

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

**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**№3
2026**

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

2026 • 3



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 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:

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich, 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>

RAMAZANOV Tlekkaul 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/13503476>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

OLIVIERO Rossi Cesare, PhD (Chemistry), Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/399768>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

BERSIMBAYEV Rakhmetkazhi 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

CALANDRA Pietro, PhD (Physics), Professor, Institute for the Study of Nanostructured Materials (Rome, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/616360>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

BURKITBAEV Mukhambetkali, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29017135>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30353742>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

ABISHEV Medeu Erzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Corresponding Member of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1556025>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

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:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрыңұлы, 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=6602177960%2638>; <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакция ұжымы:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нұрәділұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы, 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>

РАМАЗАНОВ Тілеккабыл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/13503476>

ӘБИЕВ Руфат, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

ОЛИВЬЕРО Росси Сесаре, PhD (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/399768>

ТИГІНЯНУ 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

САНГ-СУ Квак, PhD (биохимия, агрохимия), профессор, Корея Биология және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIIBV), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

КАЛАНДРА Пьетро, PhD (физика), нанотехнология материалдары зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/616360>

БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

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/29017135>

QUEVEDO Hernando, профессор, Мексика ұлттық автономиялық университеті (UNAM), Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30353742>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағұлы, 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

ӘБІШЕВ Медеу Ержанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1556025>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

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 Куәлік.

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 МАН и НАН РК, Генеральный директор НИИ нефтепереработки и нефтехимии (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960%3Cp%3Ehttps://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

АДЕКЕНОВ Сергезы Мынжасарович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор АО "Научно-производственного центра "Фитохимия" (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/13503476>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

ОЛИВЬЕРО Росси Чезаре, доктор философии (PhD, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/399768>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

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), (Дэжон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендинович, 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (PhD, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/616360>

БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич, 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29017135>

QUEVEDO Hernando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30353742>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

ТАКИБАЕВ Нурғали Жабағәевич, 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

АБИШЕВ Медеу Ержанович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1556025>

АБИЛМАТЖАНОВ 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>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

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», 2026

CONTENTS

PHYSICS

Aliuly A., Kaltayev A.

Aliuly A., Kaltayev A. Assessment of the Applicability of Similarity Laws for Centrifugal Pump Scaling Based on Hydrodynamic Modeling.....14

Baratov A.G., Sailaubek A., Serik A.S.

Synthesis and Investigation of a Narrow-Bandgap SrTaO₂N-Based Photocatalyst.....33

Nurbayev B., Dmitriyeva E., Kemelbekova A.

Modern Methods of Selective Lithium Leaching from Spent Lithium-Ion Batteries.....45

Seitov A., Amanzholov T.

Comparative Analysis of One-Dimensional Physical-Hydrodynamic Models of Centrifugal Flow in an Impeller for Mineralized Media.....60

Syzdykova A.M., Serikbayev N.S., Kutum B.B.

Local Kodama-Type Transformations and Integrability Limits of the Extended Fifth-Order Korteweg-de Vries Equation.....83

Ualikhanova U.A., Ussipkyzy T., Altayeva G.S., Razina O.V.

Calculation of the Screened $f(T)$ Gravity Model.....101

Zhadyranova A.A., Tsyba P.Yu., Ismail U.K., Yerzhan B.

Divergence-Free Deceleration Parameter, Kinematic Constraints from DESI DR2 and Cosmic Chronometers.....123

Zhenishan K., Bekov S.S., Syzdykova A.M.

The Influence of Gaussian Process Parameters on Reconstructing the Hubble Constant.....146

CHEMISTRY

Amangeldi B., Zhanikulov N., Taimasov B., Aitureev M., Dauletiyarov M.

Research of the Firing Processes and Whiteness of White Cement Clinkers.....155

Baisalova G.Zh., Bauyrzhanova G.B., Niyaz G.A., Taltenov A.A., Ainabayev A.A.

Study of the Chemical Composition of Ethanol Extracts of Lady's Mantle by Gas Chromatography-Mass Spectrometry.....169

Bishimbaev V.K., Kapsalyamov B.A.

Hydrogeochemical Indicators of Sulfuric-Acid Uranium Leaching Impact on Groundwater in Shieli and Zhanakorgan Districts.....183

Darmenbayeva A.S., Aubakirova R.A. Nurgaliyeva D.A., Abylkassova G.E., Abilmazhinova G.A.

Structural and Morphological Features of Polymer-Metal Functional Materials.....205

Dyusebaeva M.A., Berganayeva A.E., Ibragimova N.A., Utaraliev D.M., Berganayeva G.E.

Green synthesis of silver nanoparticles using the n-butanol fraction of Galega officinalis L.....223

Dyussembekova S.B., Utarova D.A., Kuspanov Zh.B., Daulbayev Ch.B., Abdikarimova U.A. Investigation of the Effect of SrTiO ₃ Heat Treatment on the Photocatalytic Efficiency of the \	
Decomposition of an Amphoteric Antibiotic.....	239
Issayeva U.B., Akhmetova G.S., Praliyev K.D., Malmakova A.E., Seilkhanov T.M. 1-Benzyl-4-(p-Fluorobenzoyloxyimino)Piperidine Hydrochloride as a Candidate for	
an Anti-Infective Agent.....	252
Kamunur K., Yskak M., Mussapyrova L. Effect of Chemical Modification of Sodium Lignosulfonate on Flotation Properties in the	
Barite – Calcite System.....	264
Kononov A., Kamunur K., Mussapyrova L., Assylkhanova D., Batkal A. Obtaining and Studying the Inorganic Flocculant Al–Fe–Mn Based on Modified Bentonite.....	276
Kurmangaliyeva A.1, Akhmetova F.2, Kareshova Zh.1, Iskakov R. PDMA-Modified Tagan Bentonite for Hydrogen Production in Catalytic Conversion	
of Hydrocarbons.....	292
Kurtebayeva A.A., Silvia Álvarez-Torrellas., Noor Haida Mohd Kaus., Gomes H.T., Kalmakhanova M.S. Corn-Cob-Derived Fe-Modified Activated Carbons for Paracetamol and Sulfamethoxazole	
Removal by Adsorption and Oxidative Treatment.....	307
Nadirov R.K., Nurtazina N.D., Ryskaliyeva R.G. Response Surface Modelling and Optimisation of Ilmenite Flotation Using a Modified	
Lignosulphonate Reagent.....	334
Nefedov A.N., Taikenova A.T., Imashev B.K., Nurislamov R.M., Leontyeva X. Quantum Computing in the Modeling of Corrosion Processes.....	350
Nurkenov O.A., Fazylov S.D., Syzdykov A.K., Kabiyeva S.K., Zhaslan R.K. Synthesis and Structural Study of 3,5-Dimethylisoxazole Sulfone Derivatives with Secondary	
Amines.....	365
Orazbekova R.S., Tungatarova S.A., Baizhumanova T.S., Kaumenova G.B., Zhumabek M. Influence of Reaction Mixture Composition in Steam Reforming of Bioethanol on a High-Entropy	
Oxide Catalyst.....	382
Ryskaliyeva R.G., L.K. Beisembayeva, Osserov T.B. Hydrocyclone Classification of Balkhash Processing Plant Tailings.....	398
Sass A.S., Torlopov I.I., Rakhmetova K.S., Kenzin E.N., Zhurinov M. Formation and Maturation of Phosphate Coatings on Steel from an Alcohol-Based	
Phosphating Solution.....	418
Sdikova G.Zh., Dalabayeva N.S., Balkembay A.S., Sarova N.B., Zhaltyrbayeva N.K. Effect of Electrolyte Formulation on the Characteristics of Zinc-Based	
Electroplated Coatings.....	435
Seitkaliyeva N., Kussainova G., Zhursumbayeva M., Mohamad Ibrahim M.N., Abdiyev K. Study of the Flocculation Properties of Itaconic Acid-Based Copolymers.....	448

Sergazina S.M., Nurmukhanbetova N.N., Ostretsova I.B., Kamze A.R., Kassenova N.B. Comprehensive Assessment of Natural Drinking Water Quality and Statistical Analysis of Physicochemical Parameters.....	460
Talgatkyzy A., Nazhipkyzy M., Otenov A., Seitkazinova A., Issanbekova A. Wood Waste-Derived Organosolv Lignin-Based Carbon Nanofibers For Energy Storage Applications.....	475
Toktabayeva A.K., Makhayeva D.N., Rakhmetullayeva R.K., Rvaidarova G.O., Issenova G.D. Synthesis, Structure, and Physicochemical Properties of Sulfur-Containing Composites Based on Aniline, p-Phenylenediamine, Phenol, and Formaldehyde.....	498
Yeshmanova G.B., Smagulov D.U. Effect of Silicon-Based Particles on the Formation and Composition of PEO Coatings.....	517
Zhortarova A.A., Kubicek V., Ibrayev M.K., Panshina S.Y., Seidakhmetova R.B. N-Phosphorylation of Amino-thiazoles and Amino-Thiadiazoles with P(III)- and P(V)-Reagents: Synthesis, Structure, and Biological Activity.....	538
Zhussupova A., Tyumentseva O., Antonyuk V. Comparative Study of the Kinetics and Energy Characteristics of Planetary Milling of Copper Smelting Dump Slag and Granulated Lead-Smelting Slag.....	552

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

Әлиұлы А., Калтаев А.

