

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



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»
ЧФ «Халык»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN
«Halyk» Private Foundation

SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
4 (457)

SEPTEMBER – DECEMBER 2023

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK



ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в Astana IT University, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «USTEM Robotics» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «Almaty Digital Ustaz».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится

работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и Wos и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,
Благотворительный Фонд «Халык»!**

Бас редактор:

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

Редакция алқасы:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы»

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

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

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тиражы: 300 дана.

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

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы РҚБ, 2023

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

Главный редактор:

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

Редакционная коллегия:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

«Известия НАН РК. Серия химии и технологий».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

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

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

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

Периодичность: 4 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

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

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

© РОО Национальная академия наук Республики Казахстан, 2023

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

Editor in chief:

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

Editorial board:

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

AGABEKOV Vladimir Enokovich (deputy editor-in-chief), doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of Chemistry of new materials (Minsk, Belarus) H = 13

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. **KZ66VPY00025419**, issued 29.07.2020.

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

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 300 copies.

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

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

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2023

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

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224–5286

Volume 4. Number 457 (2023), 7–18

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1491.188>

UDC 666.763

© A. Abdullin¹, N. Zhanikulov^{2*}, B. Taimasov¹, E. Potopova³, A. Raisova², 2023

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

²Academician E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan;

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

E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru

INVESTIGATION OF THE MICROSTRUCTURE OF SYNTHESIZED ZINC-PHOSPHATE CEMENT CLINKER

Abdullin Aidana — PhD student, M. Auezov South Kazakhstan university, Avenue Tauke-Khan, 5, 160012, Shymkent, Kazakhstan

E-mail: aidana_gkz@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4690-5441>;

Zhanikulov Nurgali — Doctor of PhD, associate professor, Karaganda university of the name of academician E.A. Buketov, Universitetskaya street, 28, 100028, Karaganda, Kazakhstan

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

Taimasov Bahitzhan — Doctor of technical sciences, Professor, M. Auezov South Kazakhstan university, Avenue Tauke-Khan, 5, 160012, Shymkent, Kazakhstan

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

Potopova Ekaterina — Doctor of technical sciences, Professor, D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology, Miusskaya sq., 9, 125047 Moscow, Russia

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

Raisova Aigerim — master, teacher, Karaganda university of the name of academician E.A. Buketov, Universitetskaya street, 28, 100028, Karaganda, Kazakhstan

E-mail: raisova.aigerim@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5900-0326>.

Abstract. The scientific article shows the results of a study of the influence of additives on the structure and burning process of synthesized zinc-phosphate cement clinker. The process of grinding raw materials and phosphorus slag has been studied, the specific surface area of the materials and the average particle sizes in the composition have been determined. As a result of grinding, the specific surface area of zinc oxide was 1756 cm²/g, magnesium oxide was 7788 cm²/g, silicon dioxide was 2615 cm²/g, bismuth (III) oxide was 2774 cm²/g, grinding of phosphorus slag after 5 hours was 1104 cm²/g. Depending on the properties of the raw materials, 5 compositions of mixtures of zinc-phosphate cements have been developed. The synthesis process of the developed mixture was carried out at a temperature of 1000-1100 °C. The degree of whiteness of the synthesized zinc phosphate cement clinker was determined, the result was 84.4–97.8 %. During the synthesis process, the formation of phase compounds Zn₂MgO₃, Zn₂SiO₄ and Mg₂SiO₄, ZnO-Bi₂O₃ or MgO-Bi₂O₃ in cement clinker was established. Microanalysis

of zinc-phosphate cement clinker was ZnO - 85.66 %, CaO - 0.57 %, SiO₂ - 4.36 %, Al₂O₃ - 0.64 %, MgO - 7.37 %, Bi₂O₃ - 1.4 %. Radioactive elements such as U, Th, Ra and heavy elements Cu, Pb, Be were not found in the clinker. As a result of microscopic analysis, it was found that the most common phase of zinc phosphate cement clinker is the mineral zincite (ZnO), while the minerals ganite (ZnAl₂O₄), periclase (MgO) and kotoite (Mg₃Bi₂O₆) occur in small quantities. ZnO grains have a subspherical shape with a relatively flat surface. The inner surface of small granules is dense, without obvious porosity. During elemental analysis, it was found that the element Mg is included in the mineral structure of zincite (ZnO).

Keywords: zinc-phosphate cement, burn of compositions, synthesis, composite material, microstructure

© А. Абдуллин¹, Н. Жаникулов^{2*}, Б. Таймасов¹, Е. Потопова³,
А. Раисова², 2023

¹Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті,
Қарағанды, Қазақстан;

²М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан;

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

E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru

СИНТЕЗДЕЛГЕН МЫРЫШ-ФОСФАТТЫ ЦЕМЕНТ КЛИНКЕРІНІҢ МИКРОҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ

Абдуллин Айдана — PhD докторант, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тауке Хан даңғылы, 5, 160012, Шымкент, Қазақстан

E-mail: aidana_gkz@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4690-5441>;

Жаникулов Нурғали — PhD докторы, қауымдастырылған профессор, Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Университетская көшесі, 28, 100028, Қарағанды, Қазақстан
E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0750-9753>;

Таймасов Бахитжан — техника ғылымдарының докторы, профессор, М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Тауке Хан даңғылы, 5, 160012, Шымкент, Қазақстан
E-mail: taimasovukgu@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-1844-4932>;

Потопова Екатерина — техника ғылымдарының докторы, профессор, Д.И. Менделеев атындағы Ресей химиялық технология университеті, Миусская алаңы, 9, 125047, Мәскеу, Ресей.
E-mail: Potarova.e.n@muctr.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5796-2265>;

Раисова Айгерим — магистр, оқытушы, Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Университетская көшесі, 28, 100028, Қарағанды, Қазақстан
E-mail: raisova.aigerim@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5900-0326>.

