

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



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ
АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF
KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY 2 (463)

APRIL – JUNE 2025

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

Editor in chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, President of NAS RK RPA, general director of JSC "D.V. Sokolsky Institute of fuel, catalysis and electrochemistry (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Editorial board:

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich (deputy editor-in-chief) doctor of chemical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the International Scientific and Production Holding «Phytochemistry» (Karaganda, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

AGABEKOV Vladimir Enokovich (deputy editor-in-chief), doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of Chemistry of new materials (Minsk, Belarus) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

STRNAD Miroslav, head of the laboratory of the Institute of Experimental Botany of the Czech Academy of Sciences, professor (Olomouc, Czech Republic) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

BURKITBAYEV Mukhambetkali, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

HOHMANN Judith, head of the department of pharmacognosy, faculty of Pharmacy, University of Szeged, director of the interdisciplinary center for Life sciences (Szeged, Hungary) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

ROSS Samir, Ph.D, professor, school of Pharmacy, National Center for scientific research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

KHUTORYANSKY Vitaly, Ph.D, pharmacist, professor at the University of Reading (Reading, England) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

TELTAYEV Bagdat Burkhanbayuly, doctor of technical sciences, professor, academician of NAS RK, Ministry of Industry and infrastructure development of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid college of Oriental medicine, faculty of Oriental medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

FAZYLOV Serik Drakhmetovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, deputy director of the Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry (Karaganda, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ZHOROBEKOVA Sharipa Zhorobekovna, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Kyrgyzstan, Institute of Chemistry and chemical technology of NAS KR (Bishkek, Kyrgyzstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

KHALIKOV Jurabay Khalikovich, doctor of chemistry, professor, academician of the Academy of Sciences of Tajikistan, V.I. Nikitin Institute of Chemistry AS RT (Tajikistan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

FARZALIEV Vagif Medzhid ogly, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

GARELIK Hemda, PhD in chemistry, president of the department of Chemistry and Environment of the International Union of Pure and Applied Chemistry (London, England) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

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.

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, 2025

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

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрыңұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, РБҚ ҚР ҰҒА президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакция алқасы:

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» Халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

СТРНАД Мирослав, профессор, Чехия ғылым академиясының Эксперименттік ботаника институтының зертхана меңгерушісі (Оломоуц, Чехия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

ХОХМАНН Джулит, Сегед университетінің Фармацевтика факультетінің Фармакогнозия кафедрасының меңгерушісі, Жаратылыстану ғылымдарының пәнаралық орталығының директоры (Сегед, Венгрия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

РОСС Самир, PhD, Миссисипи университетінің Өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу ұлттық орталығы, Фармация мектебінің профессоры (Оксфорд, АҚШ) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, философия докторы (PhD, фармацевт), Реддинг университетінің профессоры (Реддинг, Англия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛТАЕВ Бағдат Бұрханбайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджиди Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдард университетінің Шығыс медицина факультеті (Карачи, Пәкістан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

ФАЗЫЛОВ Серік Драхметұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Органикалық синтез және көмір химиясы институты директорының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробекқызы, химия ғылымдарының докторы, профессор, Кыргызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Кыргызстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, химия ғылымдарының докторы, профессор, Тәжікстан ҒА академигі, В.И. Никитин атындағы Химия институты (Душанбе, Тәжікстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджидоглы, химия ғылымдарының докторы, профессор, АҰҒА академигі (Баку, Әзірбайжан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

ГАРЕЛИК Хемда, философия докторы (PhD, химия), Халықаралық таза және қолданбалы химия одағының Химия және қоршаған орта бөлімінің президенті (Лондон, Англия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

«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.

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы РҚБ, 2025

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 РОО Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакционная коллегия:

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004624845>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/28920574>

СТРНАД Мiroслав, профессор, заведующий лабораторией института Экспериментальной ботаники Чешской академии наук (Оломоуц, Чехия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36789185000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/18379>

БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/691218>

ХОХМАНН Джудит, заведующий кафедрой Фармакогнозии Фармацевтического факультета Университета Сегеда, директор Междисциплинарного центра естественных наук (Сегед, Венгрия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004457196>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/15630788>

РОСС Самир, PhD, профессор Школы Фармации национального центра научных исследований растительных продуктов Университета Миссисипи (Оксфорд, США), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7401610128>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/47926269>

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, доктор философии (Ph.D, фармацевт), профессор Университета Рединга (Рединг, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=35606915700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/221621>

ТЕЛЫТАЕВ Багдат Бурханбайулы, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6506225641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/72161>

ФАРУК Ахсана Дар, профессор колледжа Восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет Восточной медицины университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55884056900>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1796996>

ФАЗЫЛОВ Серик Драгметович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углехимии (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701472056>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1541357>

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробековна, доктор химических наук, профессор, академик НАН Кыргызстана, Институт химии и химической технологии НАН КР (Бишкек, Кыргызстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602652060>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/31723468>

ХАЛИКОВ Джурabay Халикович, доктор химических наук, профессор, академик АН Таджикистана, Институт химии имени В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, Таджикистан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6603735641>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/9567106>

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджид оглы, доктор химических наук, профессор, академик НАНА (Баку, Азербайджан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6601962486>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/21617033>

ГАРЕЛИК Хемда, доктор философии (Ph.D, химия), президент Отдела химии и окружающей среды Международного союза чистой и прикладной химии (Лондон, Англия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56010090400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29866743>

«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.

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

© РОО Национальная академия наук Республики Казахстан, 2025

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

CONTENTS

CHEMISTRY

A. Abdullin, N. Zhanikulov, A. Bailen, A. Sviderskiy, M. Kaiyrbaeva THERMODYNAMIC ANALYSIS OF REACTIONS OCCURRING IN THE PROCESS OF FRIT FORMATION OF ZINC PHOSPHATE CEMENT.....	11
B.B. Akimbekova, A. Karilkhan, A.A. Zhorabek, A.A. Amirkhan THE INFLUENCE OF REAGENTS WITH REDOX PROPERTIES ON SELECTIVE FLOTATION.....	23
S. Bayazit, A. Zazybin, Murat Aydemir SYNTHESIS AND PHARMACOLOGY OF KAZCAINE AND OTHER 4-ETHYNYL PIPERIDINE DERIVATIVES: A REVIEW.....	39
K.T. Botabekova, S.B. Amangaliyeva, A.K. Kipchakbayeva PHOTOCHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF PLANT <i>PHLOMIS TUBEROSA</i>	57
A. Zhanzhaxina, Zh. Ibatayev, A. Ashirbek ARTEMISIA PROCERIFORMIS L. (<i>ARTEMISIA ABROTANUM</i>): LITERATURE REVIEW ON CHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY.....	69
B. Imangaliyeva, B. Dossanova, A. Apendina, S. Duzelbayeva, N. Sultanov DETERMINATION OF TANNINS IN MEDICINAL PLANTS.....	86
A. Kassen, Ye. Ussipbekova, G. Suleimenova, A. Dauletbay MEMBRANE SEPARATOR PROPERTIES FOR POLYMER-BASED BATTERIES.....	104
N.B. Kassenova, R.Sh. Erkassov, S.K. Makhanova, R.N. Azhigulova, R. Bayarbolat IR SPECTROSCOPY AS A METHOD FOR STUDYING THE STABILITY AND REACTIVITY OF TETRANUCLEAR IRON(II) COMPLEXES.....	119
R.M. Kudaibergenova, A.N. Nurlybayeva, S.Z. Mateeva, K.B. Bulekbayeva, G.A. Seitbekova STUDY OF PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF HIGHLY DISPERSED ELECTROCORUNDUM.....	131
A.Kh. Kussainova, B.M. Kudaibergenova, A.M. Malikova, G.A. Aldibekova DEVELOPMENT OF THE COMPOSITION OF POLYMER COMPOSITE MATERIALS WITH AN EXTRACT OF SEA BUCKTHORN (<i>HIPPOPHAË RHAMNOIDES</i> L.).....	143

