

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**№4
2025**

ISSN 2518-1483 (Online),
ISSN 2224-5227 (Print)

2025 • 4



**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND
CHEMICAL SCIENCES**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

Editor-in-Chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Acting President of RPA NAS RK, General Director of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky" (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Editorial Board:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the International Science and Production Holding "Phytochemistry" (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ABIEV Rufat, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

OLIVIERO Rossi Cesare, PhD (Chemistry), Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

TIGINYANU Ion Mihailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

SANG SU Kwak, PhD (Biochemistry, Agricultural Chemistry), Professor, Chief Scientist, Research Center for Plant Systems Engineering, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

BERSIMBAYEV Rakhmetkazi Iskenderovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

CALANDRA Pietro, PhD (Physics), Professor, Institute for the Study of Nanostructured Materials (Rome, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

BOSHKAEV Kuantai Avgazyevich, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

BURKITBAEV Mukhambetkali, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ZHUSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of NAS of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

TAKIBAEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

KHARIN Stanislav Nikolaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Branch of NRNU MEPhI Kazakh National University named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ABISHEV Medeu Erzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ABILMAGZHANOV Arlan Zainutallaevich, PhD in Chemistry, First Deputy Director General of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky", (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES.**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (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 № **KZ93VPY00121157** issued **05.06.2025**Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Бас редактор:

ЖУРЫНОВ Мұрат Жұрынулы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА РҚБ президенті м.а., АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакция ұжымы:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нүрәліұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны онтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИВЬЕРО Россин Сезаре, PhD (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САНГ-СУ Квак, PhD (биохимия, агрохимия), профессор, Корей Биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. (Астана, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, PhD (физика), нанокүрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Қуанғай Ағвазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

Бүркітбаев Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, профессор, Мексика ұлттық автономиялық университеті (UNAM), Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, ҰЯЗУ МИФИ әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

ӘБШЕВ Медеу Ержанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

ӘБІЛМАҒЖАНОВ Арлан Зайнуталлайұлы, химия ғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы "Отын, катализ және электрохимия институты" АҚ Бас директорының бірінші орынбасары, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Меншіктеуші: «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС (Алматы қ.).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **05.06.2025 ж.** берген № **KZ93VPY00121157** Күзлік.

Тақырыптық бағыты: *физика, химия.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. президента РОО НАН РК, Генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

АБИЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

ОЛИБЬЕРО Росси Чезаре, доктор философии (PhD, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

САНГ-СУ Квак, доктор философии (PhD, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (PhD, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Куантай Авгазиевич, PhD, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

БҮРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

QUEVEDO Hernando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

ТАКИБАЕВ Нургали Жабагаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, кандидат физико-математических наук, доцент, Филиал НИЯУ МИФИ Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

АБИШЕВ Медеу Ержанович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

АБИЛЬМАГЖАНОВ Арлан Зайнуталлаевич, кандидат химических наук, первый заместитель генерального директора АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр» (г. Алматы).

Свидетельство № KZ93VPY00121157 о повторной регистрации периодического печатного издания информационного агентства, информационного агентства и сетевого издания, выданное Республиканским государственным учреждением «Комитет информации» Министерства культуры и информации Республики Казахстан **05.06.2025**Тематическая направленность: *физика, химия*.

Периодичность: 4 раза в год.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 2025

CONTENTS

PHYSICS

U.A. Ualikhanova, Y.Y. Kurban, A.M. Syzdykova, A.B. Altaibayeva, G.S. Altayeva Dynamical systems analysis of the Starobinsky cosmological model.....	11
M.B. Zhassybayeva, Z. Myrzakulova, M. Abeuova Darboux transformation for the two-layer M-LXXII equation.....	24
G.K. Beketova, N.N. Zhanturina, Z.K. Aimaganbetova Cs ₂ AgBiBr ₆ double halide perovskites as advanced materials for high-efficiency solar cells.....	38
L.I. Shestakova, R.R. Spassyuk Spectral studies of the k-f corona interface at 5000–6000 Å.....	52
A.Khazhidinova, A. Khazhidinov On the issue of fuel consumption of a thermal power plant.....	66
T.B. Koshtybayev, K.K. Zhantleuov, M.E. Aliyeva Greens function in the theory of quantum fluids.....	77
A.V. Serebryanskiy, Ch.B. Akniyazov, Ch.T. Omarov, S. Sittykova, D. Kadyrova Analysis of lunar impact flashes statistics.....	91
G.T. Omarova, Zh.T. Omarova The Lagrange - Jacobi equation and its application to the N - body problem.....	105
Zh. Muratkhan, M. Khassanov Methods for estimation of stellar wind parameters in high-mass X-ray binary systems with neutron stars.....	113
V. Mukamedenkyzy, A. Izbasar, A. Aqikat Investigation of structured flows induced by concentration-driven convection in ternary gases systems.....	127
K. Saurova, S. Nysanbaeva, G. Turlybekova Modeling of the optical system of a star tracker for accurate spacecraft attitude determination.....	140

CHEMISTRY

- B.S. Serikbayeva, M.S. Satayev, N.K. Sarypbekova**
Study of the electroplating process on polypropylene using a conductive layer.....157
- A.P. Auyeshov, Ch.Z. Yeskibayeva, A.K. Dikanbayeva**
Resource-efficient utilization of serpentinite waste for magnesium sulfate production.....172
- A.K. Kozybaev, Zh.D. Alimkulova, S.O. Abilkasova**
Kinetic and thermodynamic studies of heavy metal adsorption onto water-washed Ca-montmorillonite clay.....184
- A.Abdрахmanova, V. Krivchenko, A. Sabitova1, B. Kuderina**
DOL-enhanced electrolytes as a route to stable anodes in Li–V₂O₅ systems.....196
- B.K. Massalimova, A.S. Shayakhmetova, A.S.Darmenbayeva**
Water resources of Northern Kazakhstan: environmental monitoring and sustainable anagement.....208
- A. Rakhimov, N. Zhanikulov, B. Taimasov, E. Potapova, A.K. Sviderskiy**
Investigation of lead slag processing waste as raw material for cement industry.....227
- L.M. Kalimoldina, K.Zh. Zhalgasbayev, A.S. Dauletbayev**
Comparative study of industrial wastewater treatment methods.....241
- A. Nurlan, S.R. Konuspayev, T.S. Abildin, K. Toshtay**
Transformations of hydrocarbons during the hydrogenation of gasoline containing benzene.....256
- G.J. Baisalova, B.K. Yertay, A.A. Taltenov, P. Kuzhatova, G. Saspugayeva**
A quantitative determination of the phenol compounds sum in the thallus of *Parmelia sulcata*.....274
- B.E. Myrzabekov, A.B. Makhanbetov, T.E. Gaipov, B.S. Abzhalov, N.N. Nurgaliyev**
Electrochemical reduction of manganese (II) ions on titanium and lead electrodes.....286
- A.S. Darmenbayeva, G.M. Zhussipnazarova, R. Reshmy, Zh.B. Mukazhanova, V.A. Rube**
Biocoatings based on flax stem cellulose and their properties.....298