Аннотация. Ғылыми мақалада синтезделген мырыш-фосфатты цемент клинкерінің құрылымы мен күйдіру процессіне қоспалардың әсерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Шикізат материалдар мен фосфор шлактардың ұнақталу процесі зерттелді, материалдардың меншікті үлестік беті мен композициядағы бөлшектердің орташа өлшемдері анықталды. Ұнтақтау нәтижесінде мырыш оксидінің меншікті үлестік беті - 1756 см²/г, магний оксиді - 7788 см²/г, кремний

диоксиді - 2615 см²/г, висмут (III) оксиді - 2774 см²/г болды, фосфор шлакты 5 сағат ұнтақтаудан кейін, механикалық белсендіру нәтижесінде үлестік беті - 1104 см²/г құрады. Шикізаттың қасиетіне байланысты мырыш-фосфатты цемент қоспаларының 5 құрамы әзірленді. Дайындалған қоспаны синтездеу процесі 1000-1100 °С температурада жүрді. Синтезделген мырыш-фосфатты цемент клинкердің ақ болу дәрежесі анықталды, нәтижесі 84,4–97,8 % көрсетті. Синтез процесі кезінде цемент клинкерінде Zn₂MgO₃, Zn₂SiO₄ және Mg₂SiO₄, ZnO-Bi₂O₃ немесе MgO-Bi₂O₃ фазалық қосылыстардың түзілуі анықталды. Мырыш-фосфатты цемент клинкерінің микроанализі ZnO - 85,66 %, CaO – 0,57 %, SiO₂ – 4,36 %, Al₂O₃–0,64 %, MgO–7,37 %, Bi₂O₃–1,4 % құрады. Клинкер құрамында U, Th, Ra сияқты радиоактивті элементтер және Cu, Pb, Be ауыр элементтер табылған жоқ. Микроскопиялық талдау нәтижесінде мырыш-фосфатты цемент клинкерінің ең көп таралған фазасы цинцит (ZnO) минералы, ал ганит (ZnAl₂O₄), периклаз (MgO) және котоит (Mg₃Bi₂O₆) минералдары аз мөлшерде кездесетіні анықталды. ZnO түйіршіктерінің салыстырмалы түрде тегіс беті бар, субсфералық пішінге ие. Ұсақ түйіршіктердің ішкі беті тығыз, айқын кеуектілігі жоқ. Элементтік талдау кезінде цинциттің (ZnO) минералдық құрылымына Mg элементі кіретіні анықталды.

Түйін сөздер: мырыш-фосфатты цемент, құрамдарды күйдіру, синтездеу, композициялық материал, микроқұрылым

© А. Абдуллин¹, Н. Жаникулов^{2*}, Б. Таймасов¹, Е. Потопова³

А. Раисова², 2023

¹Южно-Казахстанский университет им. Ауэзова, Шымкент, Казахстан;

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

³Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева.

E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ СИНТЕЗИРОВАННОГО ЦИНК-ФОСФАТНОГО ЦЕМЕНТНОГО КЛИНКЕРА

Абдуллин Айдана — докторант, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, проспект Тауке-Хана, 5, 160012, Шымкент, Казахстан

E-mail: aidana_gkz@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4690-5441>;

Жаникулов Нурғали — доктор PhD, ассоциированный профессор, Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, ул. Университетская, 28, 100028, Караганда, Казахстан

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

Таймасов Бахитжан — доктор технических наук, профессор, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, проспект Тауке-Хана, 5, 160012, Шымкент, Казахстан

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

Потопова Екатерина — доктор технических наук, профессор, Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Миусская площадь, 9, 125047, Москва, Россия.

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

Раисова Айгерим — магистр, преподаватель, Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова, ул. Университетская, 28, 100028, Караганда, Казахстан

E-mail: raisova.aigerim@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5900-0326>.

Аннотация. В научной статье приведены результаты исследования влияния добавок на структуру и процесс обжига синтезированного цинк-фосфатного цементного клинкера. Изучен процесс измельчения сырья и фосфорных шлаков, определены удельная поверхность материалов и средние размеры частиц в композиции. В результате измельчения удельная поверхность оксида цинка составила 1756 см²/г, оксида магния - 7788 см²/г, диоксида кремния - 2615 см²/г, оксида висмута(III) - 2774 см²/г, измельчения фосфористого шлака через 5 часов составила 1104 см²/г. В зависимости от свойств сырья разработаны 5 составов смесей цинк-фосфатных цементов. Процесс синтеза разработанной смеси проводился при температуре 1000-1100°C. Определена степень белизны синтезированного цинк-фосфатного цементного клинкера, результат составил 84,4–97,8 %. В процессе синтеза установлено образование фазовых соединений Zn₂MgO₃, Zn₂SiO₄ и Mg₂SiO₄, ZnO-Bi₂O₃ или MgO-Bi₂O₃ в цементном клинкере. Микроанализ цинк-фосфатного цементного клинкера составил ZnO–85,66 %, CaO–0,57 %, SiO₂–4,36 %, Al₂O₃–0,64 %, MgO–7,37 %, Bi₂O₃–1,4 %. Радиоактивные элементы, такие как U, Th, Ra и тяжелые элементы Cu, Pb, Be, в клинкере не обнаружены. В результате микроскопического анализа установлено, что наиболее распространенной фазой цинк-фосфатного цементного клинкера является минерал цинкит (ZnO), тогда как в небольших количествах встречаются минералы ганит (ZnAl₂O₄), периклаз (MgO) и котоит (Mg₃Bi₂O₆). Зерна ZnO имеют субсферическую форму с относительно плоской поверхностью. Внутренняя поверхность мелких гранул плотная, без явной пористости. В ходе элементного анализа установлено, что в минеральную структуру цинкита (ZnO) входит элемент Mg.

