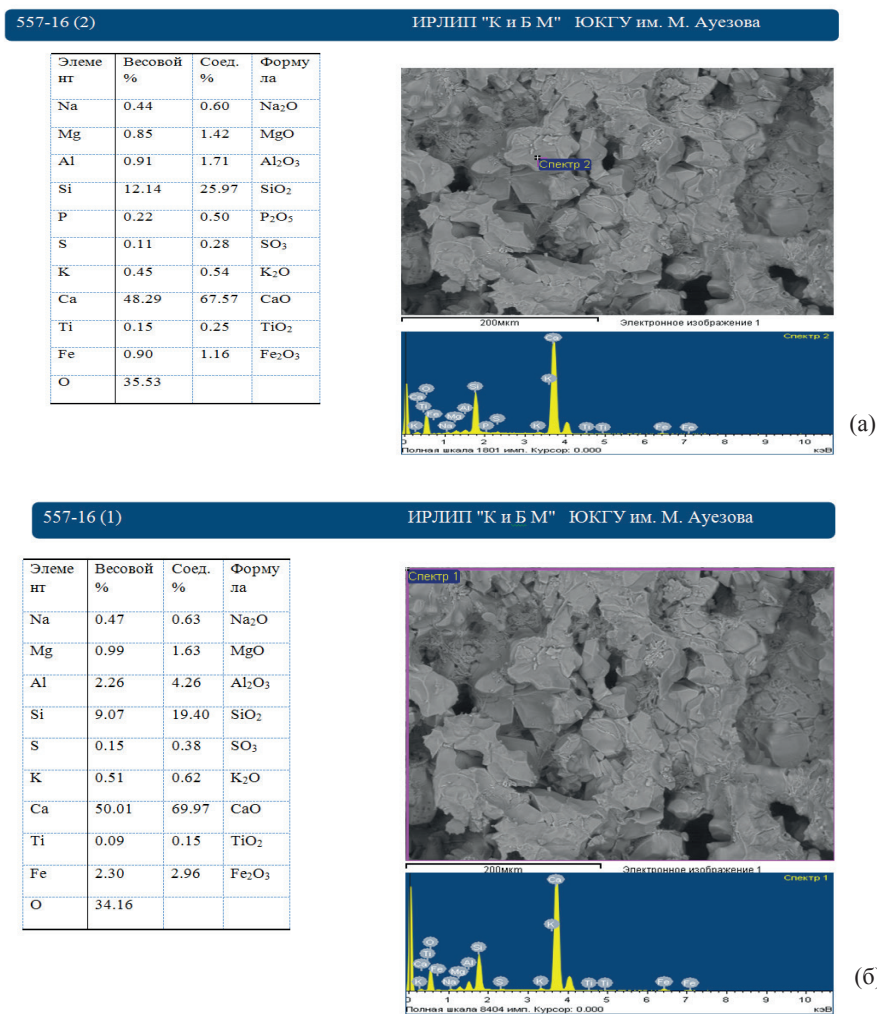
Клинкердің рентген құрылымдық талдауы 2 суретте келтірілген.



Сурет 2 – Клинкердің рентгендік спектрлері: а) клинкер – 1; б) клинкер – 2.

1400 °С температурада күйдірілген клинкердің жазықтық аралық қашықтық көрсеткіштері келесідей клинкер минералдарының түзілгендігін анықтады, олар:  $C_3S$   $d = 1,48; 1,62; 1,82; 2,06; 2,17; 2,31; 2,44; 2,74; 2,78; 2,97; 3,03 \text{ \AA}$ ;  $C_2S$   $d = 1,80; 2,02; 2,04; 2,19; 2,28; 2,41; 2,64; 3,18; 3,26 \text{ \AA}$ ;  $C_3A$   $d = 1,54; 1,90; 2,59; 3,36 \text{ \AA}$ ;  $C_4AF$   $d = 1,56; 1,81; 1,93; 2,55; 3,62 \text{ \AA}$ . Нәтижесінде, үйінді шаймалау қалдығы мен қорғасын шлагы қосылған шихта қоспасынан алынған клинкер құрамында барлық цемент клинкеріне тиісті минералдардың толықтай түзілгендігін көрсетті және олар жазықтық аралық қашықтық көрсеткіштерімен дәлелденді.