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

У.А. Уалиханова, Е.Е. Құрбан, А.М. Сыздыкова, А.Б. Алтайбаева, Г.С. Алтаева Старобинскийдің космологиялық моделін динамикалық жүйелер арқылы талдау.....	11
М.Б. Жасыбаева, Ж. Мырзақұлова, М. Абеуова Қос қабатты M-LXXII теңдеуі үшін дарбу түрлендіруі.....	24
Г.К. Бекетова, Н.Н. Жантурина, З.К. Аймағанбетова Cs ₂ AgBiBr ₆ қос галоидты перовскиттер: күн батареяларына арналған тиімділігі жоғары жаңа озық материалдары.....	38
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк 5000–6000 Å диапазонында k- және f-короналар арасындағы өтпелі аймақты спектрлік зерттеу.....	52
А. Хажидинова, А. Хажидинов Жылу электр станциясының отын тұтыну мәселесі.....	66
Т.Б. Қоштыбаев, К.Қ. Жантлеуов, М.Е. Алиева Кванттық сұйықтар теориясындағы Грин функциялары.....	77
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова Айдың беткі қабатына метеоридтардың соқтығысуын статистикалық тұрғыдазерттеу.....	91
Г.Т. Омарова, Ж.Т. Омарова Лагранж – Якоби тундеуі және оны N -денелі есепке қолдану.....	105
Ж. Мұратхан, М. Хасанов Нейтрон жұлдыздары бар массивті рентгендік екілік жүйелердегі жұлдыздық жел параметрлерін бағалау әдістері.....	113
В. Мукамеденқызы, А. Избасар, А. Ақиқат Үшкомпонентті газ жүйелеріндегі концентрациялық конвекцияның әсерінен құрылымдық ағындардың пайда болуын зерттеу.....	127
К. Саурова, С. Нысанбаева, Г. Турлыбекова Ғарыш аппараттарының ориентациясын нақты анықтау үшін жұлдыз сенсорының оптикалық жүйесін модельдеу.....	140

ХИМИЯ

Б.С. Серикбаева, М.С. Сагаев, Н.К. Сарыпбекова

Электрөткізгіш қабатты қолданып, полипропиленге гальваникалық қаптама алу процесін зерттеу.....157

А.П. Ауешов, Ч.З. Ескибаева, А.К. Диканбаева

Серпентинит қалдығынан магний сульфатын алудың техникалық-экономикалық зерттеуі.....172

А.К. Қозыбаев, Ж.Д. Әлімқұлова, С.О. Әбілқасова

Сумен жуылған са-монтмориллонит сазында ауыр металдардың сорбциясының кинетикасы мен термодинамикасы.....184

А. Абдрахманова, В. Кривченко, А. Сабитова, Б. КудеринаLi–V₂O₅ жүйесіндегі тұрақты анодтарға қол жеткізуге арналған DOL-мен модификацияланған электролиттер.....196**Б.К. Масалимова, А.С. Шаяхметова, А.С. Дарменбаева**

Солтүстік Қазақстанның су ресурстары: экологиялық мониторинг және ұтымды басқару.....208

А. Рахимов, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Е. Потапова, А.К. Свидерский

Цемент өнеркәсібі үшін шикізат ретінде қорғасын қожын өндеу қалдықтарын зерттеу.....227

Л.М. Калимолдина, Қ.Ж. Жалғасбаев, А.С. Даулетбаев

Өнеркәсіптік сарқынды суларды тазартудың әдістерін салыстырмалы түрде зерттеу.....241

Ә. Нұрлан, С.Р. Конуспаев, Т.С. Абильдин, К. Тоштай

Құрамында бензол бар бензинді гидрлеу кезінде көмірсутектердің өзгеруі.....256

Г.Ж. Байсалова, Б.К. Ертай, А.А.Талтенов, П. Кужатова, Г.Е. Саспугаева*PARMELIA SULCATA* талломындағы фенолды қосылыстардың жиынтық мөлшерін сандық анықтау.....274**Б.Э. Мырзабеков, А.Б. Маханбетов, Т.Э. Гаипов, Б.С. Абжалов, Н.Н. Нұрғалиев**

Марганец (II) ионының титан және қорғасын электродында электрохимиялық тотықсыздануы.....286

А.С. Дарменбаева, Г.М. Жусипназарова, Р. Решми, Ж.Б. Мукажанова, В.А. Рубе

Зығыр сабағынан алынған целлюлоза негізіндегі биожабындар және олардың қасиеттері.....298



СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

У.А. Уалиханова, Е.Е. Курбан, А.М. Сыздыкова, А.Б. Алтайбаева, Г.С. Алтаева Анализ космологической модели старобинского с помощью динамических систем.....	11
М.Б. Жасыбаева, Ж. Мырзакулова, М. Абеуова Преобразование Дарбу для двухслойного уравнения M-LXXII.....	24
Г.К. Бекетова, Н.Н. Жантурина, З.К. Аймаганбетова Cs ₂ AgBiBr ₆ : двойные галоидные перовскиты как передовые материалы для высокоэффективных солнечных элементов	38
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк Спектральные исследования области перехода между К и F короной в диапазоне 5000–6000Å.....	52
А. Хажидинова, А. Хажидинов К вопросу о расходе топлива на тепловой электростанции.....	66
Т.Б. Коштыбаев, К.К. Жантлеуов, М.Е. Алиева Функции Грина в теории квантовых жидкостей	77
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова Исследование статистики ударов метеороидов о поверхность луны	91
Г.Т. Омарова, Ж.Т. Омарова Уравнение Лагранжа – Якоби и его применение к задаче N -тел.....	105
Ж. Муратхан, М. Хасанов Методы оценки параметров звездного ветра в массивных двойных рентгеновских системах с нейтронными звездами.....	113
В. Мукамеденкызы, А. Избасар, А. Акикат Исследование возникновения структурированных течений, обусловленных концентрационной конвекцией в трёхкомпонентных газовых системах.....	127
К. Саурова, С. Нысанбаева, Г. Турлыбекова Моделирование оптической системы звёздного датчика для точного определения ориентации космических аппаратов.....	140

ХИМИЯ

Б.С. Серикбаева, М.С. Сагаев, Н.К. Сарыпбекова

Исследование процесса гальванопокрытия на полипропилене с использованием электропроводного слоя.....157

А.П. Ауешов, Ч.З. Ескибаева, А.К. Диканбаева

Технико-экономическое исследование получения сульфата магния из серпентинитового отхода.....172

А.К. Козыбаев, Ж.Д. Алимкулова, С.О. Абилкасова

Кинетика и термодинамика сорбции тяжелых металлов на промытой водой кальциево-монтмориллонитовой глине.....184

А. Абдрахманова, В. Кривченко, А. Сабитова, Б. КудеринаDOL – модифицированные электролиты как путь к стабильным анодам в системах $Li-V_2O_5$196**Б.К. Масалимова, А.С. Шаяхметова, А.С. Дарменбаева**

Водные ресурсы Северного Казахстана: экологический мониторинг и устойчивое управление.....208

А. Рахимов, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Е. Потапова, А.К. Свицерский

Исследование отходов переработки свинцового шлака в качестве сырья для цементной промышленности.....227

Л.М. Калимолдина, К.Ж. Жалгасбаев, А.С. Дәулетбаев

Сравнительное исследование методов очистки промышленных сточных вод.....241

А. Нурлан, С.Р. Конуспаев, Т.С. Абильдин, К. Тоштай

Превращения углеводов при гидрировании бензина, содержащего бензол.....256

Г.Ж. Байсалова, Б.К. Ертай, А.А.Талтенов, П. Кужатова, Г.Е. СаспугаеваКоличественное определение суммы фенольных соединений в талломе *PARMELIA SULCATA*.....274**Б.Э. Мырзабеков, А.Б. Маханбетов, Т.Э. Гайпов, Б.С. Абжалов, Н.Н. Нургалиев**

Электрохимическое восстановление ионов марганца (II) на титановом и свинцовом электродах.....286

А.С. Дарменбаева, Г.М. Жусипназарова, Р. Решми, Ж.Б. Мукажанова, В.А. Рубе

Биопокрытия на основе целлюлозы из стебля льна и их свойства.....298



ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES
ISSN 2224-5227
Volume 4.
Number 356 (2025), 227–240

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1483.396>

IRSTI 65.35.33
UDC 662:666.763

©A. Rakhimov¹, N. Zhanikulov^{2*}, B. Taimasov¹, E. Potapova³, A.K. Sviderskiy⁴, 2025.

¹M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan;

²Ye.A. Buketov Karaganda National Research University, Karaganda, Kazakhstan;

³D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow, Russia;

⁴Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan.