Ключевые слова: цинк-фосфатный цемент, обжиг составов, синтез, композиционный материал, микроструктура

Кіріспе

Мырыш-фосфатты цемент — мырыш металл оксиді (ZnO) мен магний оксиді (MgO) ұнтағын 1000–1300°C температурада күйдіру арқылы дайындалған ұнтақ пен фосфор қышқылының сулы ерітіндісінің (H₃PO₄) әрекеттесуі нәтижесінде қатаятын тұтастырғыш материал (Абдурахманов және басқ., 2016). Материалдың манипуляциялық және механикалық қасиеттеріне байланысты стоматологияда қолдану маңыздылығы жойылмаған. Мырыш-фосфатты цемент стоматологиялық цементтердің негізгі түрлерінің бірі болып табылады. 1880 жылы АҚШ-та цементтің алғашқы сәтті құрамы жасалған (Романенко және т.б., 2019). Содан бері мырыш-фосфат цементінің құрамы жетілдіріліп, тұтынушылық сұранысы тұрақты түрде артып келеді (Global, 2023). 2020 жылы мырыш-фосфатты цементтің әлемдік өндіріс деңгейі шамамен 1,2 миллион тоннаны құрады. MarketsandMarkets есебіне сәйкес, 2025 жылға қарай цементтің бұл түрінің әлемдік өндіріс көлемі 1,5 миллион тоннаға жетеді деген болжам бар (Global, 2022). Мырыш-фосфатты цементтің ірі өндірушілеріне Dentsply Sirona, Ivoclar Vivadent, 3M ESPE, GC Corporation, Kerr Corporation және т.б. ірі кәсіпорындар жатады. Мырыш-фосфатты цемент нарығы Қытай, Жапония, Үндістан сияқты Азия елдерінде, сондай-ақ, Солтүстік Америка

мен Еуропада қарқынды дамып келеді (Arun және басқ., 2023). Жалпы, мырыш-фосфатты цемент өндірісі стоматологиялық материалдар өндірісінде және басқа да салаларда маңызды болып табылады.

Мырыш-фосфатты цементтің қажетті қасиеттерін алу үшін күйдіру процессінде пайда болатын фазалық өзгерістердің маңыздылығы цемент құрамын синтездеудің өзекті екендігін көрсетеді. Синтезделген цементтің химиялық құрамы мен қасиеттеріне қойылатын талаптарға байланысты анықталады (Viani және т.б., 2017). Қазіргі таңда әлемдік зерттеушілер мырыш-фосфатты цементтің құрамын синтездеу, жаңа формулаларды анықтау бойынша зерттеулер жүргізілуде. Остиндегі Техас университетінің профессоры Джон В. МакДевит және оның зерттеу тобы, мырыш-фосфатты цементтің жаңа қоспалары мен олардың физика-механикалық қасиеттерін жақсартуға бағытталған технологияларды пайдалана отырып, цементтердің жаңа синтезделген құрамдарын жасап шығарған. Солтүстік Дакота университетінің профессоры Анил К. стоматология мен ортопедияда қолдану үшін мырыш-фосфатты материалдар негізінде биоүйлесімді цементтерге зерттеулер жүргізіп жатыр (Carlos және т.б., 2022). Мырыш-фосфатты цементтің гидратациялану процессі оны сұйықтықпен араластырғанда, ылғалданғаннан бастап жүреді. Бұл процесс кезінде мырыш оксидінің (ZnO) бөлшектері мен шыны түзетін фосфат иондары (PO_4^{2-}) сумен әрекеттесуі нәтижесінде цемент матрицасы пайда болады. Матрица мырыш оксиді мен судың фосфат иондары арасындағы реакция нәтижесінде түзілетін кальций фосфат гелінен тұрады (Jabri және т.б., 2012). Матрица стоматологиялық қолданбаларда тіс беттеріне немесе басқа материалдарға күшті адгезияны қамтамасыз етеді. Ол өңделген беттерді нығайтуда және қорғауда, құрылымдар мен қалпына келтірулердің ұзақ мерзімді тұрақтылығын қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарады (Leung және т.б., 2022).

Бұл зерттеу жұмыстың мақсаты – мырыш-фосфатты цемент құрамына фосфор шлагын ендіру арқылы синтездеу, қышқылмен реакцияға түсу кезінде гидратациялану процессін зерттеу, қатаю уақытын анықтау болып табылады.

Зерттеу жұмыстың жаңалығы – алғаш рет стоматологиялық цемент құрамына өндіріс қалдығы – фосфор шлакты ендіру мүмкіндігін зерттеу. Фосфор шлактың мырыш-фосфатты цемент сапасы мен гидратациясына әсерін анықтау болып табылады.

Материалдар мен зерттеу әдістері

Мырыш фосфатты цемент ұнтағының құрамына енетін материалдар — ZnO , MgO , SiO_2 , Bi_2O_3 және фосфор шлагы. Цемент құрамдары $1000^\circ C$ температурада 4 сағат күйдіріледі. Ендірілген компоненттер цементтің физика-химиялық қасиеттерін реттеу үшін пайдаланылады. ZnO – тістің қуыс қабырғаларына материалдың жақсы жабысуын (адгезиясын) қамтамасыз етеді, MgO – пластикалық қасиетін арттырады, механикалық беріктігін жоғарлатады, SiO_2 – мөлдірлік, шыны тәрізді, жылтырлық береді, шихтаның агломерациясын жақсартады. Bi_2O_3 – цементке тегістік (біртектілік) беру үшін қосылады, алайда көп мөлшерде қолданылса ол материалдың қатаю уақытын арттырады. Фосфор шлагы цементтің физикалық-механикалық қасиеттерін жақсартады, шихтаны күйдіру температурасын $100^\circ C$ -қа дейін төмендетеді.

