

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

**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**№2
2026**

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

2026 • 2



**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND
CHEMICAL SCIENCES**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

Editor-in-Chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of IAAS and NAS RK, General Director of the Research Institute of Petroleum Refining and Petrochemicals (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960> <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Editorial Board:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2428551>

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the JSC "Phytochemistry Research and Production Center", (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/13503476>

ABIEV Rufat, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

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

TIGINYANU Ion Mihailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

SANG SU Kwak, PhD (Biochemistry, Agricultural Chemistry), Professor, Chief Scientist, Research Center for Plant Systems Engineering, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

BERSIMBAYEV Rakhmetkazhi Iskenderovich, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

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

BOSHKAEV Kuantai Avgazyevich, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

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

QUEVEDO Hernando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30353742>

ZHUSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of NAS of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

TAKIBAEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

KHARIN Stanislav Nikolaevich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

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

ABILMAGZHANOV Arlan Zainutallaevich, PhD in Chemistry, First Deputy Director General of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky", (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES.**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

Owner: «Central Asian Academic Research Center» LLP (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of Information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan № **KZ93VPY00121157** issued **05.06.2025**Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

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

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрынулы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ХҒАҚ және ҚР ҰҒА академигі, Мұнай өңдеу және мұнай-химиясы ғылыми-зерттеу институтының бас директоры (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960%3E>; <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакция ұжымы:

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

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мынжасарұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, "Фитохимия" ғылыми-өндірістік орталығы " АҚ директоры (Қарағанды, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/48648658>

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

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

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

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

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

БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. (Астана, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

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

БОШКАЕВ Қуантай Авгазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/29017135>

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

ЖҮСІПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

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

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

ӘБІЛМАҒЖАНОВ Арлан Зайнұтталайұлы, химия ғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы "Отын, катализ және электрохимия институты" АҚ Бас директорының бірінші орынбасары, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

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

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

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

Тақырыптық бағыты: *физика, химия.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик МААН и НАН РК, Генеральный директор НИИ нефтепереработки и нефтехимии (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960%3E>; <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

Редакционная коллегия:

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

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

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/13503476>

АБИЕВ Руфат, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

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

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

САНГ-СУ Квак, доктор философии (PhD, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/30028581>

БЕРСИМБАЕВ Рахметжахи Искендирович, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/19854255>

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

БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич, PhD, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2080231>

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

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

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/566>

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/65533963>

ТАКИБАЕВ Нурғали Жабағаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. Аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1671760>

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

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

АБИЛЬМАТЖАНОВ Арлан Зайнуталлаевич, кандидат химических наук, первый заместитель генерального директора АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

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

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

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

Периодичность: 4 раза в год.

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

CONTENTS

PHYSICS

Koshtybayev T.B., Aliev Sh., Aliyeva M.E., Zhavliyeva A.T. Covariant approach to the kinetic theory of plasma in a strong electromagnetic field.....	13
Kemelbekova A., Shongalova A., Bondar E., Otunchi Ye. Recycling technologies for spent lithium-ion batteries: environmental impact, recovered products, and future development trends.....	25
Koilyk N., Baimbetova G., Dalelkhankyzy A., Kaptagay G., Primkulova Zh. Simplification of the fermionic dynamical symmetry model for identical particles and its mapping into bosonic space.....	38
Massak B., Agyl-Mussapar O., Amangeldinova S., Kurmangaliyeva V., Snow M. Constraints on Yukawa-Type short-range interactions from neutron interferometry data.....	60
Nurbayev B.M., Dmitriyeva E.A. Tin-based perovskites.....	70
Nurtazina A.S., Zhubaev A.K. Study of the effect of highly dispersed ochre on the kinetic characteristics of epoxy composites.....	92
Shokanov A.K., Khamrayev Sh.I., Smikhan Y.A. Mössbauer studies of fly ash-based tracers.....	103
Ualikhanova U.A., Kurban Y.Y., Syzdykova A.M., Altayeva G.S., Altaibayeva A.B. Breaking the degeneracy between metric and teleparallel gravity theories through multi-messenger gravitational-wave astronomy.....	119
Zhadyranova A.A., Yerzhan B. Dynamics of bounce regimes in modified teleparallel gravity.....	134
Zhusupova N.K. Application of machine learning methods in the analysis of gravitational waves and cosmological models.....	151
CHEMISTRY	
Aubakirov Ye., Akhmetova F., Tashmukhambetova Zh., Toshtay K., Amantaiuly K. Conversion of Polymer Waste into Synthetic Fuel via Modification of Taizhuzhen Zeolite with Tungsten Salts.....	164
Auyeshov A.P., Eskibayeva Ch.Z., Ibrayeva A.M., Alzhanov K.B., Dikanbayeva A.K. Physicochemical study of serpentinite waste and phosphoric acid products.....	175
Bayeshova A.K., Bayeshov A., Tuleshova E.Zh. Reduction of copper ions by zinc in the presence of titanium(iv) ions in sulfuric acid solutions.....	188