E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru

INVESTIGATION OF LEAD SLAG PROCESSING WASTE AS RAW MATERIAL FOR CEMENT INDUSTRY

Rakhimov Aidos — PhD student of M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan, E-mail: aidos_0194@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3671-148X>;

Zhanikulov Nurgali — PhD, associate professor, Ye.A. Buketov Karaganda National Research University, Karaganda, Kazakhstan,

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

Taimasov Bakhitzhan — Doctor of Technical Sciences, Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,

E-mail: taimasovukgu@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1844-4932>;

Potapova Ekaterina — Doctor of technical sciences, professor, D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Moscow, Russia,

E-mail: Potapova.e.n@muctr.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5796-2265>;

Sviderskiy Alexander — Doctor of chemical sciences, professor, Toraighyrov university, Pavlodar, Kazakhstan,

E-mail: katsostud@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7277-5882>.

Abstract. This scientific article presents the results of physicochemical studies aimed at assessing the potential use of lead slag processing waste as a raw material for the cement industry. The studies were conducted using state-of-the-art analytical equipment: a BRUKER S8 TIGER X-ray fluorescence spectrometer, a JEOL JSM-6490LV scanning electron microscope, and a Shimadzu IR Prestige-21 Fourier-transform IR spectrometer. X-ray fluorescence spectroscopy, scanning electron microscopy, and infrared spectroscopy were used to analyze the lead slag processing waste generated at «Standard Steel KZ». As a result of X-ray fluorescence analysis, the chemical composition of lead slag processing waste was established, including: SiO₂ — 23,58%, Al₂O₃ — 5,2%, Fe₂O₃ — 32,04%, CaO — 14,99%, MgO — 3,12%; SO₃ —

1,91%; Na₂O — 1,95%; K₂O — 1,12%; CuO — 0,42%; PbO — 0,05%; ZnO — 3,02%; loss on ignition - 9.10%. Heavy metal oxides were also found in the waste: Mn₃O₄ — 0,65 %; SrO — 0,18 %; Cr₂O₃ — 0,07 %; BaO — 2,02 %; TiO₂ — 0,37 %; P₂O₅ — 0,21 %. Scanning electron microscopy data revealed the following mineral phases in the waste: hedenbergite (CaFeSi₂O₆), fayalite (Fe₂SiO₄), pseudowollastonite (CaSiO₃), magnetite (Fe₃O₄), hematite (Fe₂O₃), and zinc oxide (ZnO). Fourier transform infrared spectroscopy data showed that silicate and aluminosilicate phases, as well as functional groups and secondary minerals present in lead slag processing waste, are formed and manifested in the spectral range of 3900—500 cm⁻¹. Comprehensive physicochemical studies have shown that lead slag processing waste in the production of Portland cement clinker can be used as a potential substitute for iron ore raw materials.

Keywords: waste, lead slag, recycling, raw mix, clinker, cement

©А. Рахимов¹, Н. Жаникулов^{2*}, Б. Таймасов¹, Е. Потапова³,
А.К. Сви́дерский⁴, 2025.

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан;

²Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды ұлттық зерттеу университеті,
Қарағанды, Қазақстан;

³Д.И. Менделеев атындағы Ресей химиялық технология университеті,
Мәскеу, Ресей;

⁴Торайғыров университеті, Павлодар, Қазақстан.

E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru

ЦЕМЕНТ ӨНЕРКӘСІБІ ҮШІН ШИКІЗАТ РЕТІНДЕ ҚОРҒАСЫН ҚОЖЫН ӨНДЕУ ҚАЛДЫҚТАРЫН ЗЕРТТЕУ

Рахимов Айдос — М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің PhD докторанты, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: aidos_0194@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3671-148X>;

Жаникулов Нурғали — PhD докторы, қауымдастырылған профессор, Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды ұлттық зерттеу университеті, Қарағанды, Қазақстан,

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

Таймасов Бахитжан — техника ғылымдарының докторы, профессор, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: taimasovukgu@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1844-4932>;

Потапова Екатерина — техника ғылымдарының докторы, профессор, Д.И. Менделеев атындағы Ресей химиялық технология университеті, Мәскеу, Ресей,

E-mail: Potapova.e.n@muctr.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5796-2265>;

Сви́дерский Александр — химия ғылымдарының докторы, профессор, Торайғыров университеті, Павлодар, Қазақстан,

E-mail: katsostud@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7277-5882>.

Аннотация. Ғылыми мақалада цемент өнеркәсібі үшін қорғасын қожын өңдеу қалдықтарын шикізат ретінде пайдалану мүмкіндігін физика-химиялық әдістермен зерттеу нәтижелері көрсетілген. Зерттеу жұмыстары заманауи BRUKER S8 TIGER, JEOL JSM-6490LV сканерлейтін электронды микроскоп және



Shimadzu IR Prestige-21 спектрометр құрал-жабдықтардың көмегімен жасалды. ЖШС «Standard Steel KZ» қорғасын қожын қайта өңдеуден қалған қалдықтарды рентгендік флуоресценциялық, растрлы электронды микроскопиялық және ИҚ спектроскопиялық талдау әдістері қолданылды. Рентгендік флуоресценциялық спектроскопия әдісімен зерттеу нәтижесінде қорғасын қожын өңдеуден қалған қалдықтардың химиялық құрамында: SiO_2 — 23,58 %, Al_2O_3 — 5,2 %, Fe_2O_3 — 32,04 %, CaO — 14,99 %, MgO — 3,12 %; SO_3 — 1,91 %; Na_2O — 1,95 %; K_2O — 1,12 %; CuO — 0,42 %; PbO — 0,05 %; ZnO — 3,02 %; күйдіру кезіндегі жоғалу — 9,10 % және басқа ауыр металдар: Mn_3O_4 — 0,65 %; SrO — 0,18 %; Cr_2O_3 — 0,07 %; BaO — 2,02 %; TiO_2 — 0,37 %; P_2O_5 — 0,21 % анықталды. Растворлы электронды микроскопиялық талдау нәтижесінде қалдықтардың құрамында геденбергит ($\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$), фаялит (Fe_2SiO_4), псевдоволластонит (CaSiO_3), магнетит (Fe_3O_4), гематит (Fe_2O_3) және мырыш оксиді (ZnO) минералдары анықталды. Қорғасын қожын өңдеуден қалған қалдықтардың құрамында кездесетін силикатты және алюмосиликатты фазалардың, функционалдық топтар мен екінші реттік минералдардың 3900—500 cm^{-1} диапазонында түзілгендігі дәлелденді. Нәтижесінде жүргізілген физика-химиялық зерттеу нәтижесінде портландцемент клинкерін алу үшін қорғасын қожын өңдеуден қалған қалдықтарды әлеуетті темір рудасын алмастырушы шикізат ретінде пайдалануға жарамды екендігі дәлелденді.

Түйін сөздер: қалдықтар, қорғасын қожы, кәдеге жарату, шикізат қоспасы, клинкер, цемент

©А. Рахимов¹, Н. Жаникулов^{2*}, Б. Таймасов², Е. Потапова³,
А.К. Свидерский⁴, 2025.

¹Южно-Казахстанский университет имени Ауэзова, Шымкент, Казахстан;

²Карагандинский национальный исследовательский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан;

³Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия;

⁴Торайгыров университет, Павлодар, Казахстан.

E-mail:nurgali.zhanikulov@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ СВИНЦОВОГО ШЛАКА В КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ЦЕМЕНТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Рахимов Айдос — PhD докторант Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: aidos_0194@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3671-148X>;

Жаникулов Нургали — доктор PhD, ассоциированный профессор, Карагандинский национальный исследовательский университет имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан,

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

Таймасов Бахитжан — доктор технических наук, профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: taimasovukgu@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1844-4932>;

Потапова Екатерина — доктор технических наук, профессор, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия,

E-mail: Potapova.e.n@muctr.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5796-2265>;

Свидерский Александр — доктор химических наук, профессор, Торайгыров университет, Павлодар, Казахстан,

E-mail: katsostud@mail.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7277-5882>.