Цемент тұзуші фосфатты сұйықтық (H_3PO_4) – ортофосфор қышқылының сұйықтығын ионсыздандырылған сумен сұйылту арқылы 85 % ортофосфор қышқылынан және құрамына алюминий және мырыш иондарын ендіру арқылы дайындалады (Светлов, 2017).

Шикізат материалдарды ұнтақтау шарлы диірменде жүргізіледі. Шарлы диірменге 3 кг шарлар мен 2 кг цельпебс толтырылды. Ұнтақтау уақытының ұзақтығы 60 мин созылады. Ұнтақталған материалдар №008 електегі қалдығы, ПСХ-12 құралында үлестік беті және бөлшектердің орташа өлшемдері анықталады (Zhanikulov және т.б., 2023).

Электронды микроскоп JEOL JSM-6490 LV көмегімен құрылымына талдау жүргізілді. Электронды микроскопиялық талдау үлгінің бетін электронды зондпен сканерлеу және процесс нәтижесінде пайда болатын сәулеленудің кең спектрін анықтау арқылы жүзеге асырылады. Электрондық микроскоппен бейнелеу үшін сигналдар қайталама, шағылысқан және жұтылған электрондар болып табылады. Басқа әсерлер, әсіресе рентген сәулелері зерттелетін үлгі материалының химиялық құрамы туралы қосымша ақпарат алу үшін қолданылады (Мырзакожа және т.б., 2013).

Цементтің ақтығы «Ұнның ақтығын сынаушы РЗ-ТБМС-М» құрылғысының көмегімен анықталды. Ұнтақталған сұрыпты ақтығы бойынша бағалау әдісінің мәні ұнтақтың тығыздалған-тегістелген бетінің спектрінің жасыл бөлігінде (540 ± 50 нм аймағында) диффузиялық шағылысу коэффициенттерін (ДШК) өлшеу болып табылады.

Мырыш-фосфатты цементтің қатаю уақытын анықтау үшін ОГЦ-1 құрылғысы қолданылады. Металл қалып алюминий фольгаға салынып, аралас мырыш-фосфатты цементі бар қалыппен толтырылады және араластыру аяқталғаннан кейін 60 с кейін алюминий фольгамен бірге цемент толтырылған қалып (37 ± 1)° температурада пешке орналастырылады. Олар бір-біріне жақсы сәйкес келуі керек. Араластырудан кейін 90 с кейін ОГЦ-1 инесін цемент бетіне тігінен түсіріп, оны осы күйде 5 с қалдырыңыз. Әр 30 секунд сайын инені батыруды қайталаңыз. Араластырудың басынан бастап иненің қалыңдығы 4–5 мм цемент үлгісіне үлгінің түбінен 0,1 см-ден аспайтын тереңдікке түсе алмайтын сәтінге дейінгі уақыт белгіленеді. Қатайту жұмыс уақыты араластыру басталғаннан ине тереңдігі өзгергенге дейінгі уақыт ретінде жазылады (Сударев, 2021).

Нәтижелер және талқылаулар

Шикізаттарды ұнтақтау фарфорлы шарлы диірменде 60 мин уақыт бойы жүрді. Материалдардың ұнтақталу дәрежесінің нәтижелері 1 кестеде келтірілген.

1 - кесте. Шикізат материалдар мен техногенді қалдықтың ұнтақталу дәрежесі

№	Материалдар	Ұнтақтау уақыты, мин	№ 008 електегі қалдық, %	Үлестік беті, см ² /г	Бөлшектің орташа өлшемдері, мкм
1	ZnO	60	0,28	1756	12,5
2	MgO	60	0,04	7788	2,2
3	SiO ₂	60	0,36	2615	8,7
4	Bi ₂ O ₃	60	0,41	2774	8,9
5	Фосфор шлагы	300	0,08	1104	20,0

Нәтижеге сәйкес, 60 минуттық ұнтақтаудан кейін мырыш оксиді ұнтағының үлестік беті $1756 \text{ см}^2/\text{г}$, магний оксиді $7788 \text{ см}^2/\text{г}$, кремний диоксиді $2615 \text{ см}^2/\text{г}$, висмут (III) оксиді $2774 \text{ см}^2/\text{г}$ болды, фосфор шлағын механикалық белсендіру нәтижесінде 5 сағат ұнтақтаудан кейінгі үлестік беті $1104 \text{ см}^2/\text{г}$ құрады.

Шикізат қоспалардың химиялық құрамы және күйдіру температурасы көрсетілген қатынасқа сәйкес шикізат құрамдары 1% ылғалдылыққа дейін ылғалдандырылды, диаметрі $\varnothing 20$ мм және биіктігі 10 мм болатын формада таблеткалар 20 МПа қысымында қалыптау арқылы дайындалады. Осыдан кейін таблеткалар 100°C температурада 1 сағат бойы кептірілді және 1000°C температурада жоғары температуралы электр пешінде күйдірілді. Көрсетілген температураларда изотермиялық ұстау 30 минутты құрады. Шикізат қоспалардың химиялық құрамы, олардың күйдіру температурасы мен ақтығының нәтижелері 2 кестеде келтірілген.