Гидродинамикалық модельдеу негізінде ортадан тепкіш сорғыларды масштабтауда ұқсастық заңдарының қолданылуын бағалау.....14

Баратов А.Ғ., Сайлаубек А., Серік А.С.

SrTaO_2N негізіндегі тар тыйым салынған аймақты фотокатализаторды алу және зерттеу.....33

Нұрбаев Б., Дмитриева Е., Кемелбекова А.

Пайдаланылған литий-ионды аккумуляторлардан литийді селективті шаймалаудың заманауи әдістері.....45

Сейтов А.Н., Аманжолов Т.Е.

Минералданған орталарға арналған жұмыс дөңгелегіндегі ортадан тепкіш ағыстың бірөлшемді физикалық–гидродинамикалық модельдерін салыстырмалы талдау.....60

Сыздыкова А.М., Серикбаев Н.С., Кутум Б.Б.

Кенетейлген бесінші ретті Кортевег-де Фриз тендеуінің локалды кодам типті түрлендіруі мен интегралдану шектері.....83

Уалиханова У.А., Үсіпқызы Т., Алтаева Г.С., Разина О.В.

Экрандалған $f(T)$ – гравитация моделінің есебі.....101

Жадыранова А.А., Цыба П.Ю., Исмаил Ү.Қ., Ержан Б.

Дивергенциясыз бәсеңдеу параметрі, DESI DR2 және космикалық хронометрлер деректері бойынша кинематикалық шектеулер.....123

Жеңіскан Қ., Беков С.С., Сыздыкова А.М.

Хаббл тұрақтысын реконструкциялауға Гаусстық процестер параметрлерінің әсері.....146

ХИМИЯ

Амангелді Б., Жаникулов Н., Таймасов Б., Айтурсев М., Даулетияров М.

Ақ цемент клинкерлерінің күйдіру процестерін және ақтығын зерттеу.....155

Байсалова Г.Ж., Бауыржанова Г.Б., Нияз Г.А., Талтенов А.А., Айнабаев А.А.

Газ хроматография-масс-спектрометрия әдісімен кәдімгі теңгежапырақ өсімдігінің этанолды сығындыларының химиялық құрамын зерттеу.....169

Бишимбаев В.К., Капсаямов Б.А.

Шиелі және Жаңақорған аудандарындағы уранды күкірт қышқылымен шаймалаудың жер асты суларына әсерінің гидрогеохимиялық көрсеткіштері.....183

Дарменбаева А.С., Аубакирова Р.А., Нурғалиева Д.А., Абылкасова Г.Е., Абилямжинова Г.А.

Полимер-металл функционалдық материалдардың құрылымдық-морфологиялық ерекшеліктері.....205

Дюсебаева М.А., Берганаева А.Е., Ибрагимова Н.А., Утаралиев Д.М., Берганаева Г.Е.

Galega officinalis L. өсімдігінің N-бутанолдық фракциясы арқылы күміс нанобөлшектерін жасыл синтездеу.....223

Дюсембекова С.Б., Утарова Д.А., Құспанов Ж.Б., Даулбаев Ч.Б., Әбдікәрімова Ұ.Ә. Термиялық өңделген SrTiO ₃ фотокатализаторларының екідайлы антибиотикті тиімді ыдыратуын зерттеу.....	239
Исаева Ұ.Б., Ахметова Г.С., Пірәлиев Қ.Ж., Малмакова А.Е., Сейлханов Т.М. Жұқпалы ауруларға қарсы кандидат ретінде 1-бензил-4-(П-фторбензоилоксиимино) пиперидин гидрохлориді.....	252
Қамұнұр Қ., Ысқақ М., Мусапирова Л. Барит–кальцит жүйесіндегі натрий лигносульфонатының флотациялық қасиеттеріне химиялық модификацияның әсері.....	264
Кононов А., Қамұнұр Қ., Мусапирова Л., Асылханова Д., Батқал А. Модификацияланған бентонит негізіндегі Al–Fe–Mn бейорганикалық флокулянтын алу және зерттеу.....	276
Қурманғалиева А.1, Ахметова Ф., Карешова Ж., Исаков Р. Көмірсутектердің каталитикалық конверсиясы арқылы сутек алуға арналған ПДМА-модификацияланған таған бентониті.....	292
Қуртебаева А.А., Álvarez-Torrellas S., Noor Haida Mohd Kaus., Gomes H.T., Калмаханова М.С. Жүгері собықтарынан алынған темірмен модификацияланған белсендірілген көмірлермен парацетамол мен сульфаметоксазолды адсорбциялық-тотығу жолымен жою.....	307
Надиров Р.К., Нуртазина Н.Д., Рыскалиева Р.Г. Модификацияланған лигносульфонатты реагентті қолдану арқылы ильменит флотациясының жауап бетін модельдеу және оңтайландыру.....	334
Нефедов А.Н., Тайекенова А.Т., Имашев Б.К., Нурисламов Р.М., Леонтьева К.А. Коррозиялық процестерді модельдеудегі кванттық есептеулер.....	350
Нүркенов О.А., Фазылов С.Д., Сыздықов А.К., Қабиева С.Қ., Жаслан Р.К. Екіншілік аминдермен 3,5-диметилизоксазолдың сульфотуындыларын синтездеу және құрылымдық зерттеу.....	365
Оразбекова Р.С., Тунгатарова С.А., Байжұманова Т.С., Кауменова Г.Б., Жұмабек М. Жоғары энтропиялық оксид катализаторы қатысында биоэтанолдың бу риформингісіне реакциялық қоспа құрамының әсері.....	382
Рыскалиева Р.Г., Бейсембаева Л.К., Осеров Т.Б. Балқаш байыту фабрикасының байыту қалдықтарын гидроциклондық классификациялау.....	398
Сасс А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Кензин Э.Н., Жұрынов М. Спирт негізіндегі фосфаттау ерітіндісінен болат бетінде фосфатты жабындардың қалыптасуы және жетілуі.....	418
Сдикова Г.Ж., Далабаева Н.С., Балкембай А.С., Сарова Н.Б., Жалтырбаева Н.К. Мырыш негізіндегі гальваникалық қаптамалардың қасиеттеріне электролит құрамының әсері.....	435

Сейтқалиева Н., Құсаинова Г., Жүрсімбаева М., Мохамад Ибрагим М.Н., Әбдиев Қ. Итакон қышылы негізіндегі сополимерлердің флокуляциялық қасиеттерін зерттеу.....	448
Сергазина С.М., Нұрмұханбетова Н.Н., Острцова И.Б., Камзе А.Р., Касенова Н.Б. Табиғи ауыз су сапасын кешенді бағалау және физика-химиялық көрсеткіштерге статистикалық талдау.....	460
Талгатқызы Ә., Нажиқызы М., Өтенов Ә., Сейтқазинаева Ә., Исанбекова А. Ағаш қалдықтарынан алынған органосольв лигнин негізіндегі көміртекті талшықтарды энергия сақтау жүйелерінде қолдану.....	475
Тоқтабаева Ә.Қ., Махаева Д.Н., Рахметуллаева Р.Қ., Рвайдарова Г.О., Исенова Г.Д. Анилин, п-фенилендиамин, фенол және формальдегид негізіндегі күкіртқұрамды композиттердің синтезі, құрылымы және физика-химиялық қасиеттері.....	498
Ешманова Г.Б., Смағұлов Д.У. Кремний негізіндегі бөлшектердің ПЭО жабындарының қалыптасуы мен құрамына әсері.....	517
Жортарова А.А., Kubicek V., Ибраев М.Қ., Паньшина С.Ю., Сейдахметова Р.Б. Р(III) және Р(V) реагенттерімен аминотиазолдар мен аминок-тиадиазолдарды N-фосфорлирлеу: синтезі, құрылымы және биологиялық белсенділігі.....	538
Жұсупова А., Тюменцева О., Антонюк В. Үйінді мыс балқыту шлагы мен қорғасын балқытудың түйіршіктелген шлагын планетарлық ұнтақтау кинетикасы мен энергетикасын салыстырмалы зерттеу.....	552

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Әлиұлы А., Калтаев А.

Оценка применимости законов подобия при масштабировании центробежных насосов на основе гидродинамического моделирования.....14

Баратов А.Г., Сайлаубек А., Серік А.С.Получение и исследование узкозонного фотокатализатора на основе SrTaO_2N33**Нұрбаев Б., Дмитриева Е., Кемелбекова А.**

Современные методы селективного выщелачивания лития из отработанных литий-ионных аккумуляторов.....45

Сейтов А.Н., Аманжолов Т.Е.

Сравнительный анализ одномерных физико-гидродинамических моделей центробежного течения в рабочем колесе для минерализованных сред.....60

Сыздыкова А.М., Серикбаев Н.С., Кутум Б.Б.