Аннотация. В статье представлены результаты физико-химических исследований, направленных на оценку возможности использования отходов переработки свинцового шлака в качестве сырья для цементной промышленности. Исследования выполнены с применением современного аналитического оборудования: рентгенофлуоресцентного спектрометра BRUKER S8 TIGER, сканирующего электронного микроскопа JEOL JSM-6490LV и ИК-Фурье-спектрометра Shimadzu IR Prestige-21. Для анализа отходов, образующихся на ТОО «Standard Steel KZ», применялись методы рентгенофлуоресцентной спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии и инфракрасной спектроскопии. Рентгенофлуоресцентный анализ показал, что химический состав отходов переработки свинцового шлака включает (мас. %): SiO_2 — 23,58; Al_2O_3 — 5,20; Fe_2O_3 — 32,04; CaO — 14,99; MgO — 3,12; SO_3 — 1,91; Na_2O — 1,95; K_2O — 1,12; CuO — 0,42; PbO — 0,05; ZnO — 3,02; потери при прокаливании — 9,10 %. Также выявлены оксиды тяжёлых металлов: Mn_3O_4 — 0,65 %; SrO — 0,18 %; Cr_2O_3 — 0,07 %; BaO — 2,02 %; TiO_2 — 0,37 %; P_2O_5 — 0,21 %. По данным сканирующей электронной микроскопии идентифицированы минеральные фазы: геденбергит ($\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$), фаялит (Fe_2SiO_4), псевдоволластонит (CaSiO_3), магнетит (Fe_3O_4), гематит (Fe_2O_3) и оксид цинка (ZnO). Результаты ИК-Фурье-спектроскопии подтвердили присутствие силикатных и алюмосиликатных фаз, а также функциональных групп и вторичных минералов, проявляющихся в спектральном диапазоне 3900—500 cm^{-1} . Комплексные физико-химические исследования показали, что отходы переработки свинцового шлака могут быть использованы в качестве потенциального заменителя железорудного сырья при производстве портландцементного клинкера.

Ключевые слова: отходы, свинцовый шлак, утилизация, сырьевая смесь, клинкер, цемент

Кіріспе. Қазақстан Республикасы өнеркәсіптік өндіріс бойынша ТМД елдерінің арасында екінші және Орталық Азия елдерінің арасында бірінші орынды иеленіп аймақта көшбастады. 2024 жылы еліміздің өндіріс көлемі 106,8 млрд долларға жетіп, бұл көрсеткіш бойынша тек Ресейден (1,3 трлн доллар) қалып келе жатыр (Kazakhstan Leads, 2025). Competitive Industrial Performance деректеріне сәйкес Қазақстан 2025 жылы әлем бойынша өнеркәсіптік қуаты бойынша 153 елдің арасынан 63-ші орынға тұрақтаған (Competitive, 2025). Негізгі мықты позицияларды тау-кен өнеркәсібі, мұнай-газ, машина жасау және химия саласы көрсеткен (Kazakhstan Accelerates, 2025). Қазақстанда жоғарыда аталған өнеркәсіптік өндіріс секторы өндірістік қалдықтарды шығаруда, үйінділерді қалыптастыруда, жасанды минералды түзілімдері пайда қылуда да белсенділік көрсетуде. Елімізде жыл сайын шамамен 1 млрд тоннаға жуық көлемде қалдықтар

(тау-кен – 70 %, өңдеу саласы – 15-16 %) түзіледі, ал жинақталған қалдықтардың жалпы көлемі 31,6 млрд тоннаны құрады (Information, 2023). Қалдықтарды қайта өңдеу, оларды кәдеге жарату шамамен 11 % құрап отыр (Kazakhstan recycles, 2025). Бұл айтарлықтай төмен көрсеткіш болғандықтан экологиялық мәселелерді тиімді шешудің нақты қадамдарына мемлекеттік бағдарламаларды әзірлеу арқылы қол жеткізілуде. Атап өтетін болсақ: «Жасыл экономикаға» көшу тұжырымдамасы; «Жасыл Қазақстан» ұлттық жобасы; EcoQoldau бағдарламасы; Индустрияны дамыту қоры және «Жасыл Даму» арқылы мемлекеттік қаржыландыру; 2026–2030 жылдарға арналған барлық қалдықтарды басқару тұжырымдамасын әзірлеу және бекіту; Кәсіпорын қалдықтарын басқару бағдарламалары; Өнеркәсіптік қалдықтарды қайта өңдеу жобалары; Инфрақұрылым жобаларында қайта өңделген материалдарды пайдалану және т.б. бағдарламалар. Аталған бағдарламалар аясында қалдықтарды қайта өңдеу және жаңа технологияларды енгізу бойынша ауқымды жобалар әзірленіп, іске асуда. Солардың бірі 1934 жылы ашылған «Чимкент қорғасын өндіру» зауытының аумағында орналасқан қорғасын қожын қайта өңдеу жобасын айтуға болады. Шымкент қаласында орналасқан ЖШС «Standard Steel KZ» қорғасын қалдықтарын қайта өңдеу зауыты қожын құрамынан түсті металдарды алуға бағытталған. Қорғасын қожынның жалпы көлемі 4,5 млн тоннаны құрайды. Бұл өндіріс орны жылына 300 мың тонна қожынды қайта өңдеп, 21 мың тонна мырыш оксидін өндіреді (Извлечь, 2025). Осыған орай, қожындарды қайта өңдеуден кейін қалған қалдықтарды кәдеге жарату, олардың қоршаған ортаға тигізер зияндылығын төмендету өзекті мәселе екендігін көрсетеді.

Бұл зерттеудің мақсаты ЖШС «Standard Steel KZ» қорғасын қожын қайта өңдеуден қалған қалдықтарды цемент өнеркәсібі үшін шикізат материал ретінде пайдалану мүмкіндігін зерттеу, қалдықтарды шикізат қоспасына темір рудасын алмастырушы компонент ретінде қолдану болып табылады.

Өнеркәсіптік қалдықтардың көлемінің артуымен және қоршаған ортаны қорғау ережелерінің қатаңдауы жағдайында қорғасын қожын қоса алғанда, түсті металлургия қалдықтарын жою ерекше өзекті мәселеге айналды. Қорғасын қожын қорғасын концентраттарын пирометаллургиялық өңдеу кезінде айтарлықтай мөлшерде түзіледі және кальций, кремний, темір, алюминий оксидтерін және ауыр металл қосылыстарын (Pb, Zn, Cu және т.б.) қамтитын күрделі химиялық және минералогиялық құрамымен сипатталады (Li et. al, 2017). Пера мен Амбруз металлургиялық қожындарды цемент өнеркәсібінде балама шикізат ретінде пайдалануға болатынын, клинкер фазасының түзілуіне және күйдіру процестеріне тиімді әсер ететінін анықтаған. Авторлар қорғасынның клинкер күйдіру температурасын төмендетуге көмектесетінін, бірақ оның құрамын қатаң бақылауды қажет ететінін атап өткен (Pera et. al, 2004). А.М. Рашад түсті металлургия қожындарының цемент композиттерінің физикалық және механикалық қасиеттеріне әсерін зерттеу арқылы бұл мәселеге айтарлықтай үлес қосқан. Оның жұмысы алдын ала өңделген қорғасын бар қожындарды цементтің беріктік қасиеттерін айтарлықтай төмендетпей, сонымен бірге қоршаған ортаға зиянды әсерді азайту мақсатында минералды қоспа ретінде пайдалануға болатынын