2 - кесте. Шикізат қоспалардың химиялық құрамы және күйдіру температурасы

№	Қоспа құрамның атауы	Қоспаның химиялық құрамы, %					Күйдіру температурасы, $^\circ\text{C}$		Ақтығы, %
		ZnO	MgO	SiO ₂	Bi ₂ O ₃	Фосфор шлағы	1000	1100	
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11
1	ЦФЦ-1	84,6	9,4	3,2	2,8	-	-	+	95,2
2	ЦФЦ-2	91,0	9,0	-	-	-	-	+	84,4
3	ЦФЦ-3	87,5	9,0	3,5	-		-	+	86,7
4	ЦФЦ-4	83,0	9,0	3,5	3,0	1,5	+	-	97,8
5	ЦФЦ-5	81,5	9,0	3,5	3,0	3,0	+	-	97,2

1-ші қоспа құрамы ZnO - 84,6 %, MgO - 9,4 %, SiO₂ - 3,2 % және Bi₂O₃ - 2,8 % алынды, қоспаны күйдіру 1100°C температурада жүрді. Күйдіру нәтижесінде синтезделген мырыш-фосфатты цемент клинkerінің ақтық дәржесі 95,2 % құрады.

2-ші қоспа құрамы ZnO - 91,0 % және MgO - 9,0 % алынды, қоспаны күйдіру 1100°C температурада жүрді. Күйдіру нәтижесінде синтезделген мырыш-фосфатты цемент клинkerінің ақтық дәржесі 84,4 % құрады.

3-ші қоспа құрамы ZnO - 87,5 %, MgO - 9,0 % және SiO₂ - 3,5 % алынды, қоспаны күйдіру 1100°C температурада жүрді. Күйдіру нәтижесінде синтезделген мырыш-фосфатты цемент клинkerінің ақтық дәржесі 86,7 % құрады.

4-ші қоспа құрамы ZnO - 83,0 %, MgO - 9,0 %, SiO₂ - 3,5 %, Bi₂O₃ - 3,0 % және фосфор шлағы - 1,5 % алынды. Қоспаны күйдіру 1000°C температурада жүрді. Күйдіру нәтижесінде синтезделген мырыш-фосфатты цемент клинkerінің ақтық дәржесі 97,8 % болды.

5-ші қоспа құрамы ZnO - 81,5 %, MgO - 9,0 %, SiO₂ - 3,5 %, Bi₂O₃ - 3,0 % және фосфор шлағы - 3,0 % алынды, қоспаны күйдіру 1000°C температурада жүрді. Күйдіру нәтижесінде синтезделген мырыш-фосфатты цемент клинkerінің ақтық дәржесі 97,2 % құрады.

1000°C күйдірілген ЦФЦ-4 мырыш-фосфатты цементтің жалпы көрінісі 1 суретте көрсетілген.



1 – сурет. 1000 °С күйдірілген мырыш-фосфатты цемент
(Fig. 1. Zinc-phosphate cement burned at 1000 °C)

Мырыш оксидінен (ZnO), магний оксидінен (MgO), кремний диоксидінен (SiO_2) және висмут оксидінен (Bi_2O_3) және фосфор шлагынан тұратын мырыш-фосфатты цемент құрамын синтездеу кезінде күйдіру процесінде бірнеше химиялық реакциялар жүрді:

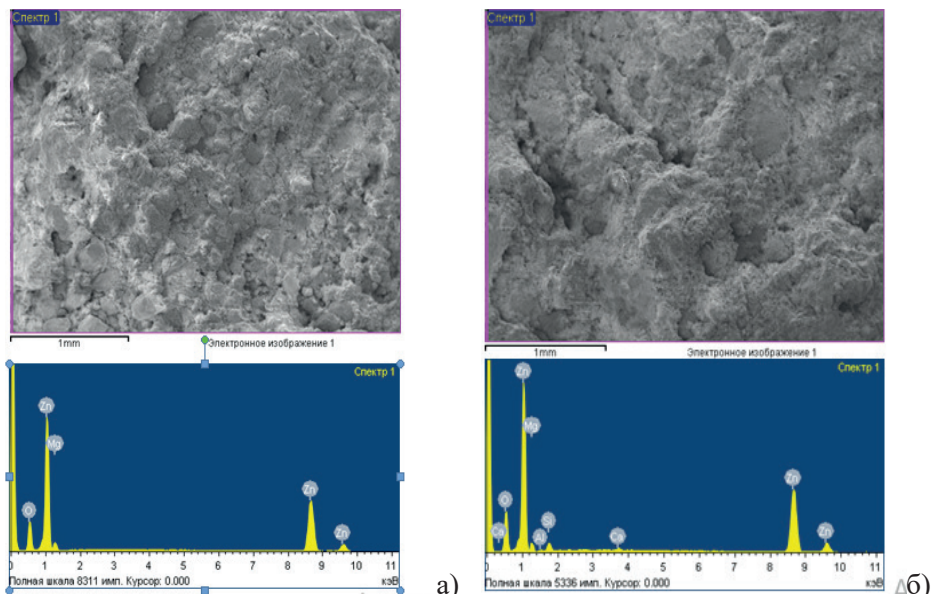
- 1000°C температурда күйдіргенде мырыш оксиді (ZnO) және магний оксиді (MgO) әрекеттесіп, Zn_2MgO_3 сияқты күрделі оксидтерді түзеді;

- кремний диоксиді (SiO_2), мырыш оксидімен (ZnO) және магний оксидімен (MgO) әрекеттесіп, Zn_2SiO_4 және Mg_2SiO_4 қосылыстар түзді. Бұл қосылыстар қоспаның басқа компонентімен әрекеттесіп, цемент құрылымында қажетті фазалардың пайда болуына ықпал етеді;

- висмут оксиді (Bi_2O_3) күйдіру процесінде басқа компоненттермен әрекеттесе алады, нәтижесінде $ZnO-Bi_2O_3$ немесе $MgO-Bi_2O_3$ сияқты висмут негізіндегі қосылыстар түзеді.