Локальные преобразование типа кодамы и пределы интегрируемости расширенного уравнения Кортевега-де Фриза пятого порядка.....83

Уалиханова У.А., Усипкызы Т., Алтаева Г.С., Разина О.В.Расчёт экранированной модели $f(T)$ -гравитации.....101**Жадыранова А.А., Цыба П.Ю., Исмаил У.Қ., Ержан Б.**

Дивергентно-свободный параметр замедления, кинематические ограничения по данным DESI DR2 и космических хронометров.....123

Женискан К., Беков С.С., Сыздыкова А.М.

Влияние параметров Гауссового процесса на реконструкцию постоянной Хаббла.....146

ХИМИЯ

Амангелди Б., Жаникулов Н., Таймасов Б., Айтурсев М., Даулетияров М.

Исследование процессов обжига и белизны клинкеров белых цементов.....155

Байсалова Г.Ж., Бауыржанова Г.Б., Нияз Г.А., Талтенов А.А., Айнабаев А.А.

Изучение химического состава этанольных экстрактов манжетки обыкновенной методом газ хроматографии-масс-спектрометрии.....169

Бишимбаев В.К., Капсалямов Б.А.

Гидрогеохимические индикаторы воздействия сернокислотного выщелачивания урана на подземные воды районов Шиели и Жанакоргана.....183

Дарменбаева А.С., Аубакирова Р.А., Нургалиева Д.А., Абылкасова Г.Е., Абилямажинова Г.А.

Структурно-морфологические особенности полимер-металлических функциональных материалов.....205

Дюсебаева М.А., Берганаева А.Е., Ибрагимова Н.А., Утаралиев Д.М., Берганаева Г.Е. Зеленый синтез серебряных наночастиц с использованием N-бутанольной фракции Galega officinalis L.....	223
Дюсембекова С.Б., Утарова Д.А., Куспанов Ж.Б., Даулбаев Ч.Б., Абдикаримова У.А. Исследование влияния термической обработки SrTiO ₃ на фотокаталитической эффективности разложения амфотерного антибиотика.....	239
Исаева У.Б., Ахметова Г.С., Пралиев К.Д., Малмакова А.Е., Сейлханов Т.М. Гидрохлорид 1-бензил-4-(п-фторбензоилоксиимино) пиперидина в качестве кандидата в противомикробное средство.....	252
Қамұнұр Қ., Ысқақ М., Мұсапирова Л. Влияние химической модификации лигносульфоната натрия на его флотационные свойства в системе барит–кальцит.....	264
Кононов А., Қамұнұр Қ., Мұсапирова Л., Асылханова Д., Батқал А. Получение и исследование неорганического флокулянта Al–Fe–Mn на основе модифицированного бентонита.....	276
Курмангалиева А., Ахметова Ф., Карешова Ж., Исаков Р. ПДМА-модифицированный таганский бентонит для получения водорода при каталитической конверсии углеводородов.....	292
Қуртебаева А.А., Álvarez-Torrellas S., Noor Haida Mohd Kaus., Gomes Н.Т., Калмаханова М.С. Модифицированные железом активированные угли из кукурузных початков для адсорбционно-окислительного удаления парацетамола и сульфаметоксазола.....	307
Надиров Р.К., Нуртазина Н.Д., Рыскалиева Р.Г. Моделирование поверхности отклика и оптимизация флотации ильменита с использованием модифицированного лигносульфонатного реагента.....	334
Нефедов А.Н., Тайкенова А.Т., Имашев Б.К., Нурисламов Р.М., Леонтьева К.А. Квантовые вычисления в моделировании коррозионных процессов.....	350
Нуркенов О.А., Фазылов С.Д., Сыздыков А.К., Кабиева С.К., Жаслан Р.К. Синтез и структурное исследование сульфопроизводных 3,5-диметилизоксазола совторичными аминами.....	365
Оразбекова Р.С., Тунгатарова С.А., Байжұманова Т.С., Кауменова Г.Б., Жумабек М. Влияние состава реакционной смеси в паровом риформинге биоэтанола на высокоэнтропийном оксидном катализаторе.....	382
Рыскалиева Р.Г., Бейсембаева Л.К., Осеров Т.Б. Гидроциклонная классификация хвостов обогащения Балхашской обогажительной фабрики.....	398
Сасс А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Кензин Э.Н., Журинов М. Формирование и созревание фосфатных покрытий на стали из фосфатирующего раствора на основе спирта.....	418

Сдикова Г.Ж., Далабаева Н.С., Балкембай А.С., Сарова Н.Б., Жалтырбаева Н.К. Влияние состава электролита на свойства гальванических покрытий на основе цинка.....	435
Сейткалиева Н., Кусаинова Г., Журсумбаева М., Мохамад Ибрагим М.Н., Абдиев К. Исследование флокулирующих свойств сополимеров на основе итаконовой кислоты.....	448
Сергазина С.М., Нурмуханбетова Н.Н., Острцова Н.Б., Камзе А.Р., Касенова Н.Б. Комплексная оценка качества природной питьевой воды и статистический анализ физико-химических показателей.....	460
Талгаткызы А., Нажибкизы М., Отонов А., Сейтказинова А., Исанбекова А. Углеродные волокна на основе органосольв лигнина, полученного из древесных отходов, для применения в системах хранения энергии.....	475
Токтабаева А.К., Махаева Д.Н., Рахметуллаева Р.К., Рвайдарова Г.О., Исенова Г.Д. Синтез, структура и физико-химические свойства серосодержащих композитов на основе анилина, п-фенилендиамина, фенола и формальдегида.....	498
Ешманова Г.Б., Смагулов Д.У. Влияние частиц на основе кремния на формирование и состав ПЭО покрытий.....	517
Жортарова А.А., Kubicek V., Ибраев М.К., Панышина С.Ю., Сейдахметова Р.Б. N-фосфорилирование аминотиазолов и аминок-тиадиазолов с помощью реагентов Р(III) и Р(V): синтез, структура и биологическая активность.....	538
Жусупова А., Тюменцева О., Антонюк В. Сравнительное исследование кинетики и энергетики планетарного измельчения отвального медеплавильного шлака и гранулированного шлака свинцовой плавки.....	553

ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES
ISSN 2224-5227
Volume 3.
Number 359 (2026), 155–168

<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.468>

UDC: 666.942.8
IRSTI: 65.35.33

©Amangeldi B.¹, Zhanikulov N.^{2*}, Taimasov B.¹, Aitureev M.¹,
Dauletiyarov M.¹, 2026.

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

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

*E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru

RESEARCH OF THE FIRING PROCESSES AND WHITENESS OF WHITE CEMENT CLINKERS

Amangeldi Bekassyl — PhD student, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,
E-mail: bekasy1700@mail.ru, <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0002-3378-6110>;

Zhanikulov Nurgali — PhD, Associate Professor, Academician Ye.A. Buketov Karaganda National
Research University, Karaganda, Kazakhstan,
E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru, <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, <https://orcid.org/0000-0002-1844-4932>;

Aitureev Murat — Candidate Technical Sciences, Associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan
University, Shymkent, Kazakhstan,
E-mail: murattssm@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-8154-0417>;

Dauletiyarov Mukhtar — Candidate Technical Sciences, Associate Professor, M. Auezov South
Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,
E-mail: muhtar-66@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9578-8202>.

Abstract. This scientific article presents the results of a study examining the effect of temperature on the firing process of white clinker and determining the degree of whiteness of the resulting clinker. This research is relevant for the modern production of colored cements, the production of dry building mixes, and the manufacture of architectural products. During the study, the content of CaO_{free} , not associated with clinker minerals, and the degree of whiteness of the clinker were determined at temperatures of 1450–1500°C. In clinker obtained from a raw mix of "limestone+electrothermophosphorus slag," the CaO_{free} content was 0.33–1.98%. In clinker obtained from a raw mix of "limestone+Angren kaolin," the CaO_{free} content ranged from 0.27–1.22%, while for clinker obtained from a raw mix of "limestone+Kokshetau kaolin" this content was 0.54–0.81%. The whiteness of the clinkers for the raw mix of

"limestone+electrothermophosphorus slag" was 75–76%, "limestone+Angren kaolin" 79.6–85%, and "limestone+Kokshetau kaolin" 75.7–84.5%. The results showed that the binding of CaO_{free} with clinker minerals allows for a CaO content of no more than 2%, in accordance with GOST 31108-2020. Furthermore, the fundamental possibility of producing white clinker of grades 1 and 3 in accordance with the requirements of GOST 965-89 was established.

Furthermore, the production of white clinker using Sastobe Technologies LLC plant sludge with the addition of mineralizers was studied: 1 and 2% CaF_2 , 1 and 2% CaCl_2 , 2 and 4% gypsum, and 5 and 10% phosphorus slag. The raw mixes were fired at 1500°C. The CaO_{free} content in the resulting clinkers ranged from 2.02% to 11.2%, exceeding the established value of 2%. The whiteness of the resulting clinker ranged from 71.5% to 88.7%. Thus, the study results showed that, despite the relatively high whiteness of individual clinker samples, their CaO_{free} content did not meet the requirements of GOST 31108-2020.