анықтаған (Rashad, 2019). Қытайлық зерттеушілер Го Ю. және Чжан Т. цемент өндірісі үшін шикізат қоспаларда қорғасын мен мырыш қождарын пайдалану мүмкіндігін зерттеді. Олардың зерттеу нәтижелері қождарды ұсақ ұнтақтау және термиялық өңдеу арқылы цемент матрицасында қорғасын иондарының тұрақты бекітілуіне әкелетінін көрсеткен, бұл олардың шайылу процесін қолайлы деңгейге дейін төмендеткен (Guo et. al, 2017). Ресейлік ғалымдар В.И. Логанина мен А.В. Селяев (Loganina et. al, 2014) түсті металлургия қалдықтарын тұтастырғыштардың минералды компоненттері ретінде пайдалануды зерттеген. Авторлар қорғасын қождарының пуццоландық белсенділігінің болуы мүмкін екенін және тиісті физика-химиялық өңдеуден кейін цемент жүйелерінде қолданыла алатынын атап көрсеткен. А.Н. Плагин мен Н.М. Кузнецованың жұмыстары цемент пен бетон композиттеріндегі ауыр металдарды тұрақтандыруға бағытталған. Цемент тасы нашар еритін фазаларды қалыптастыру арқылы қорғасын қосылыстарын тиімді түрде иммобилизациялай алатыны, бұл цемент материалдарында қорғасын бар қалдықтарды пайдалануға мүмкіндік беретінін анықтаған (Плагин және басқа, 2010). Қазақстанда Айтхожиннің, Б.К. Исабековтің зерттеулері осы қождардың химиялық және минералогиялық құрамын зерттеуге және оларды цемент өнеркәсібінде пайдалану әлеуетін бағалауға арналған (Айтхожин және басқа, 2018). Бұл жұмыстың нәтижелері түсті металдарды бөліп алып, құрамын тұрақтандырғаннан кейін қалдықтарды клинкер шикізат қоспасына реттеуші қоспа немесе цементке белсенді минералды қоспа ретінде пайдаланылуы мүмкін екенін атап көрсеткен. Ауыр металдарды шаймалау сынақтарын қоса алғанда, міндетті түрде қоршаған ортаны бақылау қажеттілігін атап өткен. Ғылыми әдебиеттерді талдау қорғасын қождарын өңдеуден кейінгі қалдықтарды цемент өнеркәсібінде пайдалану үшін айтарлықтай әлеуетке ие шикізат екенін көрсетеді. Зерттеушілердің көпшілігі технологиялық және экологиялық талаптар орындалған жағдайда, мұндай қалдықтарды табиғи ресурстарды тұтынуды азайтуға және қоршаған ортаға теріс әсерді азайтуға көмектесетін перспективалы екінші реттік шикізат деп санауға болатынын анықтаған.

Материалдар мен зерттеу әдістері. ЖШС «Standard Steel KZ» қорғасын қождарын қайта өңдеу зауытында негізгі түзілетін қалдықтар келесідей технологиялық процестерден өтеді:

Қождарды қабылдау және дайындау → ұсақтау және ұнтақтау → қождарды балқыту және мырыш, мыс, күмісті бөліп алу → қалдықтардың түзілуі (Brett et al, 2008). Аталған өңдеу кезеңдерден өткен қалдықтың жалпы көрінісі 1 суретте көрсетілген.



а)



ә)

а — қорғасын қожын технологиялық өңдеу процесі; ә — өңдеуден қалған қалдық.
Сурет 1 – Қорғасын қожын өңдеуден қалған қалдықтар.

Қорғасын қождарын қайта өңдеу қалдықтарын екінші реттік шикізат ретінде пайдалану металлургия, құрылыс және онымен байланысты салалар үшін айтарлықтай практикалық қызығушылық тудырады. Қалдықтардың бұл түрінің практикалық қолданылуы оның айтарлықтай көлемде тұрақты түзілуіне, сондай-ақ темір, кальций, кремний және алюминий оксидтері мен қалдық түсті емес металл қосылыстарын қоса алғанда, салыстырмалы түрде біртекті химиялық және минералогиялық құрамына байланысты. Өнеркәсіптік жағдайда негізгі фактор – қорғасын қождарын өңдеуді жабдықтарды айтарлықтай жаңартпай-ақ қолданыстағы технологиялық тізбектерге біріктіру мүмкіндігі. Тәжірибе көрсеткендей, алдын ала операцияларды – ұсақтау, електен өткізу, магниттік өңдеу және қажет болған жағдайда гидрометаллургиялық өңдеуді – стандартты байыту және өңдеу жабдықтарын пайдалану арқылы жүзеге асыруға болады. Бұл капиталдық шығындарды азайтады және технологияны енгізудің экономикалық мүмкіндігін жақсартады. Қорғасын қождарын қайта өңдеу қалдық қоймалары мен қалдық үйінділеріне түсетін жүктемені азайтады және улы компоненттердің (негізінен қорғасын және ауыр металл қосылыстары) топырақ пен жер асты суларына ауысу қаупін азайтады. Қауіпті компоненттер тиісті түрде тұрақтандырылған және санитарлық-гигиеналық стандарттар сақталған жағдайда, қайта өңделген қалдықтарды құрылыс материалдарын, агрегаттарды, минералды қоспаларды немесе металлургиялық флюстерді өндіру үшін шикізат ретінде пайдалануға болады. Қорғасын қож қалдықтарын өнеркәсіптік пайдалану үшін химиялық талдауды, бөлшектердің мөлшерін бағалауды және шикізат сапасын міндетті түрде бақылау қажет екенін атап өткен жөн. Нақты өндіріс жағдайында бұл өнеркәсіптік экологиялық бақылау жүйесін енгізуді және нормативтік-техникалық құжаттаманы екінші реттік шикізаттың нақты түріне бейімдеуді талап етеді.

Өңдеуден қалған қалдықтарды шарлы диірменде ұнтақтап, әрі қарай физика-химиялық әдістердің көмегімен талдау жасалды. Зерттеу жұмыстары М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің Инженерлік Бейінді Аймақтық сынақ зертханасы мен ЖШС «Стандарт Цемент» цемент зауытының зертханасында орындалды.

Өңдеуден қалған қалдықтарға рентгендік флуоресценциялық талдау ЖШС «Стандарт Цемент» зауытында жасалды. Талдау BRUKER S8 TIGER рентгендік флуоресценциялық спектрометрі көмегімен қалдық құрамына сандық және сапалық анықтау үшін қолданылды. BRUKER S8 TIGER рентген флуоресценциялық спектрометрі (толқынды дисперсиялық, WDXRF), Родий (Rh) анодымен рентген түтігі, қуаты 4 кВт дейін, SPECTRAPlus бағдарламалық жасақтамасы, Планшеттік пресс, Муфель пеші (егер кальцинация қажет болса), $\pm 0,0001$ г дәлдікпен аналитикалық таразы жабдықталған. Үлгі дайындау 105 ± 5 °C температурада тұрақты салмаққа дейін кептіріледі, содан кейін 63 мкм-ден аз бөлшектердің өлшеміне дейін ұнтақталады. Алынған ұнтақ біртектілікті қамтамасыз ету үшін мұқият араластырылады. Аналитикалық мақсаттарға байланысты престелген таблеткалар дайындалады. 5,0–7,0 г ұнтақ үлгісі 10% байланыстырғышпен (бор қышқылымен) араластырылады. Үлгі 20–30 т қысыммен престеледі. Алынған таблетка анализатор кюветіне орналастырылады. Талдау кезінде түтіктің жұмыс режимі: 20–60 кВ, 20–150 мА, талдау атмосферасы: вакуум немесе гелий (жеңіл элементтер үшін), талданатын элементтер диапазоны: Na-дан U-ға дейін, сигналдың жинақталу уақыты: әр жолға 10–40 с, қолданылатын анализатор кристалдары: LiF, PET, Ge (элементке байланысты). Дайындалған үлгі өлшеу камерасына орналастырылады. Талдау элементтердің сипаттамалық сызықтарын тізбектей өлшеуді қамтитын алдын ала орнатылған бағдарламаға сәйкес автоматты түрде жүргізіледі. Алынған спектрлер элементтердің немесе оксидтердің массалық үлестерін есептеу үшін бағдарламалық жасақтамамен өңделеді. Талдау нәтижелері элементтердің массалық үлестері (%) немесе оксидтер (%) ретінде ұсынылады. Анықтау шегі элементке байланысты 0,001-ден 0,01%-ға дейін болады. Салыстырмалы өлшеу қателігі 2–5%-дан аспайды (Zhanikulov et. al, 2020).