N. Merkhatusly, A.N. Iskanderov, S.B. Abeuova, A.N. Iskanderov, A.O. Bulumbaeva SYNTHESIS AND PHOTOPHYSICAL PROPERTIES OF CONJUGATED N,N-DIPHENYLANILYNILAZULENES.....	157
G. Mukusheva, N. Toigambekova, N. Bazarnova, M. Nurmaganbetova, A. Abdraim OBTAINING NEW DERIVATIVES OF THE ALKALOID QUININE AND STUDYING THEIR ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY.....	169
N.Zh. Mukhamediyarov, N.N. Nurgaliev, A.A. Ualikhanov, A.N. Sabitova, N.A. Aitkazin CURRENT STATE OF WASTE FROM METALLURGICAL PRODUCTION IN SOUTH KAZAKHSTAN AND PROSPECTS FOR THEIR PROCESSING.....	183
K.T. Mukhanbetzhanova, N.A. Satybaeva, K. Kuptleuova POLYMER-COLLOIDAL COMPLEX NEW BINDING MATERIAL FOR MAKING MOULDS AND RODS.....	198
G. Ormanova, A. Anarbayev, B. Kabylbekova, N. Anarbayev STUDY OF THE FILTRATION RATE OF GYPSUM FROM SODIUM CHLORIDE SOLUTIONS.....	214
R.K. Rakhmetullayeva, M. Abutalip, B.M. Bayanbayev, A.M. Abukhan, N.B. Sarova EXTRACTION OF WOOD-POLYMER COMPOSITES FROM POLYMER WASTE.....	228
B.B. Ryskulbek, Yu.B. Abdussametova, M.A. Dyusebaeva, N.A. Ibragimova, G.E. Berganayeva COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS IN THE ROOTS AND LEAVES OF ARCTIUM LAPPA.....	243
A. Tukibayeva, A. Bayeshov, D. Asylbekova, G. Adyrbekova, N. Kalieva STUDY OF ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF PHOSPHINE IN AQUEOUS SOLUTIONS.....	260
O.S. Kholkin, N.S. Ivanov, I.E. Adelbayev, A.B. Bayeshov, M. Zhurinov FORMATION OF ZIRCONIUM DIOXIDE BY ELECTROCHEMICAL DISSOLUTION OF ZIRCONIUM BY AC CURRENT IN ACIDIC MEDIA.....	274

МАЗМҰНЫ

ХИМИЯ

- А. Абдуллин, Н. Жаникулов, А. Байлен, А. Свидерский, М. Қайырбаева**
 МЫРЫШ ФОСФАТТЫ ЦЕМЕНТТІҢ ФРИТТ ТҮЗІЛУ ПРОЦЕСІНДЕ
 ЖҮРЕТІН РЕАКЦИЯЛАРДЫ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ТАЛДАУ..... 11
- Б.Б. Акимбекова, А. Карилхан, А.А. Жорабек, А. Амирхан**
 ТОТЫҚТЫРҒЫШ-ТОТЫҚСЫЗДАНДЫРҒЫШ ҚАСИЕТТЕРГЕ
 ИЕ РЕАГЕНТТЕРДІҢ СЕЛЕКТИВТІ ФЛОТАЦИЯҒА ӘСЕРІ..... 23
- С. Баязит, А. Зазыбин, Мурат Айдемир**
 ҚАЗКАИН ЖӘНЕ БАСҚА ДА 4-ЭТИНИЛПИПЕРИДИН ТУЫНДЫЛАРЫНЫҢ
 СИНТЕЗІ МЕН ФАРМАКОЛОГИЯСЫ: ШОЛУ МАҚАЛАСЫ..... 39
- К.Т. Ботабекова, С.Б. Амангалиева, А.К. Кипчакбаева**
 PHLOMIS TUBEROSA ӨСІМДІК ШИКІЗАТЫНЫҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ
 ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ..... 57
- А. Жанжаксина, Ж. Ибатаев, А. Әшірбек**
 ARTEMISIA PROCERIFORMIS L. (*ARTEMISIA ABROTANUM*): ХИМИЯЛЫҚ
 ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ БОЙЫНША ӘДЕБИ
 ШОЛУ..... 69
- Б. Имангалиева, Б. Досанова, А. Апендина, С. Дузелбаева, Н. Сұлтанов**
 ДӘРІЛІК ӨСІМДІКТЕРДЕГІ ІЛК ЗАТТАРДЫ АНЫҚТАУ..... 86
- А. Касен, Е. Усипбекова, Г. Сулейменова, А. Даулетбай**
 ПОЛИМЕРЛЕР НЕГІЗІНДЕГІ БАТАРЕЯЛАРҒА АРНАЛҒАН
 МЕМБРАНА-СЕПАРАТОР ҚАСИЕТТЕРІ..... 104
- Н.Б. Касенова, Р.Ш. Еркасов, С.К. Маханова, Р.Н. Ажигулова, Р. Баярболат**
 ИҚ — СПЕКТРОСКОПИЯ ТЕТРАЯДРОЛЫ ТЕМІР (II) КЕШЕНДЕРІНІҢ
 ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ МЕН РЕАКЦИЯЛЫҚ ҚАБІЛЕТІН ЗЕРТТЕУ
 ӘДІСІ РЕТІНДЕ..... 119
- Р.М. Кудайбергенова, А.Н. Нурлыбаева, С.З. Матеева, К.Б. Булекбаева,
 Г.А. Сейтбекова**
 ЖОҒАРЫ ДИСПЕРСТІ ЭЛЕКТРОКОРУНДТЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ-ХИМИЯЛЫҚ
 СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ..... 131
- А.Х. Кусайнова, Б.М. Кудайбергенова, А.М. Маликова, Г.А. Алдибекова**
 ҚҰРАМЫНА ОБЛЕПИХА (*PIRRORHÆ RHAMNOIDES L.*) ЭКСТРАКТЫ

ҚОСЫЛҒАН ПОЛИМЕРЛІК КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚҰРАМЫН ДАЙЫНДАУ.....	143
Н. Мерхатұлы, А.Н. Искандеров, С.Б. Абеуова, А.Н. Искандеров, А.О. Бұлмбаева ҚОСАРЛАНҒАН N,N-ДИФЕНИЛАНИЛИНИЛАЗУЛЕНДЕРДІҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ ФОТОФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....	157
Г. Мукушева, Н. Тойгамбекова, Н. Базарнова, М. Нурмағанбетова, А. Абдраим ХИНИН АЛКАЛОИДЫНЫҢ ЖАҢА ТУЫНДЫЛАРЫН АЛУ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАБЫНУҒА ҚАРСЫ БЕЛСЕНДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ.....	169
Н.Ж. Мухамедияров, Н.Н. Нурғалиев, А.А. Уалиханов, А.Н. Сабитова, Н.А. Айтказин ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ МЕТАЛЛУРГИЯ ӨНДІРІС ҚАЛДЫҚТАРЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ӨНДЕУДІҢ БОЛАШАҒЫ.....	183
К.Т. Муханбетжанова, Н.А. Сатыбаева, К.Т. Куптлеуова ПОЛИМЕРНО-КОЛЛОИДНЫЙ КОМПЛЕКС — НОВЫЙ СВЯЗУЮЩИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ.....	198
Г. Орманова, А. Анарбаев, Б. Кабылбекова, Н. Анарбаев НАТРИЙ ХЛОРИДІ ЕРІТІНДІЛЕРІНЕН ГИПСТІ СҮЗУ ЖЫЛДАМДЫҒЫН ЗЕРТТЕУ.....	214
Р.К. Рахметуллаева, М. Әбутәліп, Б.М. Баянбаев, А.М. Абухан, Н.Б. Сарова ПОЛИМЕР ҚАЛДЫҚТАРЫНАН АҒАШ-ПОЛИМЕРЛІ КОМПОЗИТТЕРДІ АЛУ.....	228
Б.Б. Рысқұлбек, Ю.Б. Абдусаметова, М.А. Дюсебаева, Н.А. Ибрагимова, Г.Е. Берганаева ARSTIUM LAPPA ТАМЫРЫ МЕН ЖАПЫРАҚТАРЫНДАҒЫ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУЫ.....	243
А. Тукибаева, А. Басшов, Д. Асылбекова, Г. Адырбекова, Н. Калиева ФОСФИННІҢ СУЛЫ ЕРІТІНДЕРДЕГІ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	260
О.С. Холкин, Н.С. Иванов, И.Е. Адельбаев, Ә.Б. Басшов, М. Жұрынов ҚЫШҚЫЛДЫ ОРТАДА АЙНЫМАЛЫ ТОКПЕН ЦИРКОНИЙДІ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ЕРІТУ АРҚЫЛЫ ЦИРКОНИЙ ДИОКСИДІН АЛУ....	274