Keywords: white portland cement, clinker, limestone, kaolin, electrothermophosphorus slag, firing, whiteness

For citations: Amangeldi B., Zhanikulov N., Taimasov B., Aitureev M., Dauletiyarov M. Research of the Firing Processes and Whiteness of White Cement Clinkers. Academic Journal of Physical and Chemical Sciences. 2026. No.3. Pp. 155–168. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.468>

©Амангелді Б.¹, Жаникулов Н.^{2*}, Таймасов Б.¹, Айтуреев М.¹,
Даулетияров М.¹, 2026.

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

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

*E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru

АҚ ЦЕМЕНТ КЛИНКЕРЛЕРІНІҢ КҮЙДІРУ ПРОЦЕСТЕРІН ЖӘНЕ АҚТЫҒЫН ЗЕРТТЕУ

Амангелді Бекасыл — PhD докторант, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: bekasy1700@mail.ru, <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0002-3378-6110>;

Жаникулов Нұрғали — 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>;

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

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

Айтуреев Мұрат — техника ғылымдарының кандидаты, доцент, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,

E-mail: murattssm@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-8154-0417>;

Даулетияров Мухтар — техника ғылымдарының кандидаты, доцент, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан,
E-mail: muhtar-66@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9578-8202>.

Аннотация. Ғылыми мақалада ақ цемент клинкер күйдіру процесінде температураның әсері мен алынған ақ клинкердің ақтық дәрежесін анықтау нәтижелері келтірілген. Зерттеу заманауи түрлі түсті цемент өндірісі үшін, құрғақ құрылыс қоспа алуда және сәулет бұйымдарды жасауда өзекті болып табылады. Зерттеуде 1450-1500 °C температурада екі компонентті шикізат қоспаларынан тұратын үш құрамдарды күйдіру кезінде клинкер минералдарының бос СаО байланыспаған мөлшері және ақтық дәрежесі анықталды. «Әктас + электротермофосфор шлагы» шикізат қоспаларынан алынған клинкердің бос СаО мөлшері 0,33-1,98 % болды. «Әктас + каолин Ангрен» шикізат қоспаларынан алынған клинкердегі бос СаО мөлшері 0,27-1,22 % көрсетті, ал «Әктас + каолин Көкшетау» шикізат қоспаларынан алынған клинкердің бос СаО мөлшері 0,54-0,81 % болғаны анықталды. Клинкерлердің ақтық дәрежесі «Әктас + электротермофосфор шлагы» шикізат қоспасы үшін 75-76 %, «Әктас + каолин Ангрен» шикізат қоспасы үшін 79,6-85 % және «Әктас + каолин Көкшетау» шикізат қоспасы үшін 75,7-84,5 % болды. Нәтижесінде бос СаО-ның клинкер минералдарымен байланысуы ГОСТ 31108-2020 бойынша белгіленген 2 %-дан жоғары емес және ГОСТ 965-89 бойынша 1-3 сұрыпты ақ клинкер алуға толық мүмкін екендігі дәлелденді.

Сонымен қатар, «Sastobe Technologies» ЖШС зауыт шламына 1 және 2 % СаF₂, 1 және 2 % СаCl₂, 2 және 4 % гипс және 5 және 10 % фосфор шлагы минерализаторларын қосу арқылы ақ портландцемент клинкерін алу зерттелді. 1500°C температурада күйдірілген клинкерлердің бос СаО-ның мөлшері СаО_{бос} = 2,02-11,2 % болды (2 %-дан жоғары), алынған клинкердің ақтық дәрежесі 71,5-88,7 % екендігі анықталды. Нәтижесінде клинкердің ақтық дәрежесі жоғары болғаны мен оның сапасы ГОСТ 31108-2020 талабына сәйкес келмейтіндігі айқындалды.

Түйін сөздер: ақ портландцемент, клинкер, әктас, каолин, электротермофосфор шлак, күйдіру, ақтық дәреже

©Амангелди Б.¹, Жаникулов Н.^{2*}, Таймасов Б.¹, Айтуреев М.¹,
Даулетияров М.¹, 2026.

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

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

*E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБЖИГА И БЕЛИЗНЫ КЛИНКЕРОВ БЕЛЫХ ЦЕМЕНТОВ

Амангелди Бекасыл — PhD докторант, Южно-Казахстанский университета имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: bekasy1700@mail.ru, <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0002-3378-6110>;

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>;

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

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

Айтурсев Мурат — кандидат технических наук, доцент, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: murattssm@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-8154-0417>,

Даулетияров Мухтар — кандидат технических наук, доцент, Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

E-mail: muhtar-66@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9578-8202>.

Аннотация. В данной научной статье представлены результаты исследования влияния температуры на процесс обжига белого клинкера и определения степени белизны полученного клинкера. Данное исследование является актуальным для современного производства цветных цементов, получения сухих строительных смесей и изготовления архитектурных изделий. В ходе исследования при температурах 1450–1500°C определялось содержание $\text{CaO}_{\text{св}}$, не связанного с клинкерными минералами, а также степень белизны клинкера. В клинкере, полученном из сырьевой смеси «известняк+электротермофосфорный шлак», содержание $\text{CaO}_{\text{св}}$ составило 0,33–1,98%. А полученном из сырьевой смеси «известняк+каолин Ангрен», содержание $\text{CaO}_{\text{св}}$ находилось в пределах 0,27–1,22%, тогда как для клинкера из сырьевой смеси «известняк+каолин Кокшетау» данный показатель составил 0,54–0,81%. Степень белизны клинкеров для сырьевой смеси «известняк+электротермофосфорный шлак» составила 75–76%, «известняк+каолин Ангрен» 79,6–85%, «известняк+каолин Кокшетау» 75,7–84,5%. Полученные результаты показали, что связывание $\text{CaO}_{\text{св}}$ с клинкерными минералами позволяет получить его содержание не более 2% в соответствии с ГОСТ 31108-2020. Кроме того, установлена принципиальная возможность получения белого клинкера 1-го и 3-го сортов согласно требованиям ГОСТ 965-89.

Кроме того было исследовано получение белого клинкера с использованием заводского шлама ТОО «Sastobe Technologies» с введением минерализаторов: 1 и 2% CaF_2 , 1 и 2% CaCl_2 , 2 и 4% гипса, а также 5 и 10% фосфорного шлама. Обжиг сырьевых смесей проводили при температуре 1500°C. Содержание $\text{CaO}_{\text{св}}$ в полученных клинкерах составило 2,02–11,2%, что превышает установленное значение 2%. При этом степень белизны полученного клинкера находилась в диапазоне 71,5–88,7%. Таким образом, результаты исследования показали, что, несмотря на достаточно высокую степень белизны отдельных образцов клинкера, по содержанию $\text{CaO}_{\text{св}}$ их качество не соответствует требованиям ГОСТ 31108-2020.

Ключевые слова: белый портландцемент, клинкер, известняк, каолин, электротермофосфорный шлак, обжиг, белизна

Кіріспе. Әлемде жоғары сапалы сәндік-сәулетті әрлеуші материалдарды қолдану кеңінен таралған. Осындай материалдардың бірі – ақ портландцемент. Ақ портландцемент өзінің беріктігі мен ақ түсінің жоғары болуымен ерекшеленеді. Ақ портландцементті сәндік бетондарда, құрғақ құрылыс қоспа құрамында, сәулет бұйымдарды жасауда таптырмас өнім болып саналады (Arusmalem et al., 2022). Жалпы құрылыста қолданылатын сұр цементке қарағанда ақ портландцементке қатаң талаптарды сақтау, жоғары температурада күйдіру және сапалы шикізаттарды пайдалануды қажет етеді.

Елімізде ақ цементтерді «Алина», «Кнауф Гипс Капчагай», «Жамбылгипс», «Нафтоэнерго», «Кнауф», «Алинэкс», «Шымтех», «Семмикс» және басқа өндіріс компаниялары құрғақ әрлеуші құрылыс қоспаларын шығаруда құрамдас бөлігі ретінде пайдаланады (Amiraliyev et al., 2025). Дүние жүзіндегі құрылыс тәжірибесінде ақ және ашық түсті цементтер тартымды, біркелкі беті бар бетондарда, құрама темірбетонның сыртқы панельдерде, құрама аркалықтар мен бағандарды өндіруде, ғимараттар мен құрылыстардың қабырғаларын бетондау кезінде, жолдар мен қалалық тротуарларды сәндік цементтерден жасалған плиткалармен және төсем тастарымен әрлеуде, сондай-ақ жол белгілерін салуда, бордюрлер мен бағаналарды салуда, қауіпсіздік тосқауылдарын орнатуда және т.б. қолданылады. Қазіргі заманғы сәулет өнерінің мәнерлі элементтерін жасаумен қатар, сәндік цементтерді пайдалану әрлеу жұмыстарын индустрияландыруға мүмкіндік береді.