Өңдеуден қалған қалдықтарға электронды-микроскопиялық талдау Инженерлік Бейінді Аймақтық сынақ зертханасында жасалды. Талдау JEOL JSM-6490 LV маркалы электронды микроскоптың көмегімен орындалды. JEOL JSM-6490LV сканерлейтін электронды микроскоп жұмыс режимі - төмен вакуумды (LV), Детекторы - екінші реттік электрон (SE), кері шашыраңқы электрон (BSE), энергияны дисперсиялық микроталдау жүйесі, Вакуумдық жүйе; JEOL бағдарламалық жасақтамасы бар компьютермен жабдықталған. Үлгілер 105 ± 5 °C температурада тұрақты салмаққа дейін кептіріледі. Қажет болған жағдайда, олар ұсақталады немесе сындырылады. Үлгілер алюминий ұстағыштарға көміртекті таспа немесе өткізгіш желім арқылы бекітіледі. Бұл ұстағышпен сенімді электрлік байланысты қамтамасыз етеді. Жоғары вакуумды сынау үшін өткізбейтін үлгілер шашырату арқылы алтынның, көміртектің немесе платинаның жұқа қабатымен жабылады. Жабылмаған үлгілерді төмен вакуумды (ТВ) сынау кезінде сынауға болады. Зерттеу шарттары: үдеу кернеуі – 5–30 кВ (әдетте 15–20 кВ), зонд тогы - 10^{-10} — 10^{-9} А, жұмыс қашықтығы – 10–15 мм, үлкейту - x20-дан x30 000-ға дейін, камера қысымы — LV 10–270 Па. ЭДС талдауы микроаймақтардағы элементтік құрамды сапалық және жартылай сандық анықтауға мүмкіндік береді. элемент

диапазоны: В-дан U-ға дейін; талдау аймағы: 1–5 мкм; спектрді алу уақыты: 30–120 с; қателік: $\pm 2\text{--}5\%$ (Мырзақожа және басқа, 2014).

Өңдеуден қалған қалдықтарға спектроскопиялық талдау Инженерлік Бейінді Аймақтық сынақ зертханасында жасалды. Талдау ATR Miracle қосымшасы бар Shimadzu IR Prestige-21 спектрометр көмегімен орындалды. Фурье түрлендіруімен инфрақызыл спектроскопия функционалдық топтарды, фазалық құрамды және заттардың химиялық құрамын анықтау үшін қолданылады. ATR қосымшасын пайдаланатын әдіс қатты, ұнтақ тәрізді және нашар дайындалған үлгілерді күрделі үлгі дайындамай талдауға мүмкіндік береді, бұл өнеркәсіптік қалдықтарды зерттеу үшін тиімді әдіс. Shimadzu IR Prestige-21 FTIR спектрометрі ATR Miracle әлсіретілген толық шағылысу (ATR) қондырмасы (Pike Technologies), ATR кристалы (алмаз / ZnSe / Ge – конфигурацияға байланысты), қатты үлгілерді ұстау механизмі, IRsolution бағдарламалық жасақтамасы, деректерді өңдеу компьютерімен жабдықталған. Сынақ материалдары (шлактар, цемент, клинкер) $105 \pm 5^\circ\text{C}$ температурада тұрақты салмаққа дейін алдын ала кептіріледі. Ұнтақталған үлгілер ATR кристалды бетімен тығыз байланыста болу үшін ұсақ бөлшектер өлшеміне (<63 мкм) дейін ұнтақталады. Үлгілерді қосымша химиялық өңдеу қажет емес. Талдау шарттары: спектрлік диапазон: $4000\text{--}400$ cm^{-1} , спектрлік ажыратымдылық: 4 cm^{-1} ; сканерлеу саны: 32–64; өлшеу температурасы: бөлме температурасы $20\text{--}25^\circ\text{C}$; сынама қысымы: реттелетін 150 Н дейін (Horgnies et al, 2013).

Нәтижелер және талқылаулар. Өңдеуден қалған қалдықтарды шарлы диірменде ұнтақтау нәтижесінде Ле-Шателье құрылғысында меншікті тығыздығы анықталды. 100 г тығыздықта (Ле Шателье меншікті салмағын өлшегіш) – $3,474$ г/ cm^3 тең болды.

$$\rho_{\text{ц}} = \frac{m_{\text{ц}}}{V} = \frac{74}{21,3} = 3,474 \text{ г/см}^3 \quad (1)$$

BRUKER S8 TIGER рентгендік флуоресценциялық спектрометрде өңдеуден қалған қалдықтардың химиялық құрамына көп элементті талдау жүргізілді. Нәтижесінде қорғасын қожын өңдеуден қалған қалдықтардың химиялық құрамы 1 кестеде келтірілген.

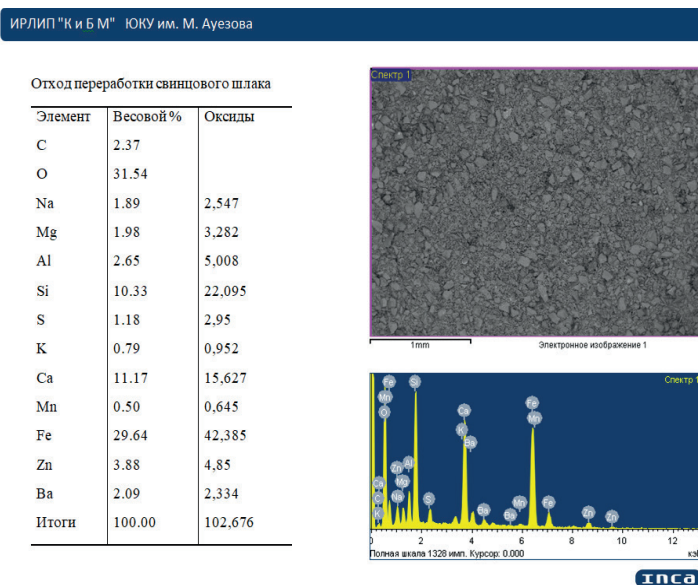
Кесте 1. Қорғасын қожын өңдеуден қалған қалдықтардың химиялық құрамы.

Шикізат	Химиялық құрамы, сал. %													
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	CuO	PbO	ZnO	ККЖ	бас-қа	жал-пы
Қорғасын қожын өңдеуден қалған қалдықтары	23,58	5,20	32,04	14,99	3,12	1,91	1,95	1,12	0,42	0,05	3,02	9,10	3,5	100

Қорғасын қожын өңдеуден қалған қалдықтардың химиялық құрамында кремний оксидінің мөлшері 23% -дан асады, Al₂O₃ — $5,2\%$, Fe₂O₃ — 32% жоғары

және CaO — 15 % жуық кездеседі. Сонымен қатар, химиялық құрамның 3,5 % басқа оксидтерге: Mn_3O_4 — 0,65; SrO — 0,18; Cr_2O_3 — 0,07; BaO — 2,02; TiO_2 — 0,37; P_2O_5 — 0,21 % болды. Нәтижесінде қорғасын қожын өндеуден қалған қалдықтарды клинкер күйдіру процесі кезінде шикізат қоспа құрамына темір рудасын алмастыруға жарамды компонент ретінде қолдануға болатын материал етеді.