СОДЕРЖАНИЕ

ХИМИЯ

А. Абдуллин, Н. Жаникулов, А. Байлен, А. Свидерский, М. Кайырбаева ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕАКЦИЙ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ПРОЦЕССЕ ФРИТТООБРАЗОВАНИЯ ЦИНК ФОСФАТНОГО ЦЕМЕНТА.....	11
Б. Акимбекова, А. Карилхан, А.А. Жорабек, А. Амирхан ВЛИЯНИЕ НА СЕЛЕКТИВНУЮ ФЛОТАЦИЮ РЕАГЕНТОВ, ОБЛАДАЮЩИХ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ.....	23
С. Баязит, А. Зазыбин, Мурат Айдемир СИНТЕЗ И ФАРМАКОЛОГИЯ КАЗКАИНА И ДРУГИХ ПРОИЗВОДНЫХ 4-ЭТИНИЛПИПЕРИДИНА: ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ.....	39
К.Т. Ботабекова, С.Б. Амангалиева, А.К. Кипчакбаева ФИТОХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ <i>PHLOMIS TUBEROSA</i>	57
А. Жанжаксина, Ж. Ибатаев, А. Аширбек <i>ARTEMISIA PROCERIFORMIS L. (ARTEMISIA ABROTANUM)</i> : ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ХИМИЧЕСКОМУ СОСТАВУ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ.....	69
Б. Имангалиева, Б. Досанова, А. Апендина, С. Дузелбаева, Н. Султанов ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДУБИЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ.....	86
А. Касен, Е. Усипбекова, Г. Сулейменова, А. Даулетбай СВОЙСТВА МЕМБРАНЫ-СЕПАРАТОРА ДЛЯ БАТАРЕЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРОВ.....	104
Н.Б. Касенова, Р.Ш. Еркасов, С.К. Маханова, Р.Н. Ажигулова, Р. Баярболат ИК – СПЕКТРОСКОПИЯ КАК МЕТОД ИЗУЧЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ И РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ТЕТРАЯДЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЖЕЛЕЗА (II).....	119
Р.М. Кудайбергенова, А.Н. Нурлыбаева, С.З. Матеева, К.Б. Булекбаева, Г.А. Сейтбекова ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВЫСОКОДИСПЕРСНОГО ЭЛЕКТРОКОРУНДА.....	131

А.Х. Кусаинова, Б.М. Кудайбергенова, А.М. Маликова, Г.А. Алдибекова РАЗРАБОТКА СОСТАВА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ЭКСТРАКТОМ ОБЛЕПИХИ КРУШИНОВИДНОЙ (<i>HIPPOPHAE RHAMNOIDES L.</i>).....	143
Н. Мерхатулы, А.Н. Искандеров, С.Б. Абеуова, А.Н. Искандеров СИНТЕЗ И ФОТОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СОПРЯЖЕННЫХ N, N ДИФЕНИЛАНИЛИНИЛАЗУЛЕНОВ.....	157
Г. Мукушева, Н. Тойгамбекова, Н. Базарнова, М. Нурмаганбетова, А. Абдраим ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ АЛКАЛОИДА ХИНИНА И ИЗУЧЕНИЕ ИХ ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ.....	169
Н.Ж. Мухамедияров, Н.Н. Нургалиев, А.А. Уалиханов, А.Н. Сабитова, Н.А. Айтказин СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ЮЖНОГО КАЗАХСТАНА И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ПЕРЕРАБОТКИ.....	183
К.Т. Муханбетжанова, Н.А. Сатыбаева, К.Т. Куптлеуова ПОЛИМЕРНО-КОЛЛОИДНЫЙ КОМПЛЕКС — НОВЫЙ СВЯЗУЮЩИЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ ФОРМ И СТЕРЖНЕЙ.....	198
Г. Орманова, А. Анарбаев, Б. Кабылбекова, Н. Анарбаев ИЗУЧЕНИЕ СКОРОСТИ ФИЛЬТРОВАНИЯ ГИПСА ИЗ РАСТВОРОВ ХЛОРИДА НАТРИЯ.....	214
Р.К. Рахметуллаева, М. Абуталип, Б.М. Баянбаев, А.М. Абухан, Н.Б. Сарова ПОЛУЧЕНИЕ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ.....	228
Б.Б. Рыскулбек, Ю.Б. Абдусаметова, М.А. Дюсебаева, Н.А. Ибрагимова, Г.Е. Берганаева СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В КОРНЯХ И ЛИСТЯХ ARSTIUM LAPPA.....	245
А. Тукибаева, А. Башов, Д. Асылбекова, Г. Адырбекова, Н. Калиева ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ФОСФИНА В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ.....	260
О.С. Холкин, Н.С. Иванов, И.Е. Адельбаев, А.Б. Башов, М. Журинов ПОЛУЧЕНИЕ ДИОКСИДА ЦИРКОНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИМ РАСТВОРЕНИЕМ ЦИРКОНИЯ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ В КИСЛОЙ СРЕДЕ.....	274

NEWS

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

ISSN 2224-5286

Volume 2. Number 463 (2025), 11–22

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1491.278>

UDC 662:666.763

©A. Abdullin¹, N. Zhanikulov^{*2}, A. Bailen², A. Sviderskiy³, M. Kaiyrbaeva², 2025.

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

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

³Zhezkazgan University named after O.A. Baikonurov, Zhezkazgan, Kazakhstan.
E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru

THERMODYNAMIC ANALYSIS OF REACTIONS OCCURRING IN THE PROCESS OF FRIT FORMATION OF ZINC PHOSPHATE CEMENT

A. Abdullin — PhD student, teacher of M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan,
E-mail: aidana_gkz@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4690-5441>;

N. Zhanikulov — PhD, associate professor of E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan,
E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0750-9753>;

A. Bailen — master, teacher of E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan,
E-mail: aida_bailen@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-9024-0065>;

A. Sviderskiy — Doctor of chemical sciences, professor, Vice-Rector for Science and Strategic Development of Zhezkazgan University named after O.A. Baikonurov, Zhezkazgan, Kazakhstan,
E-mail: katsostud@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7277-5882>;

M. Kaiyrbaeva — master, senior teacher of E.A. Buketov Karaganda University, Karaganda, Kazakhstan,
E-mail: m_kaiyrbaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1964-9582>.