Қазіргі уақытта Қазақстанда ақ портландцемент өндірісі мүлде жоқ. Кеңес дәуірінде ақ және түрлі-түсті цементтерді Састөбе цемент зауыты шығарды. Оның жылдық қуаты шамамен 400 мың тоннаны құрады, бұл оны КСРО-дағы ең ірі сәндік цемент өндіруші зауытқа айналдырды. Қазіргі уақытта «Sastobe Technologies» ЖШС ақ клинкер мен цемент өндірісін қалпына келтіру жұмыстарын жүргізуде, себебі бұл өнімдердің қажетті көлемі Иран мен Түркиядан импортталады. Импортталған ақ цементтің бір тоннасының құны шамамен 90000-100000 теңгені құрайды, бұл құрғақ құрылыс қоспаларын өндіру құнын айтарлықтай арттырады. Алдын ала маркетинг республикада ақ портландцементке деген сұраныстың өте жоғары екенін және бұл материалды өндіруді жолға қою (немесе қалпына келтіру) қажет екенін көрсетті.

ГОСТ 965-89 бойынша өндірілген ақ портландцемент - ұсақ ұнтақталған ақ клинкерін гипс және ақ минералды қоспалармен араластырып жасаған. Түрлі-түсті цемент - ГОСТ 15825-80 (GOST 15825-80) бойынша қосылған бояғыштар немесе пигменттердің қатаң реттелетін мөлшерімен ақ клинкерді ұнтақтау арқылы өндірген. Ақ цементтің ерекше белгілеріне оның жоғары ақтығы, түсінің әртүрлілігі және тонусының тазалығы жатады. Ақтығына байланысты цементтер үш сұрыпқа бөлінеді: БЦ-1, БЦ-2 және БЦ-3. Абсолютті шкала бойынша шағылысу коэффициентімен анықталатын ақтығына сүйене отырып, ақ портландцемент үш сортқа бөлінеді: 1-сұрып (80 %), 2-сұрып (75 %) және 3-сұрып (70 %). Ақ портландцемент клинкерін өндірудің негізгі ерекшелігі - бояғыш қоспалардың, ең алдымен темір, марганец және хром қосылыстарының

мөлшерін азайту қажеттілігінде. Темір оксиді клинкер түсіне ерекше әсер етеді, себебі темір құрамдас қосылыстар түрлі-түсті фазалардың пайда болуына ықпал етеді. Сондықтан жоғары тазалықтағы әктас, каолин, кварц құмы және бояғыш оксидтерінің деңгейі төмен басқа да шикізат дәстүрлі түрде жоғары ақтықтағы клинкерді өндіру үшін қолданылады.

Әдеби шолу. Ақ портландцемент алуда іргелі зерттеу жұмыстарды Moresova K. және басқа ғалымдар жүргізген. Ғалымдар ақ клинкер өндіруде тек жоғары сапалы шикізат қана емес, сонымен қатар процесті оңтайландыру, күшейткіштерді пайдалану және салқындату жағдайларын реттеу қажеттігін атап өткен. Олар шикізат қоспасында темір мөлшерін азайту, күйдіру кезінде сұйық фазаның мөлшерін төмендететінін, осы арқылы күйдіру процесі қиындап энергия шығындарының артуын анықтаған (Moresova et al., 2001). Leon-Reina L. және басқа зерттеушілер ақ және сұр портландцемент клинкерлердің минералогиялық құрамын Ритвельд әдісімен салыстыру кезінде ақ клинкер негізінен C_3S , C_2S және C_3A минералдарынан тұратынын, ал C_4AF айқын бояғыш минерал екендігін дәлелдеген (Leon et al., 2009). Ал Vazquez-Acosta F. және басқалар ақ клинкер алуда темірдің әсерін толық зерттеген. $C_3A-Fe_2O_3$ жүйесіндегі темір мөлшеріне ғана емес, күйдіру температурасы, салқындату жағдайы нақтылаған. 1370 °C температурада темір C_3A құрылымына негізінен тетраэдрлік координацияда енгізілуі мүмкіндігі, температура 1400 °C дейін көтерілген сайын темірдің құрылымдық күйінің өзгеруі байқалған. Fe^{3+} октаэдрлік позицияларға ауысып, түстің айтарлықтай өзгеруімен қатар жүрген. Химиялық құрамы бірдей темірі бар фазалардың минералогиялық құрылымы клинкердің оптикалық қасиеттеріне айтарлықтай әсер берген. Fe_2O_3 шектеудің орнына оның клинкер фазаларында байланысу жағдайларын ескеру оның ақ цемент өндірісі үшін шикізат базасын кеңейту мүмкіндігін көрсеткен (Vazquez-Acosta et al., 2012).

Халықаралық әдебиеттерде ғалымдар шикізатты таңдауға айтарлықтай көңіл бөлген. Олар ақ портландцемент өндірісі үшін әдетте Fe_2O_3 , Mn_2O_3 , Cr_2O_3 және басқа да бояғыш оксидтердің минималды мөлшері бар әктас және саз компоненттерді қолданған. Шикізаттың жоғары тазалығы технологияға қойылатын негізгі талаптардың бірі болып табылады. Қытай ғалымдарының Na_3AlF_6 ақ портландцемент клинкерінің ақтығына әсерін зерттеген. Олар жоғары сапалы шикізаттың азаюы ақ цемент өндірушілері үшін күрделі мәселеге айналып бара жатқанын атап көрсетіп, темірдің бір бөлігін аз түс беретін фазаларға байланыстыруға мүмкіндік беретін күйдіру жағдайлары мен минералдандырғыш құрамдарды әзірлеген. Осы арқылы әктас қоры аз, бірақ химиялық құрамы ақ цемент өндірісіне қойылатын қатаң талаптарға сай келмейтін аймақтар үшін перспективалы тәсілді зерттеген (Li et al., 2021).

Ақ клинкер өндірісі технологиясын жетілдірудің ең мұқият зерттелген салаларының бірі - минералдандырғыштарды пайдалану. Олардың негізгі қызметі - қатты фазалы реакцияларды жеделдету, сұйық фазаның түзілу температурасын төмендету және негізгі клинкер минералдарының түзілуін жақсарту. И.Ф. Пономорев және басқалар бұрын минералдандырғыш агенттердің ақ

портландцемент клинкерін өндіруге әсерін зерттеген. Ал минералдандырғыштар бойынша зерттеулердің үлкен көлемін К. Моресова мен Ф. Шквара жасаған. Олар фтор қосылыстарын, әсіресе CaF_2 қолдану күйдіру процесін күшейтетінін зерттеген. Минералдандырғыштарды қолдану шикізат қоспаның күйдіру температурасын төмендетіп, алитті түзуді жеделдете алатыны көрсеткен. Кейбір минералданған жүйелер үшін ақ клинкердің шамамен 1350–1400 °C температурада, яғни дәстүрлі ақ клинкерді күйдіру температурасынан шамамен 200 °C төмен пайда болу мүмкіндігі туралы қорытынды жасаған. Химиялық тұрғыдан алғанда, минералдандырғыштардың тиімділігі төмен температуралы сұйық фазаның пайда болуымен және компоненттердің қозғалғыштығының артуымен байланысты. Бұл CaO , SiO_2 және Al_2O_3 арасындағы диффузиялық процестерді жеделдетеді және C_3S түзілуіне ықпал етеді (Moresova et al., 2003).

Авторлар клинкер шихта құрамына ZnO қосу көрінетін жарықтың шағылысуын арттыратын, жарықтық индексін (L^*) арттыра алатынын және сарғыштық индексін (b^*) төмендете алатынын анықтады. ZnO қосу Fe_2O_3 құрамы салыстырмалы түрде жоғары болғанның өзінде клинкердің көрнекі ақтығын арттыруға ықпал ете алады. Мырыш негізінен аморфты және анықтау қиын кристалды фазада таралады және ішінара силикат фазаларына да енеді. ZnO ендіру C_3S -тің белгілі бір полиморфты формаларының тұрақтануына ықпал етеді, C_3A кристалдануын өзгертеді және аморфты компоненттің мөлшерін арттырады. Сонымен қатар, клинкер минералдарындағы темірдің байланысы артады, бұл C_4AF түзілуін азайтады және ақтыққа оң әсер етеді (Li et al., 2021).

2026 жылы Mend және басқалар CaF_2 минерализатор ретіндегі әсер ету механизмі егжей-тегжейлі қарастырған. Олар CaF_2 клинкердің түзілу температурасын бірнеше механизмдердің тіркесімі арқылы төмендете алатынын көрсеткен: кристалдық тор ақауларының түзілуі, жеделдетілген диффузия және сұйық фазаның ертерек түзілуі. Ең маңыздысы, мұнда F^- силикат фазаларындағы құрылымдық алмастыруларға қатыса алады және кальций қосымша көп түзілуіне ықпал етеді. Бұл иондардың қозғалғыштығын арттырады және C_2S -тің C_3S -ке айналуын жеңілдетеді. Сонымен қатар, CaF_2 сұйық фазаның балку температурасы мен тұтқырлығын төмендетеді, жүйеде масса алмасуды жақсартады. Авторлар зерттелген жүйелерде CaF_2 оңтайлы мөлшері шамамен 1-3 % екенін, бірақ қоспаның тиімділігі шикізат қоспасының құрамына және басқа оксидтердің болуына айтарлықтай байланысты екенін атап өткен. Бұл тәсіл - өнеркәсіптік қалдықтардан алынған CaF_2 пайдалану, ресурстарды үнемдеу және тиімді экономика қағидаларына сәйкес келеді (Mend et al., 2026).