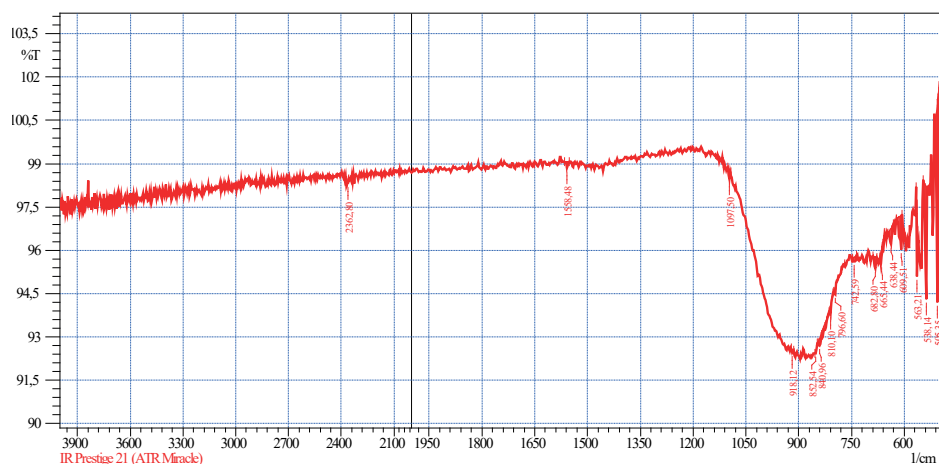
JEOL JSM-6490 LV маркалы электронды микроскоптың көмегімен қорғасын қожын өндеуден қалған қалдықтарға микроқұрылымдық талдау жасалды. 2 суретте қорғасын қожын өндеуден қалған қалдықтардың микроқұрылымы және спектрограммасы келтірілген.



Сурет 2 — Қорғасын қожын өндеуден қалған қалдықтардың микроқұрылымы және спектрограммасы.

JEOLJSM-6490LV сканерлеуші электронды микроскопын пайдаланып қорғасын қожын өндеуден қалған қалдықтарын зерттеген кезде, пирометаллургиялық процестерге тән бірқатар минералды фазалар мен құрылымдық компоненттерді анықталды. Микроқұрылымның басым бөлігі силикатты және алюмосиликатты фазалардан – геденбергит ($CaFeSi_2O_6$) жоғары температурада балқыған ашық сұр түсті призмалық құрылымды минерал, фаялит (Fe_2SiO_4) қорғасын қож құрамында ең көп таралған изотермиялық кристалды қою сұр түсті минерал, псевдоволластонит ($CaSiO_3$) металлдардың бөлінуінен кейін түзілетін ине тәрізді пішіндегі минерал, сонымен қатар, магнетит (Fe_3O_4), гематит (Fe_2O_3), мырыш оксиді (ZnO) минералдары анықталды.

Shimadzu IR Prestige-21 спектрометр көмегімен қорғасын қожын өндеуден қалған қалдықтарға спектроскопиялық талдау жасалды. 3 суретте қорғасын қожын өндеуден қалған қалдықтардың ИК спектрофотометрі келтірілген.



No.	Peak	Intensity	Corr. Intensity	Base (H)	Base (L)	Area	Corr. Area
1	505,35	94,1819	7,0360	513,07	499,56	0,1262	0,1970
2	538,14	94,3041	3,8919	545,85	534,28	0,1790	0,0890
3	563,21	95,0804	2,1874	567,07	559,36	0,1263	0,0333
4	609,51	96,0063	1,2080	621,08	605,65	0,2302	0,0386
5	638,44	96,2154	0,5455	646,15	630,72	0,2388	0,0196
6	665,44	95,5221	0,4858	669,30	655,80	0,2410	0,0173
7	682,80	95,3620	0,4037	688,59	677,01	0,2275	0,0099
8	742,59	95,6094	0,1480	746,45	734,88	0,2223	0,0058
9	796,60	94,4625	0,2394	800,46	769,60	0,6717	0,0043
10	810,10	93,8107	0,2243	812,03	802,39	0,2511	0,0041
11	840,96	92,6995	0,2455	844,82	813,96	0,9438	0,0255
12	852,54	92,4229	0,0880	854,47	846,75	0,2590	0,0029
13	918,12	92,4645	0,1009	921,97	914,26	0,2602	0,0013
14	1097,50	98,4837	0,3064	1101,35	1093,64	0,0459	0,0051
15	1558,48	98,8387	0,2430	1566,20	1550,77	0,0665	0,0047
16	2362,80	98,3107	0,0737	2364,73	2358,94	0,0418	0,0014

Сурет 3 — Қорғасын қожын өндеуден қалған қалдықтардың ИҚ спектрофотометрі.

Фурье түрлендіруінің инфрақызыл спектрометриясы қорғасын қожын өндеуден қалған қалдықтарының фазалық және химиялық құрамын зерттеу, сондай-ақ металлургиялық өңдеу кейінгі сақтау кезінде пайда болған функционалдық топтар мен екінші реттік минералдарды анықтау үшін қолданылды. Талдау 3900–500 cm^{-1} диапазонында ATR қосымшасын пайдаланып жүргізілді, бұл күрделі үлгі дайындаусыз үлгіні талдауға мүмкіндік берді. Қорғасын қожын өндеуден қалған қалдықтарының ИҚ спектрлері кең және қабаттасатын жұтылу жолақтарымен сипатталады, бұл аморфты шыны фазасының және күрделі силикат құрылымдарының басым екенін көрсетеді. Жеке қарқынды жолақтардың

болуы кристалды силикат, алюмосиликатты және оксид фазаларының бар екенін көрсетеді. 505–609 см^{-1} аралығында темір мен мырыш оксиді фазаларының және қалдық қорғасын қосылыстарының бар екенін көрсететін Me-O (Fe-O , Pb-O , Zn-O) тербелістеріне сәйкес келетін жолақтар бар. 638–810 см^{-1} аралығында қалдықтың силикат матрицасына тән Si-O-Si деформациялық тербелістеріне тән жолақтар байқалады. Бұл жолақтар фаялит және геденбергит тәрізді құрылымдармен байланысты. 840–1100 см^{-1} аралығында ең қарқынды кең сіңіру жолағы 840–1097 см^{-1} аймағында байқалады, бұл алюмосиликат және кальций-силикат фазаларындағы асимметриялық Si-O созылу тербелістеріне сәйкес келеді. Максимумның төменгі толқын сандарына қарай ығысуы силикат желісінің ауыр катиондармен (Pb^{2+} , Fe^{2+} , Zn^{2+}) өзгертілгенін көрсетеді. 1550–1650 см^{-1} аралығында әлсіз жолақтар H-O-H деформация тербелістерімен байланысты, бұл адсорбцияланған ылғалдың болуын көрсетеді. 2100–2700 см^{-1} аралығында кең сіңіру жолақтары гидроксилденген фазалар мен бетімен байланысқан суға тән O-H топтарының созылу тербелістеріне сәйкес келді.

Қорытынды. Цемент өнеркәсібі үшін қорғасын қожын өңдеу қалдықтарын шикізат ретінде пайдалану мүмкіндігін зерттеу нәтижесінде:

1. Қорғасын қожын өңдеуден қалған қалдықтардың химиялық құрамында SiO_2 – 23,58 %, Al_2O_3 – 5,2 %, Fe_2O_3 – 32,04 % және CaO – 14,99 % кездесетіндігі анықталды. Бұл оның портландцемент клинкерін күйдіру процесі кезінде реттеуші компонент ретінде темір рудасын алмастыра алатындығын дәлелдейді. Химиялық құрамында ауыр металдардың мөлшері 7 % құрады, бұл шамадан артық емес екендігін дәлелдейді.

2. Қорғасын қожын өңдеуден қалған қалдықтардың құрамында геденбергит ($\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$), фаялит (Fe_2SiO_4), псевдоволластонит (CaSiO_3), магнетит (Fe_3O_4), гематит (Fe_2O_3) және мырыш оксиді (ZnO) минералдары анықталды.

3. Қорғасын қожын өңдеуден қалған қалдықтардың құрамында кездесетін силикатты және алюмосиликатты фазалардың, функционалдық топтар мен екінші реттік минералдардың 3900–500 см^{-1} диапазонында түзілгендігі дәлелденді.