**Талқылау.** Алынған клинкердің микроқұрылымын бағалау үшін электронды микроскоп көмегімен  $\times 100-3000$  есе жақындатып көру арқылы зерттеу жүргізілді. Клинкерді сканерлеуші электронды микроскопиялық және рентгендік флуоресценциялық талдауының нәтижелері 3 суретте көрсетілген.



Сурет 3 – Клинкерлердің микроқұрылымы және спектрограммасы: а) клинкер – 1; б) клинкер – 2.

«Әктас + саз + темір рудасы» қоспа құрамынан тұратын клинкердің нақты модульдік көрсеткіштері қанығу коэффициенті  $ҚК = 0,90$ ;  $n = 2,25$ ;  $p = 0,75$  болды. Ал клинкердің химиялық құрамы келесідей % анықталды:  $SiO_2 - 25,97$ ;  $Al_2O_3 - 1,71$ ;  $Fe_2O_3 - 1,16$ ;  $CaO - 67,57$ ;  $MgO - 1,42$ . Клинкердің микросуреттерін талдау нәтижесінде минералдардың кристалдануы салыстырмалы түрде анық және біркелкі таралғанын көрсетті. Салыстырмалы түрде жақсы қалыптасқан  $C_3S$  кристалдарының аймақтарымен қатар, тік қырлы бұрышты  $C_3S$  кристалдарының өсінділеріне ауысатын дұрыс емес пішінді  $C_3S$  аймақтары да кездеседі.  $C_2S$  дөңгелек және сопақ кристалдар түрінде кездеседі.  $C_3S$  пен  $C_2S$  түйіршіктерінің бетінде және олардың арасында алюминат фазасы (қара аралық зат) және алюмоферрит фазасы (ашық жарық аралық зат) айқын көрінеді. Клинкер шихтасының құрамына темір рудасын қосу күйдіру температурасын төмендетеді және клинкер түзілу процесін жақсартады. Клинкер қималарының электронды микроскопиялық талдауы клинкер минералдарының жентектелуі жақсы пішінді, қалыпты пішінді,  $C_3S$  кристалдарының өлшемі 20-60 мкм түзілгендігін көрсетті. Клинкер құрамында негізгі минералдар  $C_3S = 59\%$  және  $C_2S = 17,9\%$  анықталды (Smith et.al, 2019).

«Әктас + үйінді шаймалау қалдығы + қорғасын шлағы» қоспа құрамынан тұратын клинкердің нақты модульдік көрсеткіштері қанығу коэффициенті  $ҚК = 0,90$ ;  $n = 2,23$ ;  $p = 0,72$  тең болды. Клинкердің химиялық құрамы келесідей % анықталды:  $SiO_2 - 19,40$ ;  $Al_2O_3 - 4,26$ ;  $Fe_2O_3 - 2,96$ ;  $CaO - 69,97$ ;  $MgO - 1,63$ . Клинкердің микросуреттерін талдауда минералдардың айқын кристалдануын және клинкер ішінде біркелкі емес түйіршікті таралуын көрсетті.  $C_3S$  әртүрлі өлшемдер мен тік пішіндегі кристалдар түрінде болады. Үлкен ромбоэдрлі  $C_3S$  кристалдарының құрамында  $C_2S$  қосындылары кездеседі. 100 мкм-ге дейін жететін үлкен ромбоэдрлі  $C_3S$  кристалдары анық көрінеді. Клинкердегі  $C_2S$  минералдардың дәндерінің сақина тәрізді шоғырларын көрсетті.  $C_2S$  негізінен дөңгелек, бірақ кейбіреулері сопақша күйде кездеседі.  $C_2S$  минералы айтарлықтай үлкенірек,  $C_2S$  пен  $C_3S$  минералдары тікелей байланыста, бұл олардың қатты дене реакциялары арқылы түзілуін көрсетті.  $C_3A + C_4F$  фаза ең алдымен мол алюмоферриттен тұрады. Клинкерде  $C_3S$  минералы басым кездеседі.  $C_3S$  мөлшері 63 % және  $C_2S$  мөлшері 14 %,  $C_3A + C_4F$  фаза негізінен 1,3 % -  $C_3A$  және 17,1 % - төрт кальцийлі алюмоферриттен тұрады. Біріктірілген үйінді шаймалау қалдығы және қорғасын шлағы минералдандырғыш әсері бар, клинкер түзілу процессін жылдамдатады, күйдіру температурасын төмендетуге көмектеседі және клинкер түзілу процесін күшейтеді (Lee et al., 2021).