Қорытындылай келе, қазіргі заманғы ақ портландцемент өндірісіндегі негізгі ғылыми қиындық – Fe_2O_3 құрамы төмен, жоғары таза шикізатты пайдалану қажеттілігі мен энергия мен материал шығындарын азайту мүмкіндігінде. Клинкер фазаларының түзілуін және темірдің мөлшерін бақылау үшін минералдандыратын және модификациялайтын қоспаларды пайдалана отырып, шикізат қоспасының оңтайлы құрамын әзірлеу перспективалы шешім болып табылады. Сондықтан, шикізат қоспасының компоненттерінің оңтайлы

қатынасын анықтауға, минералдандырғыштардың клинкердің түзілуіне әсерін зерттеуге, оңтайлы күйдіру температурасы мен салқындату жағдайларын анықтауға және фазалық құрам Fe_2O_3 құрамы мен алынған клинкердің ақтығы арасындағы байланысты анықтау өзекті мәселенің айқындығын негіздейді

Материалдар мен зерттеу әдістері. Бос байланыспаған CaO мөлшерін анықтау. Күйдіріліп алынған клинкер сапасын анықтаудың бірегей әдістеріне этилглицерат әдісі (GOST 5382-2019) жатады. Мұнда клинкер түзілу процесінің толық аяқталуы мен оның құрамындағы негізгі минералдардың түзілуі нақтыланады. Әдіс этиленгликоль ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$) спирт ерітіндісінде бос CaO ерітуге, алынған $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ерітіндісін индикатор арқылы фенолфталеиннің қатысуымен стандартты тұз қышқылы HCl ерітіндісімен титрлеуге арналған. CaO байланысқан түрлері силикаттар мен алюминаттармен аналитикалық жағдайларда ерімейді. Талдауды жүргізу үшін этиленгликоль, тұз қышқылының ерітіндісі $\text{HCl}=0,1$ моль/ дм^3 , фенолфталеин, спирт ерітіндісі, дистилденген су (H_2O) және сүзгілеуші қағаз, $\pm 0,0002$ г дәлдіктегі аналитикалық таразы, $V=250$ мл көлемді конустық колба, $V=25$ немесе 50 мл көлемде бюретка, градуацияланған цилиндр, жылытқыш плита және суға жалғанған мұздатқыш колба, шыны араластырғыш таяқша қажет. Талдау жүргізу кезінде біріншіден клинкерді өлшемі №008 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 колбаға салып, оған көлемі 50 мл этиленгликоль ерітіндісін құяды. Колбаны мұздатқышқа қосып, төменгі бөлігінде жылытқыш плитада $60-80$ °C температураға дейін қыздырып, араластырады. Жалпы қыздыру уақыты $20-30$ минут жеткілікті. Ерітіндіні бөлме температурасында салқындатып, оған $2-3$ тамшы фенолфталеин индикаторын тамызады. Сосын алынған ерітіндінің қызғылт түсі жойылғанша тұз қышқылымен (HCl) титрлейді, титрлеу кезінде колбаны шайқап тұруды қажет етеді. Нәтижесінде титрлеуге жұмсалған қышқыл көлемін жазып, төмендегі келтірілген формуламен есептеу жүргізіледі. Осылайша клинкер құрамындағы байланыспаған бос CaO мөлшері $\text{CaO}_{\text{бос}} = V \cdot C \cdot 0,028 \cdot 100/m$ теңдеуімен анықталады (Makarova, et al., 2011).

Цементтің ақтығы R3-TBMS-M ұнның ақтығын өлшейтін құралды пайдаланып анықталды. Ұнтақталған материалдардың ақтығын бағалаудың бұл әдісі тығыздалған-тегістелген ұнтақ бетінің спектрінің жасыл бөлігіндегі (540 ± 50 нм диапазонында) диффузиялық шағылысу коэффициенттерін өлшеуді қамтиды. R3-TBMS-M ұнтақтың ақтығын өлшейтін құрал ұнтақтың ақтығын өлшеуге арналған. Ақтық 45° /дифференциалды геометрияда алынған аймақтық диффузиялық шағылысу коэффициентімен анықталады және нәтиже аспап экранында екі сан ретінде көрсетіледі: бірінші сан - пайызбен көрсетілген диффузиялық шағылысу коэффициенті, ал екінші сан кез келген бірліктермен көрсетілген ақтықты білдіреді. Аспаптың өлшеу көлемі ұнтақ үлгісінің көлемінен оптикалық мөлдір шыны пластинамен бөлінген фотометриялық жарты шар тәрізді камерада тұрады, ол оған орналастырылған ұнтақ үлгілері үшін бекітілген позицияны сақтайды. Толқын ұзындығы 540 нм болатын жасыл

жарық диодты шамның жарығы ұнтаққа пластинаға 45° бұрышпен түседі, ал ұнтақ пен жарты шардан бірнеше рет шағылысудан пайда болған шашыраңқы сәуле фотодетекторға бағытталады. Фотодетектордан келетін электр сигналы электронды түрде өңделеді және сандық индикаторда көрсетіледі. Өлшенген нәтиже шашыраңқы сәулелену деңгейіне, яғни үлгінің ақтығына, тазалығына, гранулометриясына және түсіне байланысты болады (Abdullin et al., 2025).

Нәтижелер мен талқылаулар. Бастапқы шикізат материалдардың химиялық құрамы (Amangeldi et al., 2026) мақалада көрсетілген. Аталған шикізат материалдарды пайдаланып ақ портландцемент клинкер алу үшін төмендегідей екі компонентті шикізат шихта құрамдары дайындалды және күйдірілді:

- 1) «Әктас + электротермофосфор шлағы»;
- 2) «Әктас + каолин Ангрен»
- 3) «Әктас + каолин Көкшетау»

Әртүрлі шикізат қоспаларының құрамының, қанығу коэффициенті (ҚК) және модульдердің, күйдіру температурасының СаО-ның байланысу процесіне және клинкерлердің ақтығына әсері бойынша нәтижелері 1–3 кестелерде келтірілген.

«Әктас + электротермофосфор шлағы» шикізат қоспа күйдіру температурасының СаО байланысу процесіне және клинкерлердің ақтығына әсері нәтижелері 1 кестеде көрсетілген.

Кесте 1. «Әктас + электротермофосфор шлағы» шикізат қоспа күйдіру температурасының СаО байланысу процесіне және клинкерлердің ақтығына әсері.

қоспа	Шикізат қоспа құрамы, сал. %		ҚК	Модульдер		Бос СаО мөлшері, %		Ақтық дәрежесі, % T=1450 °C	№008 електегі қалдық, % T=1450 °C
						Т күйдіру температурасында, °C			
	Әктас	Электро термофосфор шлағы		n	p	1450	1500		
1	56,65	43,35	0,88	8,1	5,5	0,33	-	70,6	2,3
2	57,52	42,48	0,90	8,07	5,43	0,66	-	75,2	2,6
3	58,35	41,65	0,92	8,05	5,36	1,32	-	72,2	5,3
4	59,54	40,46	0,95	8,01	5,25	1,65	1,82	76,2	5,4
5	60,67	39,33	0,98	7,97	5,15	1,98	2,15	73,7	5,6

Екі компонентті «Әктас + электротермофосфор шлақ» шикізат қоспасында темір оксидінің төмен мөлшеріне байланысты силикатты модулі шамамен 8-ге дейін артады, ал алюминий оксидінің глинозем модулі де жоғары, 5-тен асады. Клинкердің бір тоннасына шаққандағы теориялық меншікті шикізат шығыны 1,33–1,36 т/т дейін төмендеді, бұл материалды күйдіру температурасына дейін қыздыру үшін қажетті жылуды да азайтады. Шикізат қоспасындағы Fe_2O_3 есептелген мөлшері 0,36 %, ал клинкерде 0,48 % құрайды. Нәтижесінде клинкерде C_4AF минералы 1,47 % түзілді.

1450 °C температурада әктас пен фосфор шлақ шикізат қоспаларын

күйдіру арқылы алынған ақ клинкерлердің ақтық дәрежесі 70,6–76,2 % құрады және бұл 2 және 3 сұрыпты ақ цементтерді береді. Екі компонентті «Әктас + электротермофосфор шлагы» шикізат қоспасы жақсы күйдірілді. 1450°C температурада клинкер минералдарының түзілуі және бос СаО толықтай байланысу анықталды. Қанығу коэффициенті 0,95–0,98 жоғары мәндерінде бос СаО мөлшері 1,65–1,98 % аралығында болады. Қанығу коэффициентінің мәні клинкерді күйдіру кезінде СаО байланысуы процесіне тікелей түрде әсер етеді: ҚК мәнінің артуымен күйдіру процесі қиындайды, бос СаО мөлшері жоғарылайды. Клинкердің ақтық дәрежесі үшін оңтайлы мәндері ҚК=0,9 және 0,95 болды, мұндағы ақтық көрсеткіш 75–76 % құрайды.