Fazylov S.D., Syzdykov A.K., Pustolaikina I.A., Kazhuratova A.T., Tazhibay A.M. Production of α -, β -, γ -oligosaccharide clathrate cytosine complexes.....	200
Jalmakhanbetova R.I., Yelshibayeva A.M., Zhumagaliyeva Zh.Zh., Mukusheva G.K. Terpenoid compounds of <i>Artemisia terrae-albae</i> growing in the Turkestan Region of Kazakhstan.....	213
Kapizov O.S., Mukhanov D.K., Dzheldybaeva I.M., Seisenov E.B., Akimbayeva A.B. Sustainable recycling of ferrosilicon machining chips from metallurgical plants into high-performance silicon-carbon anodes.....	228
Massalimova B.K. Wastewater treatment methods for heavy metal removal: production of activated carbon from biomass.....	244
Nurtai Zh., Orynassar R., Aimaganbetova Z.K., Zhanturina N.N. Simulation of kinetic parameters of vinyl ester resin samples with diatomite and dimethyl methylphosphonate fillers.....	272
Sagyntayeva A., Zhanikulov N., Sudarev E., Kaiyrbaeva M., Zhakipbayev B. Research on the quality of raw materials for obtaining gypsum-cement-pozzolanic composite material.....	286
Satayeva S., Yermukhanova S., Urazova A., Mendygaliyeva A., Sabitov B. Obtaining benzene by photocatalytic oxidation of toluene.....	302
Sdikova G.Zh., Dalabayeva N.S., Sarova N.B., Muhtar T.Zh., Zhaltyrbayeva N.K. Efficiency of phosphorus-containing inhibitors in protecting steel against corrosion.....	315
Shaimardan M., Azhikhanova Z., Abutalip M., Toktarbaiuly O. Isolation and Characterization of lignin from <i>Phlomis tuberosa</i> L. biomass via acid treatment.....	329
Yesimsiitova Z.B., Seisenova A., Oryngaliyeva S.Zh., Sanuar A., Manap K.R. Obtaining carbonized materials from rice husk using a mobile pyrolysis plant for energy applications.....	338
Zhetenova M.S., Suleimenova M.Sh., Nuraly A.M., Mutushev A.Zh., Kalimoldina L.M. Development and research of carotenoid-containing extracts obtained from plant raw materials.....	353
Zhortarova A.A., Kubicek V., Salkeyeva L.K., Ibrayev M.K., Seidakhmetova R.B. Synthesis and investigation of biological activity of 1,3-Bis(4-Phenylthiazol-2-yl)-2,4-Bis(N,N- Diethylamino)-1,3-Diaza-2,4-Diphosphétidine.....	367
Zhumabek M., Tungatarova S.A., Murzin D.Yu., Baizhumanova T.S. Structural and catalytic properties of SCS-derived Co-Al-Mg-Mn catalysts in dry reforming of methane.....	383