**Қорытынды.** «Әктас + саз + темір рудасы» шикізат шихта қоспаларда клинкердің түзілу процесі 1450 °C температурада аяқталғаны және клинкердегі бос  $CaO$  мөлшері 1,87 % болғаны анықталды. Әзірлеген «Әктас + үйінді шаймалау қалдығы + қорғасын шлағы» шикізат шихта қоспаларда клинкердің түзілу процесі 1400 °C температурада аяқталды, яғни дәстүрлі қоспаларға қарағанда 50 °C төмен аяқталғаны және клинкердегі бос  $CaO$  мөлшері 0,94 % екендігі анықталды. Техногенді қалдықтардың құрамында  $CuO$ ,  $PbO$ ,  $ZnO$  және сілті ( $Na_2O + K_2O$ ) оксидтердің клинкер минералдарындағы  $CaO$  байланысуына көбірек әсер ететіні

дәлелденді. Әзірленген клинкердегі минералдардың кристалдануы айтарлықтай ерекше екені, біркелкі, аймақтық таралуын көрсетті.  $C_3S$  әртүрлі өлшемдегі және тік-қырлы пішіндегі, кейде үлкен өлшемі 100 мкм-ге жететін кристалдармен ұсынылған, сондай-ақ,  $C_3S$  кристалдарының өзара өсуі байқалады.  $C_2S$  кішірек, дөңгелек және сопақша кристалдар түрінде кристалданды.  $C_2S$  түйіршіктерінің бетінде кейде жарықтар байқалды, ал кейбір клинкерде екінші реттік  $C_2S$  түзілгенді анықталды. Аралық фаза  $C_3A + C_4AF$  жеткілікті 18-19 % мөлшерде қамтылған. Кальций алюмоферриттері ашық және талшықты кристалдар түрінде, ал кальций алюминаты күңгірт кристалдар түрінде көрінді. Клинкер түзілу процесінің үдеуінің негізгі химизмі үйінді шаймалау қалдықтары мен қорғасын шлағының аздаған мөлшерінің  $CaCO_3$  диссоциациясына және жоғары температурада минерал түзілу реакцияларына минералдану әсерінде жатыр. Үйінді шаймалау қалдықтары мен қорғасын шлағын шихта қоспа құрамына 22,38 % ендіру кальциттің ыдырау температурасын 50 °C-қа төмендетті. Үйінді шаймалау қалдықтары мен қорғасын шлағындағы мырыш, қорғасын және мыс оксидтерінің аз мөлшері минералдану әсеріне ие, бұл төмен температурада кальцит кристалдық торының тезірек бұзылуына ықпал етті. Бұл клинкер түзілу процесінің одан әрі жеделдетуге көмектесті.