Күйдіру процесінде фосфор шлагы қоспа құрамына минералдандырғыш әсерге ие болды және күйдіру температурасын 1100°C-тан 1000°C-қа дейін төмендетті. Температураның төмендеуі фосфор шлагының құрамындағы фтор (F -1,5 %) және фтор кальцийдің (CaF_2 -4,5 %) есебінен жүрді. Фосфаттар мырышпен әрекеттесіп, мырыш-фосфат қосылыстарды түзеді. Бұл реакциялар мырыш-фосфат цемент қоспасын фосфор шлагы қоспасынсыз күйдіру үшін әдеттегіден төмен температурада (1000°C) жүреді.

Синтездеу процесі кезінде химиялық реакциялар өте күрделі және жалпы молекулалық құрылымға, күйдіру температурасына және басқа жағдайларға байланысты фазалық өзгерістерге ұшырайды. Мұндай реакциялардың нәтижесінде цементтің механикалық қасиеттері мен құрылымын анықтайтын әртүрлі фазалар пайда болды. Күйдіріліп алынған мырыш-фосфат цемент клинkerінің фазалық құрылымы бойынша микроанализ нәтижелері 2-суретте көрсетілген.



2 – сурет. 1000 °С күйдірілген мырыш-фосфатты цементтің электронды-микроскопиялық анализі
(Fig.2. Electron microscopic analysis of burned zinc phosphate cement at 1000 °C)

1000 °С күйдірілген ЦФЦ-4 мырыш-фосфатты цементтің микроскопиялық талдау нәтижесінде қоспа құрамында фазалық өзгерістердің жентектелу процесі нәтижесінде ZnO – 85,66 %, CaO – 0,57 %, SiO_2 – 4,36 %, Al_2O_3 – 0,64 %, MgO – 7,37 %, Bi_2O_3 – 1,4 % мөлшерінде түзілгендігі анықталды. Микроскопиялық талдау нәтижесінде мырыш-фосфатты цемент құрамында фосфор шлагынан түсетін зиянды радиоактивті элементтер U , Th , Ra және олардың еншілес бөлшектері сияқты радионуклидтер анықталмады. Сондай-ақ, улы, ауыр металл элементтері Cu , Pb , Be кездеспеді.

Клинкерді микроскоп көмегімен талдау кезінде мырыш-фосфатты цемент клинкері құрамында цинцит (ZnO) минералының ең көп таралған фазасы байқалды, ал ганит ($ZnAl_2O_4$), периклаз (MgO) және котоит ($Mg_3Bi_2O_6$) минералдары төмен мөлшерде кездесетіндігі анықталды. Мырыш-фосфатты цемент клинкер үлгісінде аморфты фазада табылды. 2 суретте көрсетілгендей ZnO түйіршіктерінің салыстырмалы түрде тегіс беті бар, субсфералық пішінге ие. Ұсақ түйіршіктердің ішкі беті тығыз, айқын кеуектілігі жоқ (2 сурет – а). Элементтік талдау кезінде цинцит (ZnO) минерал құрылымына Mg элементінің енгізілгендігі анықталды. Мырыш-фосфатты цемент клинкер ұнтағы дөңгелек пішінді ZnO бөлшектерінен тұрады. (2 сурет – б) көрсетілгендей клинкер микроқұрылымында негізінен шпинель-ганит минералдарының түйіршіктері агрегаттары бар. Элементтік талдау шпинель құрылымында Mg де бар екенін көрсетті.

Қорытынды

1. Зертханалық жағдайда шикізат материалдар мен фосфор шлагының үлестік беті және бөлшектердің орташа өлшемдері анықталады. 60 минуттық ұнтақтау нәтижесінде мырыш оксиді $1756 \text{ см}^2/\text{г}$, магний оксиді $7788 \text{ см}^2/\text{г}$, кремний диоксиді

2615 см²/г, висмут (III) оксиді 2774 см²/г болды, фосфор шлакты 5 сағат ұнтақтау, механикалық белсендіру нәтижесінде үлестік беті 1104 см²/г болды.

2. Өзірленген 5 қоспа құрамын 1000–1100 °С температурада күйдірілді және алынған мырыш-фосфатты цемент клинкерінің ақтық дәрежесі анықталды. Синтезделген мырыш-фосфатты цемент клинкердің ақтық дәрежесі 84,4–97,8 % көрсетті.

3. 1000°С температурда мырыш оксидінен (ZnO), магний оксидінен (MgO), кремний диоксидінен (SiO₂) және висмут оксидінен (Bi₂O₃) және фосфор шлагынан тұратын мырыш-фосфатты цемент құрамын синтездеу кезінде Zn₂MgO₃, Zn₂SiO₄ және Mg₂SiO₄, ZnO-Bi₂O₃ немесе MgO-Bi₂O₃ фазалық қосылыстардың түзілуі анықталды.

4. Күйдіру процесі кезінде қоспа құрамына ендірілген фосфор шлагы минералдандырғыш әсерге ие болды және күйдіру температурасын 1100°С-тан 1000°С-қа дейін төмендетті.

5. 1000 °С күйдірілген ЦФЦ-4 мырыш-фосфатты цементтің микроскопиялық талдау нәтижесінде қоспа құрамында фазалық өзгерістердің жентектелу процесі нәтижесінде ZnO - 85,66 %, CaO – 0,57 %, SiO₂ – 4,36 %, Al₂O₃ – 0,64 %, MgO – 7,37 %, Bi₂O₃ – 1,4 % мөлшерінде түзілгендігі анықталды. Клинкер құрамында U, Th, Ra сияқты радиоактивті элементтер және Cu, Pb, Be ауыр элементтері анықталмады.

6. Микроскопиялық талдау нәтижесінде мырыш-фосфатты цемент клинкері құрамында цинцит (ZnO) минералының ең көп таралған фазасы анықталды, ганит (ZnAl₂O₄), периклаз (MgO) және котоит (Mg₃Bi₂O₆) минералдары төмен мөлшерде кездесетіндігі дәлелденді. ZnO түйіршіктерінің салыстырмалы түрде тегіс беті бар, субсфералық пішінге ие. Ұсақ түйіршіктердің ішкі беті тығыз, айқын кеуектілігі жоқ. Элементтік талдау кезінде цинцит (ZnO) минерал құрылымына Mg элементінің енгізілгендігі анықталды.