Өзбекстаннан алынған байытылмаған каолинмен «Әктас + каолин Ангрен» шикізат қоспасында Fe_2O_3 мөлшері 0,21–0,3 % құрады, ал ақ клинкердегі C_4AF минералының көрсеткіші 1,27–1,39 % түзетіндігі есептелді. Бұл «Әктас + электротермофосфор шлагы» шикізат қоспасымен салыстырғанда, силикат модулі айтарлықтай төмен – 3,13–3,14, ал алюминий оксидінің глинозем модулі әлдеқайда жоғары – 13,6–14,6 болды.

«Әктас + каолин Ангрен» шикізат қоспа күйдіру температурасының СаО байланысу процесіне және клинкерлердің ақтығына әсері нәтижелері 2 кестеде көрсетілген.

Кесте 2. «Әктас + каолин Ангрен» шикізат қоспа күйдіру температурасының СаО байланысу процесіне және клинкерлердің ақтығына әсері.

қоспа	Шикізат қоспа құрамы, сал. %		ҚК	Модульдер		Бос СаО мөлшері, %	Ақтық дәрежесі, % T=1450 °C	№008 електегі қалдық, % T=1450 °C
	Әктас	каолин Ангрен		n	p	Т күйдіру температурасында, °C 1500		
1	78,26	21,74	0,88	3,14	14,58	0,27	81,0	6,3
2	78,59	21,41	0,90	3,14	14,38	0,27	79,6	8,8
3	78,92	21,08	0,92	3,13	14,18	0,54	82,2	6,4
4	79,38	20,62	0,95	3,13	13,9	0,54	85,0	7,2
5	79,83	20,17	0,98	3,13	13,63	1,22	81,3	7,0

«Әктас + каолин Ангрен» шикізат қоспасынан алынған ағартылған клинкерді №008 електегі қалдығы 6–8 % қалдыққа дейін ұнтақталды. 1500 °C температурада күйдірілген «Әктас + каолин Ангрен» шикізат қоспаларынан жасалған клинкерлердің ақтық дәрежесі 79,6–85 % құрады және 1-ші сұрыпты ақ портландцемент өндіруге жарамды екендігін көрсетті. ҚК=0,92 және 0,95 кезінде шикізат қоспалардың оңтайлы болып шыққандығын көрсетті. «Әктас + каолин Ангрен» шикізат қоспасы жоғары ҚК мәндеріне қарамастан жақсы күйдірілді. ҚК мәні артқан сайын ақ клинкерлердегі бос СаО мөлшері 0,27 %-дан 1,22 %-ға дейін жоғарлады. Алайда барлық мәндер талап бойынша белгіленген 2 %-дан жоғары емес.

«Әктас + каолин Көкшетау» шикізат қоспа күйдіру температурасының СаО байланысу процесіне және клинкерлердің ақтығына әсері нәтижелері 3 кестеде көрсетілген.

Кесте 3. «Әктас + каолин Көкшетау» шикізат қоспа күйдіру температурасының СаО байланысу процесіне және клинкерлердің ақтығына әсері.

қоспа	Шикізат қоспа құрамы, сал.%		ҚК	Модулдер		Бос СаО мөлшері, %		Ақтық дәрежесі, %		№008 електегі қалдық, %	
						Т күйдіру темпера- турасында, °С					
	Әктас	Каолин Көкшетау		п	р	1450	1500	1450	1500	1450	1500
1	76,06	23,94	0,88	3,13	20,36	0,88	0,54	83,3	75,7	12,3	3,8
2	76,42	23,58	0,9	3,13	19,98	1,41	0,54	81,5	84,5	2,52	10
3	77,27	22,72	0,95	3,12	19,08	1,68	0,81	81,5	79,7	7	10
4	77,76	22,24	0,98	3,12	18,57	-	1,75	-	82,4	-	9,5

1450°C және 1500°C температурада күйдірілген «Әктас + каолин Көкшетау» шикізат қоспаларынан жасалған клинкерлердің ақтық дәрежесі 75,7 %-дан 84,5 %-ға дейін өзгереді, бұл 1-ші сұрыпты ақ портландцемент алуға жарамды екендігін көрсетті. Күйдіру температурасы 1500°C-қа дейін көтерілген кезде байланыспаған СаО мөлшері 0,54–0,81 %-ға дейін нәтижені көрсетті. Нәтижесінде бос СаО-ның клинкер минералдарымен байланысуы ГОСТ 31108-2020 (GOST 31108-2020) бойынша белгіленген 2 %-дан жоғары емес екендігі анықталды. Клинкердің ақтығы мен күйдіру температурасы арасындағы тұрақты байланысты анықтауға мүмкін болмады.

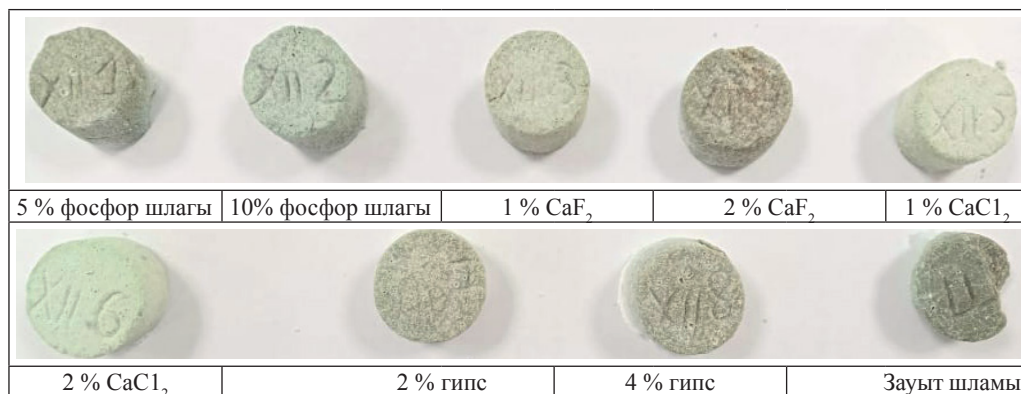
Екінші сериялы тәжірибеде «Sastobe Technologies» ЖШС зауыттың шикізат шламынан дайындалған шикізат қоспасына әртүрлі қоспалармен араластыру арқылы клинкер күйдіру процестерін зерттедік. Шламның құрамы «Байытылған әктас + Көкшетау каолин + кварц құмы» тұратын еді. Зауыттың шламына минерализатор ретінде қосылған қоспалардың құрамына 1 және 2 % СаF₂, 1 және 2 % СаCl₂, 2 және 4 % гипс және 5 және 10 % фосфор шлағы ендірілді.

«Sastobe Technologies» ЖШС зауыттың шламының химиялық құрамы мен модулі келесідей: СаО - 47,91 %, Al₂O₃ - 3,68 %, Fe₂O₃ - 0,6 %, SiO₂ - 16,14 %. Барлығы: 68,33 %. W=39,8 %. ҚК=0,92, n=3,77, p=6,19. Ал түзілген клинкер минералдары C₃S - 46,82%, C₂S - 10,95%, C₃A - 8,79%, C₄AF - 1,82 %. Барлығы: 68,38%. Алдын ала кептірілген зауыт шламына минерализатор қоспасы қосылды. Шлам мен минерализатор қоспалар фарфор ыдыста 1 минут бойы ұнтақталған, содан кейін араластырылған. Бұл қоспаның біртектілігін қамтамасыз етеді. Дайындалған қоспалардан таблеткалар жасалды. Күйдіру 1450°C және 1500°C температурада 2,5 сағат бойы жүргізілді. Зауыт шламына минерализаторлар қосылған зертханалық күйдіру нәтижелері 4 кестеде келтірілген.

Кесте 4. Зауыт шламына минерализаторлар қосылған зертханалық күйдіру нәтижелері.

№	Минерализатор қоспалары, %	T=1500 °C күйдіру температурасында бос СаО мөлшері, %	Ақтық дәрежесі, %
1	Зауыт шламы	8,91	71,5
2	Зауыт шламы + 2 % гипс	8,75	85,6
3	Зауыт шламы + 4 % гипс	9,45	82,9
4	Зауыт шламы + 5 % электротермофосфор шлағы	3,95	78,7
5	Зауыт шламы + 10 % электротермофосфор шлағы	2,02	77,9
6	Зауыт шламы + 1 % СаF ₂	10,4	88,7
7	Зауыт шламы + 2 % СаF ₂	5,1	83,2
8	Зауыт шламы + 1 % СаCl ₂	11,2	85
9	Зауыт шламы + 2 % СаCl ₂	10,1	86,2

1450°C температурада күйдірілген таблеткалар ағартудан кейін ұсақталды. 1500°C температурада күйдірілген зауыттық шламда бос СаО мөлшері барлық мүмкін стандарттардан асып түсті және 8,91 % құрады. Минерализаторлар қосылған зауыт шламнан күйген клинкерлердің жалпы көрінісі 1 суретте көрсетілген.