Abstract. The production of zinc phosphate cement for dentistry is a pressing issue for our country, since not a single type of dental cement is produced in Kazakhstan, and all necessary materials are imported from abroad. The scientific article presents the results of thermodynamic calculations of reactions occurring in the process of frit formation of zinc phosphate cement. Thermodynamic calculations were carried out using the program package «HSC Chemistry 6». As a result of the conducted studies it was found that zinc phosphate cement frit contributes to the intensification of mineralization. *Results.* In particular, it was found that frit minerals can be formed in the temperature range of 1000-1100 °C with Gibbs energy values ΔG of -8,321 and -109,3 kcal, respectively. At introduction of 1,5 % of phosphorus slag the charge composition is influenced by additives of CaO, SiO₂, Al₂O₃, MgO, F, CaF₂, which promotes thermodynamically efficient reactions. Depending on the Gibbs energy, the formation of the main minerals of frit in the reaction group (I) and (II) at temperatures of 1000-1100 °C is shown: ZnO - 60 %, MgO - 8 %, Zn₂SiO₄ - 18 %, Mg₂SiO₄ - 6 %, ZnAl₂O₄ - 2 %, CaF₂ - 0,5 %, Ca₃SiO₅ - 2,0 % and Bi-Si-Ca (glass phase) - 3,5 %. As a result, it is proved that reactions of formation of mineral phases ZnO, MgO, Zn₂SiO₄, Mg₂SiO₄,

ZnAl_2O_4 , CaF_2 , Ca_3SiO_5 with negative values of ΔG for production of zinc phosphate cement frit have high thermodynamic probability. The obtained scientific results make it possible to determine the concentration of the mineral phase formed during the firing of zinc phosphate cement frit, to establish the optimal firing temperature and to ensure the production of zinc phosphate cement with an effective composition.

Keywords: zinc phosphate cement, composite material, roasting, thermodynamic calculations, phosphoric slag, frit

Acknowledgment, funding: This research was funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (IRN AP22683868 – «Development and research of the composition of zinc-phosphate composite cements for the dental needs of Kazakhstan»).

©А. Абдуллин¹, Н. Жаникулов^{2*}, А. Байлен², А. Сви́дерский³,
М. Қайырбаева², 2025.

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

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

³О.А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университеті, Жезқазған, Қазақстан.
E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru

МЫРЫШ ФОСФАТТЫ ЦЕМЕНТТІҢ ФРИТТ ТҮЗІЛУ ПРОЦЕСІНДЕ ЖҮРЕТІН РЕАКЦИЯЛАРДЫ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ ТАЛДАУ

А. Абдуллин — PhD докторанты, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университетінің оқытушысы, Шымкент, Қазақстан,

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

Н. Жаникулов — PhD, Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университетінің қауымдастырылған профессоры, Қарағанды, Қазақстан,

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

А. Байлен — магистр, Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университетінің оқытушысы, Қарағанды, Қазақстан,

E-mail: aida_bailen@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-9024-0065>;

А. Сви́дерский — химия ғылымдарының докторы, профессор, О.А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университетінің ғылым және стратегиялық даму жөніндегі проректоры, Жезқазған, Қазақстан,

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

М. Қайырбаева — магистр, Академик Е.А. Бөкетов атындағы Қарағанды университетінің аға оқытушысы, Қарағанды, Қазақстан,

E-mail: m_kaiyrbaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1964-9582>.

Аннотация. Стоматологияға қажетті мырыш фосфатты цемент өндіру еліміз үшін аса өзекті мәселе болып саналады. Себебі, Қазақстанда стоматологиялық цементтің ешқандай түрі өндірілмейді, қажетті материалдар шет елдерден экспортталады. Ғылыми мақалада мырыш фосфатты цементтің фритт түзілу процесінде жүретін реакциялардың термодинамикалық есептеу нәтижелері

көрсетілген. Термодинамикалық есептеу «HSC Chemistry 6» бағдарламалық кешенін қолдана отырып орындалды. Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде мырыш фосфатты цемент фриттінің минерал түзілуін күшейтуге ықпал ететіні анықталды. *Нәтижелері.* Атап айтқанда, Гиббс энергиясының мәндері сәйкесінше ΔG -8,321 және -109,3 ккал аралығы 1000 - 1100 °C-қа дейінгі температура диапазонында фритт минералдарының пайда болуы мүмкін екендігі анықталды. Фосфор шлагын 1,5 % ендіргенде шихта құрамына CaO, SiO₂, Al₂O₃, MgO, F, CaF₂ қоспалары әсер етіп, термодинамикалық тиімді реакциялардың жүруіне қатысты. Гиббс энергиясына байланысты 1000-1100 °C температурада (I) және (II) реакция тобында фриттің негізгі минералдарының түзілуі ZnO – 60 %, MgO – 8 %, Zn₂SiO₄ – 18 %, Mg₂SiO₄ – 6 %, ZnAl₂O₄ – 2,0 %, CaF₂ – 0,5 %, Ca₃SiO₅ – 2 % және Bi-Si-Ca (шыны фаза) – 3,5 % көрсетілді. Нәтижесінде мырыш фосфатты цемент фриттің алу үшін ΔG теріс мәндері ZnO, MgO, Zn₂SiO₄, Mg₂SiO₄, ZnAl₂O₄, CaF₂, Ca₃SiO₅ минералдарының фазалары түзілу реакцияларының жоғары термодинамикалық ықтималды екендігі дәлелденді. Алынған ғылыми нәтижелер мырыш фосфатты цемент фриттің күйдіріп алу кезінде түзілетін минералды фазаның концентрациясын анықтауға, күйдіру температурасының оптималды шамасын анықтауға және тиімді құраммен мырыш фосфатты цемент алуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: мырыш фосфатты цемент, композициялық материал, күйдіру, термодинамикалық есептеулер, фосфор шлагы, фритт

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (ИРН AP22683868 – Қазақстанның стоматологиялық қажеттіліктері үшін мырыш-фосфатты композициялық цементтің құрамын зерттеу және әзірлеу»).

©А. Абдуллин¹, Н. Жаникулов^{2*}, А. Байлен², А. Свидерский³,
М. Кайырбаева², 2025.

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

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

³Жезказганский университет имени О.А. Байконурова, Жезказган, Казахстан.
E-mail: nurgali.zhanikulov@mail.ru

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕАКЦИЙ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ПРОЦЕССЕ ФРИТТООБРАЗОВАНИЯ ЦИНК ФОСФАТНОГО ЦЕМЕНТА

А. Абдуллин — PhD докторант, преподаватель Южно-Казахстанского университета им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан,

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

Н. Жаникулов — PhD, ассоциированный профессор Карагандинского университета имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан,

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

А. Байлен — магистр, преподаватель кафедры «Неорганической и технической химии»

Карагандинского университета имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан,
E-mail: aida_bailen@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-9024-0065>;

А. Свидерский — доктор химических наук, профессор, проректор по науке и стратегическому развитию Жезказганского университета имени О.А. Байконурова, Жезказган, Казахстан,
E-mail: katsostud@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7277-5882>;

М. Кайырбаева — магистр, старший преподаватель Карагандинского университета имени академика Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан,
E-mail: m_kaiyrbaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1964-9582>.

Аннотация. Производство цинк-фосфатного цемента для стоматологии является актуальной задачей для нашей страны, поскольку в Казахстане не производится ни один вид стоматологического цемента, и все необходимые материалы импортируются из-за рубежа. В научной статье представлены результаты термодинамических расчетов реакций, протекающих в процессе фриттообразования цинк фосфатного цемента. Термодинамические расчеты проводились с использованием программного пакета «HSC Chemistry 6». В результате проведенных исследований установлено, что фритта цинк фосфатного цемента способствует интенсификации минерализации. *Результаты.* В частности, установлено, что минералы фритты могут образовываться в интервале температур 1000-1100 °C со значениями энергии Гиббса ΔG -8,321 и -109,3 ккал соответственно. При введении 1,5 % фосфорного шлака на состав шихты оказывают влияние добавки CaO, SiO₂, Al₂O₃, MgO, F, CaF₂, что способствует термодинамически эффективному протеканию реакций. В зависимости от энергии Гиббса показано образование основных минералов фритты в реакционной группе (I) и (II) при температурах 1000-1100 °C: ZnO – 60 %, MgO – 8 %, Zn₂SiO₄ – 18 %, Mg₂SiO₄ – 6 %, ZnAl₂O₄ – 2 %, CaF₂ – 0,5 %, Ca₃SiO₅ – 2,0 % и Bi-Si-Ca (стеклофаза) – 3,5 %. В результате доказано, что реакции образования минеральных фаз ZnO, MgO, Zn₂SiO₄, Mg₂SiO₄, ZnAl₂O₄, CaF₂, Ca₃SiO₅ с отрицательными значениями ΔG для получения цинк фосфатной цементной фритты имеют высокую термодинамическую вероятность. Полученные научные результаты позволяют определить концентрацию минеральной фазы, образующейся при обжиге фритты цинк-фосфатного цемента, установить оптимальную температуру обжига и обеспечить получение цинк-фосфатного цемента с эффективным составом.