ӘДЕБИЕТТЕР

Абдурахманов А.И., Курбанов О.Р. (2016). Ортопедическая стоматология. ГЭОТАР-Медиа, Россия.

Мырзакожа Д.А., Мирзаходжаев А.А. (2013). Современные методы исследования, Редакционно-издательский центр КБТУ.

Романенко А.А., Щелокова Л.С., Бузов А.А. (2019). Технология помола цинк-фосфатного цемента и его свойств, Успехи в химии и химической технологии, — 2019. — 4: — 84–86.

Светлов А.Ю. (2017). Современные стоматологические цементы. — 4: — 92–95.

Сударев Е.А. (2021). Получение цинк-фосфатного стоматологического цемента. Методические указания к лабораторному практикуму и самостоятельной работе студентов по курсу «Современные композиционные материалы» для студентов направления подготовки бакалавров 18.03.01 Химическая технология, 14.

Arun K. Kotha, John W. Nicholson, Samantha E. Booth. (2023). Biological Evaluation of zinc phosphate cement for potential bone contact Applications, Biomedicines, — 11:2:250. — <https://doi.org/10.3390/biomedicines11020250>

Carlos Andrés Cárdenas Balaguera, Maryory Astrid Gomez Botero. (2022). Multiphase phosphate cements from steel slags, Journal of Sustainable cement-based materials, — 11:1: — 15–27. — <https://doi.org/10.1080/21650373.2020.1863275>

Global Dental Cement Market Size study & Forecast and Regional Analysis (2022–2029, 2023). Dentistry Market Research. — <https://www.asdreports.com/market-research-report-619714/global-dental-cement-market-size-study-forecast-regional-analysis>

Global Dental Liners and Bases Market Report By Material (Zinc Oxide Eugenol, Glass Ionomer, Resin-modified Glass Ionomers, Others Materials), By End User (Hospitals, Dental Clinics, Research & Academic Institutes) And By Regions - Industry Trends, Size, Share, Growth, Estimation and (Forecast, 2022-2030). Value Market Research. <https://www.valuemarketresearch.com/report/dental-liners-and-bases-market>

Jabri M., Mejdoubi E., El Gabi M., Hammouti B. (2012). Optimization of hardness and setting of dental zinc phosphate cement using a design of experiments, *Arabian journal of Chemistry*. — 5: — 347-351. — <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2010.09.004>

Leung G.K-H., Wong A.W-Y., Chu C-H., Yu O.Y. (2022). Update on Dental Luting materials, *Dentistry journal*, — 10:11:208. — <https://doi.org/10.3390/dj10110208>

Viani A., Sotiriadis K., Kumpova I., Mancini L., Appavou M-S. (2017). Microstructural characterization of dental zinc phosphate cements using combined small angle neutron scattering and microfocus X-ray computed tomography, *Dental materials*, — 33:4: — 402–417. — <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.01.008>

Zhanikulov N.N., Abdullin A.A., Davletyarova B.S., Kaiyrbayeva M.Zh. (2023). Determination of the quality of zinc-phosphate cement by physical - mechanical methods, *Proceeding X International conference «Industrial Technologies and Engineering» ICITE—2023*, — 1: — 210–214.

REFERENCES

Abdurakhmanov A.I., Kurbanov O.R. (2016). *Ortopedicheskaya stomatologiya*. GEOTAR-Media, Russia. (in Russ.).

Myrzakozha D.A., Mirzakhodzaev A.A. (2013). *Modern research methods*, Editorial and publishing center of KBTU. (in Russ.).

Romanenko A.A., Shchelokova L.S., Buzov A.A. (2019). *Tekhnologiya pomola tsink-fosfatnogo tsementa i yego svoystv, Uspekhi v khimii i khimicheskoy tekhnologii*, — 2019: — 4: — 84–86. (in Russ.).

Svetlov A.Yu. (2017). *Modern dental cements*, — 4: — 92–95. (in Russ.).

Sudarev Ye.A. (2021). *Polucheniye tsink-fosfatnogo stomatologicheskogo tsementa. Metodicheskiye ukazaniya k laboratornomu praktikumu i samostoyatel'noy rabote studentov po kursu «Sovremennyye kompozitsionnyye materialy» dlya studentov napravleniya podgotovki bakalavrov 18.03.01 Khimicheskaya tekhnologiya*, — 14. (in Russ.).

Arun K. Kotha, John W. Nicholson, Samantha E. Booth. (2023). *Biological Evaluation of zinc phosphate cement for potential bone contact Applications, Biomedicines*, — 11:2:250. — <https://doi.org/10.3390/biomedicines11020250> (in Eng.).

Carlos Andrés Cárdenas Balaguera, Maryory Astrid Gomez Botero. (2022). *Multiphase phosphate cements from steel slags, Journal of Sustainable cement-based materials*, — 11:1: — 15–27. — <https://doi.org/10.1080/21650373.2020.1863275> (in Eng.).

Global Dental Cement Market Size study & Forecast and Regional Analysis (2022-2029, 2023). Dentistry Market Research. — <https://www.asdreports.com/market-research-report-619714/global-dental-cement-market-size-study-forecast-regional-analysis> (in Eng.).

Global Dental Liners and Bases Market Report By Material (Zinc Oxide Eugenol, Glass Ionomer, Resin-modified Glass Ionomers, Others Materials), By End User (Hospitals, Dental Clinics, Research & Academic Institutes) And By Regions - Industry Trends, Size, Share, Growth, Estimation and Forecast (2022–2030., 2022). Value Market Research. <https://www.valuemarketresearch.com/report/dental-liners-and-bases-market> (in Eng.).