### References

- Amiraliyev B., Taimasov B., Potapova E., Sarsenbaev B., Begentayev M., Dauletiyarov M., Kuandykova A., Abdullin A., Ainabekov N., Auyesbek S. (2025) Heat Treatment of Clay Shales and Their Utilization as Active Mineral Additives for the Production of Composite Cements. *Journal of Composites Science*. — 9. — 269 p. (in Eng.).
- Chatterjee A.K. (2018) *Cement production technology: principles and practice*, CRC Press: — USA. — 419 p. (in Eng.).
- Das O., Restás Á., Shanmugam V., Sas G., Försth M., Xu Q., Jiang L., Hedenqvist M.S., Ramakrishna S. (2021) Demystifying low-carbon materials. *Materials Circular Economy*. — 3. — P. 1-11. (in Eng.).
- Ghazi A.B., Jamshidi-Zanjani A., Nejati H. (2022) Clinkerisation of copper tailings to replace Portland cement in concrete construction. *Journal of Building Engineering*. — 51. — 104275 p. (in Eng.).
- GOST 22266-2013 (2014) Tsementy sulfatostoykiye. *Tekhnicheskkiye usloviya*. [Sulfate-resistant cements. Technical specifications.]. Standard Inform Publishing House: Moscow, Russia. — 11 p. (in Russ.).
- GOST 5382-2019 (2019) Tsementy i materialy tsementnogo proizvodstva. *Metody khimicheskogo analiza*. [Cements and materials for cement production. Methods of chemical analysis.]. Standard Inform Publishing House: Moscow, Russia. — 30 p. (in Russ.).
- Gulyayeva Ye. (2026) Tsementnaya otrasl' RK obnovila istoricheskiy maksimum. [The cement industry of the Republic of Kazakhstan has reached a historical maximum.]. *inbusiness.kz*. On this link. <https://inbusiness.kz/ru/last/cementnaya-otrasl-rk-obnovila-istoricheskij-maksimum> 13.01.2026. (in Russ.).
- Jian S., Gao W., Lv Y., Tan H., Li X., Li B., Huang W. (2020) Potential utilization of copper tailings in the preparation of low heat cement clinker. *Construction and Building Materials*. — 252. — 119130 p. (in Eng.).
- Lee S., Park H. (2021) Utilization of industrial wastes in cement clinker production: a review. *Cement and Concrete Research*. — 142. — 106391. (in Eng.).
- Mao Y., Wu H., Wang W., Jia M., Che X. (2020) Pretreatment of municipal solid waste incineration fly ash and preparation of solid waste source sulphoaluminate cementitious material. *Journal of Hazardous Materials*. — 385. — 121580 p. (in Eng.).
- Potapova E.N. (2016) *Nailuchshiyе dostupnyye tekhnologii proizvodstva tsementa*. *Opyt razrabotki*

rossiyskogo spravochnika [The best cement production technologies. Experience in the development of the Russian directory]. Crocus: —Moscow, —Russia. — 49 p. (in Russ.).

Programma upravleniya otkhodami TOO «Ulytau Gold Processing» «Stroitel'stvo i ekspluatatsiya pererabatyvayushchego kompleksa na rudnike Ashiktas po tekhnologii kuchnogo vyschelachivaniya zolotosoderzhashchikh rud s ob'yemom pererabotki do 1,5 mln. tonn rudy v god, Ulytauskaya oblast', Zhanaarkinskiy rayon». [Waste Management Program of Ulytau Gold Processing LLC "Construction and Operation of a Processing Complex at the Ashiktas Mine Using Heap Leaching Technology for Gold-Bearing Ores with a Processing Volume of Up to 1.5 Million Tons of Ore Per Year, Ulytau Region, Zhanaarka District"]. (2023) On this link. <https://ecoportal.kz/Public/PubHearings/LoadFile/83420> — Astana. — 50 p. (in Russ.).

Qaldiqtardi azaytu, qayta ondeu jane qaytalama paydalanu turali apparat [Information on waste reduction, recycling and reuse]. On this link. [https://egov.kz/cms/kk/articles/ecology/waste\\_reduction\\_recycling\\_and\\_reuse](https://egov.kz/cms/kk/articles/ecology/waste_reduction_recycling_and_reuse) 09.01.2023. (in Kaz.)