Ключевые слова: цинк фосфатный цемент, композиционный материал, обжиг, термодинамические расчеты, фосфорный шлак, фритт

Исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (ИРН AP22683868 – «Разработка и исследование состава цинк-фосфатных композиционных цементов для стоматологических нужд Казахстана»).

Кіріспе. Мырыш фосфатты цемент – мырыш оксиді (ZnO) мен ортофосфор қышқылы (H₃PO₄) арасындағы қышқыл-негіз реакциясы нәтижесінде алынатын бейорганикалық тұтастырғыш зат (Hoffmann's, 2023). Бұл композициялық материал жоғары адгезияға, биоүйлесімділікке және коррозияға төзімділік

сияқты бірегей қасиеттеріне байланысты стоматологияда және басқа салаларда кеңінен қолданылады (Leung, et al., 2022). Мырыш фосфатты цемент ұнтағының құрамына ZnO , SiO_2 , MgO , Bi_2O_3 оксидтер мен басқада қоспаларды ендіріп, шихтаны 1000-1300 °C температурада 4-8 сағат бойы жоғары температурада термиялық өңдеуден жентектелгеннен кейін ұнтақтап алады (Park, et al., 1998). Термиялық өңдеуден кейін шихта бөлшектердің өлшемі 2-8 мкм болатын етіп өте жұқа деңгейде ұнтақталады және біртектілікті қамтамасыз ету үшін №008 електен, қалдығы 0,5 % болғанша електен өткізеді (Abdullin, et al., 2025). Мырыш фосфат цементтің қасиеттерін оңтайландыру және оның өнімділігін арттыру үшін шихтаның жентектелу процестерін терең түсіну қажет. Термодинамикалық есептеулер жүйенің фазалық құрамын, реакцияларды және параметрлерді әр түрлі температурада болжауға мүмкіндік береді, бұл мырыш фосфатты цемент фритінің тиімді түзілуіне ықпал етеді (Viani, et al., 2016).

Фриттинг – бұл мырыш фосфатты цемент ұнтағының біртекті фазасын алу үшін барлық массаны балқытпай қолданылатын бейорганикалық қосылыстардың термиялық жентектелу процесі (Абдурахманов, et al., 2016). Термодинамикалық процесті модельдеу әр түрлі температурада, әсіресе 800 – 1300 °C диапазонында энергетикалық тиімді реакция жолдары мен фазалық тепе-теңдікті анықтауға мүмкіндік береді (Sudarev, 2021). Соңғы жылдары мырыш фосфат цементті өндіруде жентектелу процестерін термодинамикалық модельдеу саласындағы зерттеулердің белсенді дамуы байқалуда. Бұл фазалық өзгерістерді талдау және алынатын фриттің құрамын оңтайландыру үшін HSC Chemistry, FactSage және Thermo-Calc сияқты бағдарламалық кешендерді пайдалануға ерекше назар аударуда (Roine, 2002).

Паулсон және басқалардың жұмысында фазалық диаграммаларды модельдеу және көп компонентті жүйелердегі фазалық тұрақтылықты бағалау үшін CALPHAD тәсілін қолдануды қарастырады. Авторлар болжамдардың дәлдігін жақсарту үшін термодинамикалық модельдердегі белгісіздікті ескерудің маңыздылығын атап көрсеткен (Paulson, et al., 2019).

Жұмыстың мақсаты – стоматологиялық мырыш фосфатты цемент шихта құрамына фосфор шлағын қосқанда орындалатын күрделі физика-химиялық процестердің жүруін термодинамикалық есептеу арқылы анықтау болып табылады.

Материалдар мен зерттеу әдістері. Термодинамикалық есептеулер «HSC Chemistry 6» бағдарламалық кешенін қолдана отырып жүргізілді. Есептеуде қолданылатын бағдарламалық пакет жоғары сапалы дерекқорларды әзірлеуге, жүргізуге және таратуға арналған еуропалық SGTE (Scientific Group Thermodata Europe, Стокгольм, Швеция) консорциумының идеологиясына негізделген. SGTE құрылымын Германия, Канада, Франция, Швеция, Ұлыбритания және АҚШ-тың мамандандырылған ғылыми орталықтары ұсынады. Бағдарламалық пакеттің мәліметтер базасында 22000 жеке заттар туралы ақпарат бар (Kolesnikov, et al., 2022).

Химиялық термодинамика – химиялық реакциялар және фазалық ауысулармен бірге жүретін энергияның әртүрлі формаларының өзара түрленуін зерттейтін химияның саласы.

Химиялық термодинамика әртүрлі термодинамикалық шамаларды есептеуге, процестердің бағыты, процеске әсер ететін факторлар, процестің тереңдігі туралы қорытынды жасауға мүмкіндік береді.

Изобар-изотермиялық потенциал – Гиббс энергиясы тұрақты қысым мен температурада тепе-теңдік процесінің бағыты критерийі болып табылады ($\Delta G < 0$ кезінде реакция өнім түзуге бағытталған).

Энтальпияның басқа термодинамикалық функцияларын өзгерту термиялық реакция режимін бағалауға мүмкіндік береді. Жылу әсеріне байланысты реакциялар эндотермиялық (жылу сіңірумен) және экзотермиялық (жылу шығарумен) болуы мүмкін. Жылу әсерін бірнеше әдістермен анықтауға болады, олардың бірі түзілу жылуын анықтауға негізделген. Әдістің негізінде Гесс Заңы жатыр:

$$\Delta H = \sum n \cdot \Delta H_{np}^{обp} - \sum n \cdot \Delta H_{исx}^{обp}$$

мұнда, n – стехиометриялық коэффициент;

$\sum \Delta H_i$ – реакция өнімдерінің және бастапқы заттардың түзілу жылуларының қосындысы, Дж.

Кирхгофф теңдеуінің көмегімен реакцияның жылу әсерін кез-келген температурада, ΔH мәндерін біле отырып басқа температурада анықтауға болады, мәселен ΔH_{298} .

$$\Delta H_T = \Delta H_{298} + \int_{298}^T \Delta C_p \cdot dT$$

$$\Delta H_T = \Delta H_{298} + \Delta a \cdot (T_2 - 298) + \frac{\Delta b}{2} \cdot (T_2^2 - 298^2) + \frac{\Delta c}{3} \cdot (T_2^3 - 298^3) - \Delta c^{\downarrow} \cdot \left(\frac{1}{298} - \frac{1}{T_2} \right)$$

мұнда, ΔC_p - реакция өнімдері мен бастапқы заттардың жылу сыйымдылығының айырмашылығы.