Jabri M., Mejdoubi E., El Gabi M., Hammouti B. (2012). Optimization of hardness and setting of dental zinc phosphate cement using a design of experiments, *Arabian journal of Chemistry*, — 5: — 347–351. — <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2010.09.004> (in Eng.).

Leung G.K-H., Wong A.W-Y., Chu C-H., Yu O.Y. (2022). Update on Dental Luting materials, *Dentistry journal*, — 10:11:208. — <https://doi.org/10.3390/dj10110208> (in Eng.).

Viani A., Sotiriadis K., Kumpova I., Mancini L., Appavou M-S. (2017). Microstructural characterization of dental zinc phosphate cements using combined small angle neutron scattering and microfocus X-ray computed tomography, *Dental materials*, — 33:4: — 402–417. — <https://doi.org/10.1016/j.dental.2017.01.008> (in Eng.).

Zhanikulov N.N., Abdullin A.A., Davletyarova B.S., Kaiyrbayeva M.Zh. (2023). Determination of the quality of zinc-phosphate cement by physical - mechanical methods, *Proceeding X International conference «Industrial Technologies and Engineering» — ICITE-2023*, — 1: — 210–214. (in Eng.).

CONTENTS

A. Abdullin, N. Zhanikulov, B. Taimasov, E. Potopova, A. Raisova
INVESTIGATION OF THE MICROSTRUCTURE OF SYNTHESIZED
ZINC-PHOSPHATE CEMENT CLINKER.....7

G.F. Sagitova, N.B. Ainabekov, Yu.A. Nifontov, N.M. Daurenbek
SELECTION OF RAW MATERIALS FOR THE PRODUCTION OF BITUMEN
MATERIALS BASED ON LOCAL RESOURCES.....19

Kh. Akimzhanova, A. Sabitova, Zh. Kairbekov, B. Mussabayeva, B. Bayahmetova
CHEMICAL CHARACTERISTIC OF THE BLACK AND WHITE MUD
OF THE SHOSHKALY LAKE.....31

**A.S. Auyezkhanova, D.E. Zhanuzak, A.I. Jumekeyeva, Zh.K. Korganbaeva,
A.A. Naizabayev**
CHITOSAN-STABILIZED CATALYSTS FOR CYCLOHEXANE OXIDATION
TO KA-OIL.....44

Ya.A. Vissurkhanova, L.K. Abulyaissova, N.M. Ivanova, B.F. Minaev
MOLECULAR SIMULATION OF THE INTERACTION OF POLYVINYL
ALCOHOL WITH POTENTIAL ACTIVE CENTERS OF COPPER (II)
OXIDE SURFACE.....54

E.A. Gabrilyants, R.S. Alibekov, G.E. Orymbetova
DEVELOPMENT OF CAMEL MILK CHEESE TECHNOLOGY
AND RESEARCH OF QUALITATIVE CHARACTERISTICS.....69

**G.T. Yelemessova, L.K. Orazzhanova, A.N. Klivenko, N.N. Nurgaliyev, A.Ye.
Ayazbayeva, A.V. Shakhvorostov**
SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF PREFORMED PARTICLE
GELS (PPG) TO INCREASE OIL RECOVERY.....79

E.A. Zhakmanova, G.Zh. Seytenova, R.M. Dyusova
REVIEW OF THE CURRENT STATE OF APPLICATION OF MATHEMATICAL
MODELING METHODS FOR THE PURPOSE OF OPTIMIZING REFINERIES
IN KAZAKHSTAN AND ABROAD.....92

**M. Zhumabek, K. Kassymkhan, R.O. Sarsenova, Zh. Tynybek, S.A. Tungatarova,
Z.T. Zheksenbaeva**
INVESTIGATION OF CATALYSTS OF THE CATALYTIC PROCESSING
OF NATURAL GAS METHANE INTO SYNTHESIS GAS VIA
TEMPERATURE-PROGRAMMED DESORPTION.....103

M. Ibrayeva, N. Duzbayeva, Zh. Mukazhanova, K. Kabdysalym, Achyut Adhikari ISOLATION OF FLAVONOIDS BY HIGH-PERFORMANCE LIQUID CHROMATOGRAPHY FROM PLANT OF GENUS THYMUS SERPYLLUM L.	116
B. Imangaliyeva, B. Dossanova, G. Rakhmetova, A. Apendina, I. Nurlybaev FEATURES AND CHEMICAL PROPERTIES OF ANTHOCYANINS.....	124
B.Zh. Iskendirov, G.F. Sagitova, S.B. Kurbanova, G.F. Aitimbetova, A.S. Sadyrbayeva DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR PROCESSING RESIDUES FROM THE DISTILLATION OF A MIXTURE OF OILS AND GAS CONDENSATES.....	144
X.A. Leontyeva, D.S. Puzikova, G.M. Khussurova, P.V. Panchenko, A.K. Galeyeva ELECTROCHEMICAL DEPOSITION OF BISMUTH SULFIDE THIN FILMS.....	158
M.M. Mataev, M.A. Nurbekova, B. Keskin, Z.B. Sarsenbayeva SYNTHESIS AND PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF POLYCRYSTAL $\text{FeMnO}_3\text{-Ho}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$	173
R. Safarov, Zh. Shomanova, E. Kopishev, Yu. Nossenko, Zh. Bexeitova, R. Kamatov SPATIAL DISTRIBUTION OF PM2.5 AND PM10 POLLUTANTS IN RESIDENTIAL AREA OF PAVLODAR, KAZAKHSTAN.....	181

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

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

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

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

**www.nauka-nanrk.kz
<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>
ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (Print)**

Подписано в печать 30.12.2023.
Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
13,0 п.л. Тираж 300. Заказ 4.