Rad, S.J.B. (2008) Electron Probe Microanalysis and Scanning Electron Microscopy in Geology, Tekhnosfera: — Moscow. — Russia. — 232 p. (in Eng.).

Segata M., Marinoni N., Galimberti M., Marchi M., Cantaluppi M., Pavese A., De la Torre Á.G. (2019) The effects of MgO, Na<sub>2</sub>O and SO<sub>3</sub> on industrial clinkering process: phase composition, polymorphism, microstructure and hydration, using a multidisciplinary approach. *Materials Characterization*. —155. — 109809 p. (in Eng.).

Smith J., Brown L., Johnson M. (2019) Co-processing in cement industry: energy and emission benefits. *Journal of Cleaner Production*. — 215. — P. 1234–1245. (in Eng.).

Srivastava S., Moukannaa S., Isteri V., Ramteke D.D., Perumal P., Adesanya D., Kinnunen P., Ohenoja K., Illikainen M. (2024) Utilization of calcite-rich Green Liquor Dregs (GLD) by-products from pulp and paper industry: Cement clinker production and life cycle analysis. *Case Studies in Construction Materials*. — 20. — e02870. (in Eng.).

ST RK 3361-2022 (2022) Otsenka sootvetstviya Poryadok podtverzhdeniya sootvetstviya tsementov i klinkera portlandtsementnogo. [Conformity assessment. Procedure for confirming the conformity of cements and Portland cement clinker]. Astana, Kazakhstan. — 66 p. (in Russ.).

Taylor H.F.W., Jennings H.M. (2016) Modern developments in cement chemistry. *Cement and Concrete Research*. — 89. — P. 60-74. (in Eng.).

Vescovi P.H.T., Bezerra A.C. da S., Poggiali F.S.J. (2023) Iron ore tailing (IOT) chemical composition and content impact on the physical, mechanical, and durability properties of blended cement. *Journal of Building Engineering*. — 80. — 108119 p. (in Eng.).

Xu W., Xu J., Liu J., Li H., Cao B., Huang X., Li G. (2014) The utilization of lime-dried sludge as resource for producing cement. *Journal of Cleaner Production*. — 83. — P. 286-293. (in Eng.).

Zhang Y., Ma Z., Fang Z., Qian Y., Zhong P., Yan J. (2020) Review of harmless treatment of municipal solid waste incineration fly ash. *Waste Disposal Sustainable Energy*. — 2. — P. 1-25. (in Eng.).

Zhanikulov N.N., Zhurgaraeva D.K., Mukhtarkhanova G., Bailen A.S., Svidersky A.K. (2025) Portlandcement alu usin altin kenin ondeuden alingan uyindi saymalau qaldiqtardi shikizat retinde jaramdiligin zertteu. [Study of the suitability of heap leaching wastes from gold ore processing as raw materials for the production of Portland cement]. *Reports of the Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan*. — 1. — 353. — P. 184-195. (in Kaz.).

Zhurgaraeva D.K., Bailen A.S., Zhanikulov N.N. (2025) «ULYTAU GOLD PROCESSING» JSS uyindi saymalaw qaldiqtarin qoldanip cement klinkerin alu usin sikizat qospa quramin esepeteu. [Calculation of the composition of raw materials for the production of cement clinker using tailings of heap leaching of "ULYTAU GOLD PROCESSING" LLP]. *Collection of materials of the International Scientific and Practical Conference of Young Scientists, Master's Students, Students and Pupils "Native Land - the Basis of All Initiatives of the Young Generation"*. — Rudny. — P. 340-344. (in Kaz.).

## **Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The Central Asian Academic Research Center LLP follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the Central Asian Academic Research Center LLP.

The Editorial Board of the Central Asian Academic Research Center LLP will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

**[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)**

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

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

Ответственный редактор *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Т. Апендиев*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 31.03.2026.

Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.

22,0 п.л. Заказ 1.

---

*«Central Asian Academic Research Center» LLP*

*Алматы, Қонаев к-сі, 142*