Энтропияның өзгеруін төмендегі теңдеу арқылы анықтауға болады:

$$\Delta S_T = \Delta S_{298} + \int_{298}^T \frac{\Delta C_p}{T} \cdot dT$$

$$\Delta S_T = \Delta S_{298} + \Delta a \cdot \ln \frac{T_2}{298} + \Delta b \cdot (T_2 - 298) + \frac{\Delta c}{2} \cdot (T_2^2 - 298^2) - \Delta c^{\downarrow} \cdot \left(\frac{1}{298^2} - \frac{1}{T_2^2} \right)$$

мұнда, $\Delta S_{298} - T = 298$ және 0,1 МПа қысым кезінде, стандартты жағдайларда реакция кезінде энтропияның өзгеруі.

Гиббс энергиясы төмендегі теңдеу арқылы анықталады:

$$\Delta G_T^\circ = \Delta H_T^\circ - T \cdot \Delta S_T^\circ$$

Реакцияларға қатысатын заттардың түзілу жылуларының мәні және соңғысының нәтижесінде түзілу анықтамалықтардан таңдалады.

Реакцияның термодинамикалық параметрлері реакцияларға қатысатын заттардың термодинамикалық қасиеттерімен анықталады. Бұл қасиеттердің ішіндегі ең маңыздылары - ішкі энергия, энтальпия, энтропия, жылу сыйымдылығы, Гиббс энергиясы.

Тепе-теңдік константасы – олардың стехиометриялық коэффициенттері дәрежесіндегі өнімдердің парциалды қысымы көбейтіндісінің бастапқы заттардың парциалды қысымының көбейтіндісіне олардың стехиометриялық коэффициенттері дәрежесіне қатынасына тең.

Тепе-теңдік константасы – берілген температурада берілген химиялық реакция үшін тұрақты шама. Тепе теңдік константасы химиялық реакцияның изотерма тендеуімен анықталады:

$$\Delta G_T^\circ = -R \cdot T \cdot \ln K_p$$

Мұнда, R – тұрақты газ шамасы, 8,314 Дж/моль·Кельвин;

T – химиялық реакция температурасы К;

K_p – тепе-теңдік константасы.

Гиббс энергиясы мына тендеу арқылы есептеледі:

$$\Delta G_T^\circ = \Delta H_T^\circ - \Delta S_T^\circ \cdot T$$

Кез келген температурадағы реакциялардың тепе-теңдік константасын есептеу стандартты Гиббс энергиясының тендеуіне негізделген:

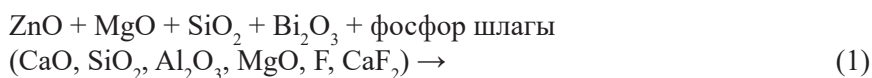
$$-\Delta G_T = R \cdot T \cdot \ln K_p \text{ сәйкесінше: } \ln K_p = -\frac{\Delta G}{RT},$$

Мұнда, R - әмбебап газ тұрақтысы, $R = 1,98$ кал/моль·К немесе 8,31 Дж/(К· моль);

Мырыш фосфатты цементтерді өндіру процесі шикізатты дайындаудан бастап, шихта фритті термиялық өңдеу, цемент ұнтағының түзілуі және цемент тасын қатайту секілді бірнеше кезеңдерді қамтиды (Романенко, et al., 2019). Термиялық өңдеу процесінде мырыш фосфатты цемент шихта фриттің фазалары жентектеледі. Цемент ұнтағын алғаннан кейін оны қатаю процесін жүргізу үшін ортофосфор қышқылының ерітіндісімен араластыру орындалады (Arun, et al., 2023).

Араластыру кезінде стоматологиялық цементінің қатаюу процесін қамтамасыз ететін маңызды химиялық реакциялар жүреді: мырыш оксиді (ZnO) $\rightarrow$ фосфор шлағын қосу (SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , MgO , F , CaF_2) $\rightarrow$ шихтаны араластыру $\rightarrow$ 1000-1100 °C термиялық өңдеу $\rightarrow$ алынған фритті ұнтақтау $\rightarrow$ цемент ұнтағы + (H_3PO_4) ерітіндісі $\rightarrow$ цемент тасы.

Шикізат материал ретінде химиялық құрамы 99,99 % таза ZnO , SiO_2 , MgO және Bi_2O_3 оксидтері мен құрамында кремний (37,6 %), алюминий (4,49 %), кальций (42,4 %), магний (2,19 %) және т.б. оксидтері, сондай-ақ фтор (1,94 %) және кальций фториді (4,91 %) кездесетін фосфор шлағы алынды. Келтірілген шикізат материалдан төмендегідей шихта құрамын дайындау және күйдірудің физика-химиялық процесстерінің химиялық реакция теңдеуі төмендегідей ұсынылды:



Нақты шихта құрамы төмендегідей:

ZnO	– 83,0 %
MgO	– 9,0 %
SiO_2	– 3,5 %
Bi_2O_3	– 3,0 %
Фосфор шлағы (CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , F , CaF_2)	– 1,5 %

Нәтижелер және талқылаулар. Термодинамикалық есептеу жүргізу үшін реакцияға қатысатын бастапқы заттардың 1000 және 1100 °C температурадағы термодинамикалық қасиеттері 1 кестеде көрсетілген.

1 – кесте. Реакцияға қатысатын бастапқы заттардың 1000 және 1100 °C температурадағы термодинамикалық қасиеттері

Бастапқы заттар	Температура, °C	ΔC_p , кал/моль·K	Энтальпия ΔH , ккал/моль	Энтропия ΔS , кал/моль·K	Гиббс энергиясы ΔG° , ккал/моль
ZnO	1000	12,94	-84,78	-25,62	-52,16
	1100	13,13	-84,66	-25,53	-49,60
MgO	1000	12,50	-145,56	-27,61	-110,40
	1100	12,62	-145,55	-27,61	-107,64
SiO_2	1000	17,17	-215,30	-40,85	-163,28
	1100	17,29	-215,10	-40,70	-159,21
Bi_2O_3	1000	48,27	-124,09	-53,97	-55,37
	1100	48,27	-121,85	-52,28	-50,05

Термодинамикалық есептеулер мырыш фосфатты цемент фриттінің негізгі минералдарының: ZnO , Zn_2SiO_4 , MgO , Mg_2SiO_4 және шихта құрамына ендірілген фосфор шлағы негізінде ZnAl_2O_4 , ZnF_2 , Ca_3SiO_5 минералдарының түзілу синтезін модельдеу жағдайында есептелді (Валынов, et al., 2023). Атап айтқанда, I топ – стандартты реакциялар (2-4) фритте түзілген минералдар және II топ – стандартты емес реакциялармен (5-7) түзілген минералдар ұсынылады:

ZnO (цинцит) минералы түзіледі (2)

$2\text{ZnO} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Zn}_2\text{SiO}_4$ (3)

$2\text{MgO} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Mg}_2\text{SiO}_4$ (4)

$\text{ZnO} + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{ZnAl}_2\text{O}_4$ (5)

$\text{ZnO} + \text{CaF}_2 \rightarrow \text{ZnF}_2 + \text{CaO}$ (6)

$3\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{CaF}_2 \rightarrow \text{Ca}_3\text{SiO}_5 + \text{CaF}_2$ (7)

Термодинамикалық параметрлерді есептеу нәтижелері 2 кестеде келтірілген.

2 – кесте. 1000 және 1100 °C температурадағы термодинамикалық есептеу нәтижелері

Реакция №	Температура, °C	Энтальпия ΔH , ккал	Энтропия ΔS , кал/К	$\Delta G_{\text{х.р.}}$, ккал	Log(K)
2	1000	-72.22	27.01	-106.61	-
2	1100	-70.91	28.00	-109.36	-
3	1000	-8.157	0.129	-8.321	1.428
3	1100	-7.898	0.324	-8.343	1.328
4	1000	-15.608	-0.775	-14.621	2.510
4	1100	-15.470	-0.671	-14.549	2.316
7	1000	-35.389	4.822	-41.528	7.129
7	1100	-34.825	5.248	-42.031	6.690

I топтың стандартты реакцияларын есептеу нәтижелеріне сүйене отырып, Гиббс энергиясының температураға тәуелдігі анықталды. 2 кестеде мырыш фосфатты цемент фриттің күйдіру кезінде түзілетін (2) цинцит (ZnO) минералы негізгі кристалдық фаза ретінде сақталады. ZnO минералы 1000-1100°C температура аралығында түзілетіндігін көруге болады. Бұл жағдайда реакцияның Гиббс энергиясы теріс диапазонда болды, тиісінше ΔG -106,6 ккал-дан -109,36 ккал шегіне жетіп, реакцияның толық жүру мүмкіндігін көрсетті.