Сурет 1. Минерализаторлар қосылған зауыт шламнан күйген клинкерлердің жалпы көрінісі.

Осылайша, шламның ҚҚ және модулі өте қолайлы болып көрінді. Зерттелген минерализаторлардың ішінде гипс, СаCl₂ және 1 % СаF₂ клинкерді күйдіру процесіне минералдандыруды жылдамдататын әсер етпеді. 5 және 10 % фосфор шлағы мен 2 % СаF₂ қосу белгілі бір әсер етті. Осы қоспалары бар клинкерлерде бос СаО мөлшері 2 және 5 % дейін азайды. 100%-дан жоғары зауыттық шламға 5 және 10 % фосфор шлағының қосылуы қоспаның қанығу коэффициентін төмендетіп, клинкерді күйдіру процестерін жақсартты. Түйіршіктелген шламдағы фтордың да күйдіру процесінде минералдандыруды жылдамдататын әсері болды деп болжауға болады. Сонымен қатар, минерализаторлар қосылған

барлық ақаулы клинкерлердің ақтығын бақылау клинкеріне қарағанда жоғары және 85-88 % құрайды. Нәтижесінде, «Sastobe Technologies» ЖШС зауыттыңда орындалған ақ клинкер алу бойынш жүргізілген зерттеу сәтсіз жүргізілді. Алайда зауыт шламына қосылған минерализаторлардың клинкердің ақтық дәрежесін арттыруда тиімділігін берді.

Қорытынды. Зерттеу жұмысының нәтижесінде келесідей қорытынды жасалды:

1. «Әктас + электротермофосфор шлагы» шикізат қоспаларынан жасалған, 1450°C температурада күйдірілген клинкерлердің ақтық дәрежесі 70,6-76,2 % болды. Клинкердің ақтық дәрежесі үшін оңтайлы мәндері ҚК=0,9 және 0,95 көрсетті. Клинкерлердің ақтық көрсеткіш 75-76 % болды және 2-ші сұрыпты ақ портландцемент өндіруге мүмкіндік береді. Клинкердегі ҚК мәні артқан сайын бос СаО мөлшері 0,33 %-дан 1,98 %-ға дейін жоғарлағаны анықталды.

2. «Әктас + каолин Ангрен» шикізат қоспаларынан жасалған, 1500°C температурада күйдірілген клинкерлердің ақтық дәрежесі 79,6-85% болды. Бұл көрсеткіш 1-ші сұрыпты ақ портландцемент өндіруге мүмкіндік береді. ҚК=0,92-0,95 шикізат қоспалары оңтайлы болып табылады. «Әктас + каолин Ангрен» шикізат қоспасы жоғары ҚК мәндеріне қарамастан жақсы күйдірілді. Клинкердегі ҚК мәні артқан сайын бос СаО мөлшері 0,27 %-дан 1,22 %-ға дейін артқандығы анықталды.

3. «Әктас + каолин Көкшетау» шикізат қоспаларынан жасалған, 1500°C температурада күйдірілген клинкерлердің ақтық дәрежесі 75,7-84,5% болды. Бұл көрсеткіш 1-ші сұрыпты ақ портландцемент өндіруге мүмкіндік береді. ҚК=0,90-0,95 шикізат қоспалары оңтайлы болып табылады. «Әктас + каолин Көкшетау» шикізат қоспасы жоғары ҚК мәндеріне қарамастан жақсы күйдірілді. Клинкердегі ҚК мәні артқан сайын бос СаО мөлшері 0,54 %-дан 0,81 %-ға дейін жоғарлады. Нәтижесінде бос СаО-ның клинкер минералдарымен байланысуы ГОСТ 31108-2020 бойынша белгіленген 2 %-дан жоғары емес және ГОСТ 965-89 бойынша 1-3 сұрыпты ақ клинкер алуға толық мүмкіндік беретіндігі анықталды.

4. «Sastobe Technologies» ЖШС зауыт шламына 1 және 2 % СаF₂, 1 және 2 % СаCl₂, 2 және 4 % гипс және 5 және 10 % фосфор шлагы минерализаторларын қосу арқылы ақ портландцемент клинкер алу зерттелді. 1500°C температурада күйдірілген клинкерлердің бос СаО-ның клинкер минералдарымен байланысу мөлшері СаО_{бос}=2,02-11,2 % болды (2 %-дан жоғары), алынған клинкердің ақтық дәрежесі 71,5-88,7 % екендігі анықталды. Алайда клинкердің ақтық дәрежесі жоғары болғаны мен оның сапасы ГОСТ 31108-2020 талабына сәйкес келмейтіндігі дәлелденді.

References

Abdullin A., Zhanikulov N., Taimasov B., Potapova E., Alfereva Y., Ksenofontov D., Zhakipbayev B. (2025). Obtaining Composite Zinc Phosphate Cement with the Addition of Phosphoric Slag. Journal of Composites Science. – No. 9. – P. 200. <https://doi.org/10.3390/jcs9050200> (in Eng.).

Amangeldi B., Zhanikulov N., Taimasov B., Aitureev M., Dauletiyarov M. (2026). Ak portlandcement klynkerin alu usin sikizat sixta quramin esep Tew [Calculation of the raw material composition for obtaining

white Portland cement clinker]. Academic journal of physical and chemical sciences. – No.1. – P. 251–266. <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.418> (in Kaz.).

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*. – No. 9. – 269 p. <https://doi.org/10.3390/jcs9060269> (in Eng.).

Arusmalem G., Damar H.P., Bing S., Prasetya A. (2022). Comparison of Compressive Strength of Concrete using white Portland cement with Gray cement. *Journal Teknik sipil & perencanaan*. – No. 24. – P. 1-7. <https://doi.org/10.15294/jtsp.v24i1.32390> (in Eng.).

GOST 15825-80 (1993). Portland tsement tsvetnoy. Tekhnicheskkiye usloviya [Colored Portland cement. Specifications]. Publishing House of Standards. Moscow: Russia. – 6 p. (in Russ.).

GOST 31108-2020 (2019) Tsementy obshchestroitel'nyye. Tekhnicheskkiye usloviya [General construction cements. Technical specifications.]. Standard Inform Publishing House: Moscow, Russia. – 18 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.).

Leon-Reina L., De la Torre A.G., Porras-Vazquez J.M., Cruz M., Ordonez L.M., Alcobe X., Gispert-Guirado F., Larranaga-Varga A., Paul M., Fuellmann T., Schmidt R., Aranda M.A.G. (2009). Round robin on Rietveld quantitative phase analysis of Portland cements. *Journal of Applied Crystallography*. – No. 42. – P. 906-916. <https://doi.org/10.1107/S0021889809028374> (in Eng.).

Li J., Cheng G., Huang S., Lian P. (2021). Effect of ZnO on the whiteness of white Portland cement clinker. *Cement and Concrete Research*. – No. 143. – P. 106372. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2021.106372> (in Eng.).

Li J., Yao Y., Huang S., Wu C. (2021). Effect of Na_3AlF_6 on the chroma and mineral compositions of the interstitial phase in white Portland cement clinker. *Construction and Building Materials*. – No. 308. – P. 125034. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125034> (in Eng.).

Makarova I.A., Likhova N.A. (2011) Fiziko-khimicheskkiye metody issledovaniya stroitel'nykh materialov [Physico-chemical methods of research of building materials]. BSU edition: Belarus. – No. 2011. – 139 p. (in Russ.).

Mend B., Lee Y., Kwon D.-Y., Kim J.-H. J., Chu Y.-S. (2026). Calcium fluoride as an efficient mineralizer for low-temperature portland cement clinkering: a mechanistic mini review. *Frontiers in Materials*. – No. 13. – P. 1779429. <https://doi.org/10.3389/fmats.2026.1779429> (in Eng.).

Moresova K., Skvara F. (2001). White cement – Properties, manufacture, prospects. *Ceramics-Silikaty*. – No. – P.158-163.

Moresova K., Skvara F., Ullrich B. (2003). Gypsum-free Portland cement based on white cement clinker. *Ceramics-Silikaty*. – No. 47. – P. 75-80. (in Eng.).

Vazquez-Acosta F., Torres-Martinez L.M., Lopez-Conzalez W., Ibrara-Rodriguez J. (2012). Influence of iron content on the color of the $\text{C}_3\text{A}-\text{Fe}_2\text{O}_3$ system synthesized under different conditions of temperature, atmosphere and cooling. *Ceramics International*. – No.38. – P. 3261-3272. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2011.12.032> (in Eng.).

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty)

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

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

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

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

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

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Requirements for articles design for publication in the journal are available on the websites:

www.nauka-nanrk.kz

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

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

Managing Editor: T. Apendiev
Editors: D.S. Alenov, A.Shormakova
Computer layout: G.D. Zhadyranova

Signed for print: September 29, 2026
Format: 70×90 1/16. 34.5 printed sheets. Order No. 3.

*«Central Asian Academic Research Center» LLP
Almaty, Shevchenko Street, 28*