Қорытындылай келе, жүргізілген физика-химиялық зерттеу нәтижесінде қорғасын қожын өңдеуден қалған қалдықтарды портландцемент клинкерін алу үшін темір құрамдас шикізатты алмастырушы компонент ретінде пайдалануға, портландцемент клинкерін ұнтақтау кезінде белсенді минералды қоспа ретінде қолдануға жарамды екендігін көрсетті. Сондай-ақ, қалдықтарды бетон өндірісінде толтырғыштар ретінде қолдану мүмкіндігі бар.

Әдебиеттер

Brett D.Y., Smith J.L. (2008) Technology of Portland cement: textbook for institutes of higher education, Michigan Technical Institute: — USA. — 345 p.

Competitive Industrial Performance Index 2025. Kazakhstan. JRC Indicators Explorer. Мына сілтемеде. <https://composite-indicators.jrc.ec.europa.eu/explorer/indices/cipi/competitive-industrial-performance-index>.

Guo Y., Zhang T., Li Y. (2017) Stabilization of heavy metals in cement-based materials containing metallurgical slag. Journal of Hazardous Materials. — 321. — 215–223.

Horgnies M., Chen J.J., Bouillon C. (2013) Overview about the use of fourier transform infrared spectroscopy to study cementitious materials. Transactions on Engineering Sciences, — 77. — 251-262.



Information on waste reduction, recycling and reuse. egov public services and online information. Мына сілтемеде. https://egov.kz/cms/en/articles/waste_reduction_recycling_and_reuse?mobile=no 09.01.2023.

Kazakhstan Accelerates Industrial Transformation With Focus on Manufacturing, Digitalization, and Energy Modernization. The Astana Times. Мына сілтемеде. https://astanatimes.com/2025/12/kazakhstan-accelerates-industrial-transformation-with-focus-on-manufacturing-digitalization-and-energy-modernization/?utm_source 02.12.2025.

Kazakhstan Leads Central Asia in Industrial Output. MINEX forum. Мына сілтемеде. https://minexforum.com/2025/04/22/kazakhstan-leads-central-asia-in-industrial-output/?utm_source 22.04.2025.

Kazakhstan recycles only 11 % of industrial waste — Ministry of Industry and Construction. KazTAG. Мына сілтемеде. https://kaztag.kz/en/news/kazakhstan-recycles-only-11-of-industrial-waste-ministry-of-industry-and-construction?utm_source 26.03.2025.

Li X., Wu S. (2017) Leaching behavior of lead in cementitious systems containing metallurgical slag. Journal of Environmental Management. — 196, — 424—430.

Loganina V.I., Selyaev A.V. (2014) Technogenic waste of non-ferrous metallurgy in construction materials. Construction Materials. — 7. — 18—22.

Pera J., Ambroise J. (2004) Influence of lead compounds on clinker formation and cement properties. Cement and Concrete Research. — 34. — 145—152.

Rashad A.M. (2019) A comprehensive overview about recycling lead slag as construction materials. Journal of Cleaner Production. — 215. — 45—60.

Zhanikulov N.N., Taimasov B.T., Borisov I.N., Dzhanmuldaeva Zh.K., Dauletiarov M.S. (2020) Research on the obtaining of low energy cements from technogenic raw materials. Journal of Chemical Technology and Metallurgy. — 4. — 814-823.

Айтхожин А.С., Исабеков Б.К. (2018) Исследование свинцовых шлаков Шымкентского региона и пути их утилизации. Вестник КазНТУ. — № 3. — С.72—78.

Извлечь металлы, переработать шлаки // Казахстанская правда. 9.01.2025. Мына сілтемеде. <https://kazpravda.kz/n/izvlech-metally-pererabotat-shlaki/>

Мырзакожа Д.А., Мирзаходжаев А.А. (2014) Заманауи зерттеу әдістері, Алматы. — 2014. — 352 б.

Плугин А.Н., Кузнецова Н.М. (2010) Иммобилизация тяжёлых металлов в цементных системах. Строительные материалы. — № 5. — С.32—36.

References

Aytkhozhin A.S., Isabekov B.K. (2018) Issledovaniye svintsovykh shlakov Shymkentskogo regiona i puti ikh utilizatsii [Study of lead slags of the Shymkent region and ways of their utilization]. Vestnik KazNITU. — 2018. — No.3. — P.72—78. (in Russian)

Brett D.Y., Smith J.L. (2008) Technology of Portland cement: textbook for institutes of higher education, Michigan Technical Institute: — USA. — 345 p. (in English)

Competitive Industrial Performance Index 2025. Kazakhstan. JRC Indicators Explorer. On this link. <https://composite-indicators.jrc.ec.europa.eu/explorer/indices/cipi/competitive-industrial-performance-index> (in English)

Guo Y., Zhang T., Li Y. (2017) Stabilization of heavy metals in cement-based materials containing metallurgical slag. Journal of Hazardous Materials. — 321. — 215—223. (in English)

Horgnies M., Chen J.J., Bouillon C. (2013) Overview about the use of fourier transform infrared spectroscopy to study cementitious materials. Transactions on Engineering Sciences. — 77. — 251-262. (in English)

Information on waste reduction, recycling and reuse. egov public services and online information. On this link. https://egov.kz/cms/en/articles/waste_reduction_recycling_and_reuse?mobile=no 09.01.2023. (in English)

Izvlech' metally, pererabotat' shlaki [Extract metals, process slag]. Kazakhstan Pravda. On this link. <https://kazpravda.kz/n/izvlech-metally-pererabotat-shlaki/> 09.01.2025. (in Russian)

Kazakhstan Accelerates Industrial Transformation With Focus on Manufacturing, Digitalization, and Energy Modernization. The Astana Times. On this link. <https://astanatimes.com/2025/12/kazakhstan>

accelerates-industrial-transformation-with-focus-on-manufacturing-digitalization-and-energy-modernization/?utm_source 02.12.2025. (in English)

Kazakhstan Leads Central Asia in Industrial Output. MINEX forum. On this link. https://minexforum.com/2025/04/22/kazakhstan-leads-central-asia-in-industrial-output/?utm_source 22.04.2025. (in English)

Kazakhstan recycles only 11 % of industrial waste — Ministry of Industry and Construction. KazTAG. On this link. https://kaztag.kz/en/news/kazakhstan-recycles-only-11-of-industrial-waste-ministry-of-industry-and-construction?utm_source 26.03.2025. (in English)

Li X., Wu S. (2017) Leaching behavior of lead in cementitious systems containing metallurgical slag. *Journal of Environmental Management*. — 196. — 424—430. (in English)

Loganina V.I., Selyaev A.V. (2014) Technogenic waste of non-ferrous metallurgy in construction materials. *Construction Materials*. — 7. — 18—22. (in English)

Myrzakozha D.A., Mirzakhodzhaev A.A. (2014) Zamanaui zertteu adisteri [Modern research methods]. Almaty. — 2014. — 352 p. (in Kazakh)

Pera J., Ambrose J. (2004) Influence of lead compounds on clinker formation and cement properties. *Cement and Concrete Research*. — 34. — 145—152. (in English)

Plugin A.N., Kuznetsova N.M. (2010) Immobilizatsiya tyazholykh metallov v tsementnykh sistemakh [Immobilization of heavy metals in cement systems]. *Construction materials*. — 5. — 32-36.

Rashad A.M. (2019) A comprehensive overview about recycling lead slag as construction materials. *Journal of Cleaner Production*. — 215. — 45—60. (in English)

Zhanikulov N.N., Taimasov B.T., Borisov I.N., Dzhanmuldaeva Zh.K., Dauletarov M.S. (2020) Research on the obtaining of low energy cements from technogenic raw materials. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*. — 4. — 814-823. (in English)

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). 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 сайте:

**www.nauka-nanrk.kz
ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)
<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>**

Ответственный редактор *А. Ботанқызы*
Редакторы: *Д.С. Аленов, Т. Апендиев*
Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 29.12.2025.

Формат 60x88¹/₈.
18,0 п.л. Заказ 4.