Реакция (3) виллемиттің (Zn_2SiO_4) түзілуі $T=1000^\circ\text{C}$ кезінде ΔG -8,321 ккалға тең болды, бұл берілген жағдайда реакция жай жүретіндігін көрсетеді. Реакцияның температурасы $T=1100^\circ\text{C}$ жоғарлауымен (3) Гиббс энергиясының теріс мәні артып, ΔG мәні -8,321 ккал-дан -8,343 ккал шегіне дейін артты. Бұл Гиббс энергиясының теріс мәнінің артуы реакцияның температураның артуы әсерінен жылдамдай түскенін көрсетті.

Реакция (4) форстериттің (Mg_2SiO_4) пайда болуы $T=1000^\circ\text{C}$ кезінде ΔG -14,62 ккал тең болды. Реакцияның температурасы $T=1100^\circ\text{C}$ артуы ΔG мәнін -14,621 ккал-дан -14,549 ккал-ға дейін төмендегенін көрсетеді.

Сонымен қатар, II топтағы реакцияларды есептеу нәтижесінде ZnAl_2O_4 (ганит) минералының түзілуіне (5) бастапқы $T=1000^\circ\text{C}$ жеткіліксіз екендігін, температурнаның жоғарлауымен $T=1100^\circ\text{C}$ болған кезде ΔG мәні небәрі -0,008 ккал басталғаны анықталды (Serena, et al., 2006).

Жентектелу процесінде жүретін реакциялар (6) өнімнің сапасын және оның фазалық құрамын анықтайды. Мырыш фосфат цемент ұнтағының құрамына фосфор шлағының қосылуы жентектелу механизмдеріне және соңғы ұнтақ материалдың қасиеттеріне әсер етеді. F және CaF_2 шикізаттағы оксидтермен әрекеттесіп

ZnF_2 түзіледі. Фторидтер қоспаның балку температурасын төмендетеді, бұл жентектелу процесін жеңілдетеді және цементті күйдіру процесінде фазалардың түзілуін жақсартады. Фтор бастапқы материалдардың кристалдық торларының бұзылуына ықпал етеді, олардың белсенділігін арттырады. Фторидтер фтордың әсерінен жентектелудің химиялық реакциясын жеделдетеді және ZnF_2 ұшпа фторлы қосылыстар түзеді (Tamer, et al., 2018).

Фосфор шлагының құрамында CaO және SiO_2 болуы реакция (7) кальций-силикат фазаларының пайда болуына әкеледі. Бұл фазаларға Ca_3SiO_5 (үш кальций силикат) жатады, фторидтердің бұл реакцияларға әсері онша айқын емес, бірақ олардың болуы балку температурасының өзгеруіне және белгілі бір фазалардың пайда болуына әсер етеді. Реакция (7) үш кальций силикаттың (Ca_3SiO_5) түзілуі $T=1000^\circ\text{C}$ кезінде ΔG -41,52 ккалға тең болды, бұл берілген жағдайда реакцияның жүретіндігін көрсетеді. Реакцияның температурасы $T=1100^\circ\text{C}$ жоғарлауымен (7) Гиббс энергиясының теріс мәні артып, ΔG -41,52 ккал-дан -42,03 ккал шегіне дейін артты. Бұл Гиббс энергиясының теріс мәнінің артуы реакцияның температураның артуы әсерінен жылдамдай түсетіндігін дәлелдейді.

Термодинамикалық есептеу нәтижесінде «HSC Chemistry 6» бағдарламалық базасының негізінде мырыш фосфатты цемент фритт құрамында түзілген минералды фазаның саны 3 кестеде келтірілген.

3 – кесте. Термодинамикалық есептеу нәтижесінде фритт құрамында түзілген минералды фазаның саны

№	Фазаның атауы	Массалық үлесі (%)
1	ZnO (цинцит)	60
2	MgO (периклаз)	8
3	Zn_2SiO_4 (виллемит)	18
4	Mg_2SiO_4 (форстерит)	6
5	ZnAl_2O_4 (ганит)	2
6	Ca_3SiO_5 (үш кальцийлі силикат)	2
7	CaF_2 (флюорит)	0,5
8	Bi-Si-Ca (шыны фаза)	3,5

Кестеде келтірілгендей «HSC Chemistry 6» бағдарлама базасының көмегімен түзілген фазалардың саны толық 100 % құрады. Түзілетін минералдардың негізгі көрсеткіші 92 % дейін жетті, қосымша түзілетін фазалардың саны 4,5 % ал шыны фазаның мөлшері 3,5 % құрады.

Қорытындылай келе, термодинамикалық есептеудің нәтижесінде мырыш фосфатты цемент шихтасының құрамына 1,5 % фосфор шлагын ендіргенде жүретін күрделі физика-химиялық процестердің толық орындалатындығы есептелді. Химиялық реакцияға қатысатын бастапқы заттардың 1000 және 1100 $^\circ\text{C}$ температурада байланысқа түсетіндігі және реакция нәтижесінде түзілетін фазалардың мүмкін екендігі анықталды. Температура $T = 1000$ және 1100 $^\circ\text{C}$ кезінде фритт фазалары реакцияның Гиббс энергиясы теріс диапазонда болатындығы дәлелденді.

Қорытынды. Мырыш фосфатты цементтің фритт түзілу процесін термодинамикалық есептеу нәтижесінде келесідей тұжырымдар жасауға болады:

1. Мырыш фосфатты цемент фриттінің термодинамикалық модельдеуі процестің 1000-1100 °C температурада тұрақты жүретіні анықталды.

2. ΔG теріс мәндері ZnO , MgO , Zn_2SiO_4 , Mg_2SiO_4 , $ZnAl_2O_4$, CaF_2 , Ca_3SiO_5 минералдарының фазалары түзілу реакцияларының жоғары термодинамикалық ықтималдығын көрсетеді.

3. Фосфор шлағын ендірген шихта құрамына CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , F , CaF_2 қоспалары алынған материалдың құрылымына әсер етіп қана қоймай, сонымен қатар, термодинамикалық тиімді реакциялардың жүруіне қатысады.

4. Гиббс энергиясына байланысты 1000-1100 °C температурада (I) және (II) реакция тобында фритт негізгі минералдарының түзілуі келесі қатарда ұсынылатыны анықталды: ZnO – 60 %, MgO – 8 %, Zn_2SiO_4 – 18 %, Mg_2SiO_4 – 6 %, $ZnAl_2O_4$ – 2 %, CaF_2 – 0,5 %, Ca_3SiO_5 – 2 % және $Bi-Si-Ca$ (шыны фаза) – 3,5 %.

Әдебиеттер

Абдуллин А., Жаникулов Н., Таймасов Б., Потапова Е., Алферова Я., Ксенофонов Д., Жакипбаев Б. (2025) Фосфор шлағын қосу арқылы композициялық мырыш фосфатты цементті алу. Композиттер туралы ғылым журналы, — 9(5), — 200. <https://doi.org/10.3390/jcs9050200>

Абдурахманов А.И., Құрбанов О.Р. (2016) Ортопедиялық стоматология. Материалдар мен технологиялар. GEOTAR-Media: Мәскеу, Ресей, — 2016. — 352 б.

Арун К. Кота, Джон В. Николсон, Саманта Э. Бут. (2023) Потенциалды сүйек байланысы үшін мырыш фосфатты цементті биологиялық бағалау қолданулары. Биомедициналар, — 11(2). — 250. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11020250>

Гоффманның каталогы. Осы сілтеме бойынша. <https://hoffmann-dental.com/wp-content/uploads/2022/10/Hoffmann-Dental-Katalog-Englisch.pdf>, 01.04.2023 ж.

Колесников А., Федюк Р., Колесникова О., Жаникулов Н., Жакипбаев Б., Кураев Р., Ахметова Е., Шал А. (2022) Цемент клинкерін және мырыш экстракциясын алу үшін байыту қалдықтарын өңдеу. Материалдар, — 15, — 324. <https://doi.org/10.3390/ma15010324>

Леунг Г.К.-Х., Вонг А.В.-И., Чу С.-Х., Ю О.И. (2022) Стоматологиялық лютинг материалдарының жаңартуы. Стоматология журналы, — 10(11). — 208. <https://doi.org/10.3390/dj10110208>

Парк А.С., М.Р. Силсбий Б., Д.М. Рой Б. (1998) Өртүрлі ортофосфор қышқылы цементіндегі мырыш фосфатты цементтің түзілу реакциясы және нәтижесінде түзілетін сұйықтықтар. Цемент және бетон зерттеу, — 28, — 1, — 141-150. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(97\)00223-8](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(97)00223-8)

Паулсон Н.Х., Боклад Б.Ж. Отис Р.А., Лиу З., Стан М. (2019) Материалдарды жобалау үшін сандық белгісіздік термодинамикалық модельдеу. Акта Материалдары, — 174. — 9-15. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2019.05.017> (in English)

Роайн А. (2002) Windows жүйесіне арналған Outokumpu HSC Chemistry. Кең термохимиялық деректер базасы бар химиялық реакция және тепе-теңдік. Outokumpu Research ОУ: Порн, Финляндия, — 2002. — 268 б.

Романенко А.А., Щелокова Л.С., Бузов А.А. (2019) Мырыш фосфатты цементті ұнтақтау технологиясы және оның қасиеттері. Химия және химиялық технология жетістіктері, — 4, — 33, — 84-86.

Серена С., Де Ла Рубиа М.А., Кабалеро А.К., Кабалеро Ю.А. (2006) Bi_2O_3 - ZnO жүйесінің бай – Bi_2O_3 аймағын термодинамикалық зерттеу. Испанияның Керамика және Шыны Қоғамының хабаршысы, — 45, — 150-153. <http://hdl.handle.net/10261/4053>

Сударев Е.А. (2021) Мырыш фосфатты тіс цементін алу. 18.03.01 «Химиялық технология» бакалавриат бағдарламасының студенттеріне арналған «Қазіргі заманғы композициялық материалдар» курсы бойынша зертханалық тәжірибелік сабақтар мен студенттердің өзіндік жұмысына арналған әдістемелік нұсқаулықта. ТПУ баспасы: Томск, Ресей, — 2021. — 14 б.

Тамер М. Хамди, Сабри А. Эль-Корашы. (2018) Төмен тітіркендіргіш және микроаттылығы жоғары жаңа биоактивті мырыш фосфатты тіс цементі. Жер бетіндегі ғылым және нанотехнологияның электронды журналы, — 16, — 431-435. <https://doi.org/10.1380/ejsnt.2018.431>

Валынов А.С., Чиркова Н.В., Кравчук Е.В., Морозов А.Н., Деревнина Н.Г. (2023) Салыстырмалы талдау және мырыш фосфатты цементтерді жетілдіру перспективалары. Медицинаның қолданбалы ақпараттық аспектілері. Ғылыми-практикалық журнал, —2, — 26, — 53-58.

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*, — 9 (5). — 200. <https://doi.org/10.3390/jcs9050200> (in English)

Abdurakhmanov A.I., Kurbanov O.R. (2016) *Ortopedicheskaya stomatologiya. Materialy i tekhnologii* [Orthopedic dentistry. Materials and technologies]. GEOTAR-Media: Moscow, Russia, — 2016. — 352 p. (in Russian)

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 p. <https://doi.org/10.3390/biomedicines11020250> (in English)

Hoffmann's Katalog. On this link. <https://hoffmann-dental.com/wp-content/uploads/2022/10/Hoffmann-Dental-Katalog-Englisch.pdf>, 01.04.2023. (in English)

Kolesnikov A., Fediuk R., Kolesnikova O., Zhanikulov N., Zhakipbayev B., Kuraev R., Akhmetova E., Shal A. (2022) Processing of Waste from Enrichment with the Production of Cement Clinker and the Extraction of Zinc. *Materials*, — 15, — 324 p. <https://doi.org/10.3390/ma15010324> (in English)

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 p. <https://doi.org/10.3390/dj10110208> (in English)

Park A.C., M.R Silsbee B., D.M. Roy B. (1998) Setting reaction and resultant structure of zinc phosphate cement in various orthophosphoric acid cement – forming liquids. *Cement and concrete research*, — 28. — 1. — P. 141-150. [https://doi.org/10.1016/S0008-8846\(97\)00223-8](https://doi.org/10.1016/S0008-8846(97)00223-8) (in English)

Paulson N.H., Bocklund B.J., Otis R.A., Liu Z., Stan M. (2019) Quantified uncertainty thermodynamic modeling for materials design. *Acta Materialia*, — 174, — P. 9-15. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2019.05.017> (in English)

Roine A. (2002) Outokumpu HSC Chemistry for Windows. Chemical Reaction and Equilibrium Software with Extensive Thermochemical Database. Outokumpu Research OY: Pori, Finland, — 2002. — 268 p. (in English)

Romanenko A.A., Shchelokova L.S., Buzov A.A. (2019) Tekhnologiya pomola tsink-fosfatnogo tsementa i yego svoystva [Grinding technology of zinc phosphate cement and its properties]. *Advances in chemistry and chemical technology*, — 4, — 33, — P. 84-86. (in Russian)

Serena S., De La Rubia M.A., Caballero A.C., Caballero Y.A. (2006) Thermodynamic study of rich – Bi₂O₃ region of the Bi₂O₃-ZnO system. *Boletin de la sociedad Espanola de Ceramica y Vidrio*, — 45, — P. 150-153. <http://hdl.handle.net/10261/4053> (in English)

Sudarev E.A. (2021) Obtaining zinc phosphate dental cement. In *Methodological Instructions for Laboratory Practical Training and Independent Work of Students on the Course “Modern Composite Materials” for Students of the Bachelor’s Degree Program 18.03.01 Chemical Technology*. TPU Publishing House: Tomsk, Russia, — 2021. — 14 p. (in English)

Tamer M. Hamdy, Sabry A. El-Korashy. (2018) Novel Bioactive zinc phosphate dental cement with low irritation and enhanced microhardness. *e-Journal of surface science and nanotechnology*, — 16, — P. 431-435. <https://doi.org/10.1380/ejsnt.2018.431> (in English)

Valynov A.S., Chirkova N.V., Kravchuk E.V., Morozov A.N., Derevnina N.G. (2023) Sravnitel'nyy analiz i perspektivy sovershenstvovaniya tsink-fosfatnykh tsementov [Comparative analysis and prospects for improving zinc phosphate cements]. *Applied information aspects of medicine. Scientific and practical journal*, —2, — 26, — 53-58. (in Russian)

Viani A., Perez-Estebanez M., Pollastri S., Gualtieri A.F. (2016) In situ synchrotron powder diffraction study of the setting reaction kinetics of magnesium-potassium phosphate cements. *Cement Concrete Research*, — 79, — 344-352. <https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2015.10.007> (in English)

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)

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

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 20.06.2025.

Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

13,5 п.л. Заказ 2.

*Национальная академия наук РК
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-19*