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

Қоштыбаев Т.Б., Алиев Ш., Алиева Е.М., Жавлиева А.Т. Күшті электромагниттік өрістегі плазманың кинетикалық теориясына коварианттық көзқарас.....	13
Кемелбекова А., Шонғалова А., Бондарь Е., Отунчи Е. Пайдаланылған литий-ионды аккумуляторларды қайта өңдеу технологиялары: экологиялық әсері, алынатын өнімдер және болашақ даму бағыттары.....	25
Қойлық Н.О., Байымбетова Г.А., Дәлелханқызы А., Қаптағай Г.А., Примкулова Ж.Е. Бірдей бөлшектер үшін фермионды динамикалы-симметриялық модельді ықшамдау және оны бозондық кеңістікке бейнелеу.....	38
Масақ Б., Ағыл-Мұсапар О., Амангелдинова С., Курмангалиева В., Сноу М. Нейтрондық интерферометрия негізінде юкава типті қысқа-қашықтықтағы өзара әсерлесулерге шектеулер қою.....	60
Нұрбаев Б.М., Дмитриева Е.А. Қалайы негізіндегі перовскиттер.....	70
Нуртазина А.С., Жубаев А.К. Дисперстілігі жоғары охранның эпоксидті композиттердің кинетикалық сипаттамаларына ықпалын зерттеу.....	92
Шоканов А.К., Хамраев Ш.И., Смихан Е.А. Үшқыш күл негізіндегі трассерлердің мессбауэрлік зерттеулері.....	103
Уалиханова У.А., Құрбан Е.Е., Сыздыкова А.М., Алтаева Г.С., Алтайбаева А.Б. Көп арналы гравитациялық-толқындық астрономия арқылы метрикалық және телепараллельді гравитация теорияларының айырмашылығын зерттеу.....	119
Жадыранова А.А., Ержан Б. Модификацияланған телепараллель гравитациядағы серпіліс режимдерінің динамикасы.....	134
Жусупова Н.К. Машиналық оқыту әдістерін гравитациялық толқындар мен космологиялық модельдерді талдауда қолдану.....	151
ХИМИЯ	
Аубакиров Е., Ахметова Ф., Ташмухамбетова Ж., Тоштай Қ., Амантайұлы Қ. Тайжүзген цеолитін вольфрам тұздарымен модификациялау арқылы полимер қалдықтарын синтетикалық отынға түрлендіру.....	164
Ауешов А.П., Ескибаева Ч.З., Ибраева А.М., Алжанов К.Б., Диканбаева А.К. Серпентинит қалдықтарының фосфор қышқылымен әрекеттесу өнімдерінің физика-химиялық зерттелуі.....	175

Башова А.К., Башов А.Б., Тулешова Э.Ж.

Мыс иондарын күкіртқышқылды ерітінділерде титан (IV) иондары қатысында
мырышпен тотықсыздандыру.....188

Фазылов С.Д., Сыздықов А.К., Пустолайкина И.А., Қажмұратова А.Т., Тәжібай А.М.
Цитизиннің α -, β -, γ -олигосахаридтермен клатраттыкешендерін алу.....200

Джалмаханбетова Р.И., Елшібаева А.М., Жумагалиева Ж.Ж., Мукушева Г.К.
Қазақстанның Түркістан өңірінде өсетін *Artemisia terrae-albae* терпеноидты
косылыстары.....213

Капизов О.С., Муханов Д.К., Желдыбаева И.М., Сейсенов Е.Б., Акимбаева А.Б.
Металлургиялық зауыттардың ферросилиций жоңқаларын жоғары өнімді
кремний-көміртекті анодтарға тұрақты қайта өңдеу.....228

Масалимова Б.К.

Ауыр металдардан ағын суларды жою әдістері: биомассадан белсендендірілген
көміртек алу.....244

Нуртай Ж., Орынбасар Р.О., Аймағанбетова З.К., Жантурина Н.Н.

Диатомит пен диметил метилфосфонат толтырғыштары бар винилэфир шайыр
үлгілерінің кинетикалық параметрлерінің модельдеу.....272

Сағынтаева А., Жаниқұлов Н., Сударев Е., Қайырбаева М., Жакипбаев Б.

Гипс-цемент-пуццоланды композициялық материал алу үшін қажетті
шикізаттардың сапасын зерттеу.....286

Сатаева С., Ермуханова С., Уразова А., Мендығалиева А., Сабитов Б.

Толуолдың фотокаталитикалық тотығыуы арқылы бензол алу.....302

Сдиқова Г.Ж., Далабаева Н.С., Сарова Н.Б., Мұхтар Т.Ж., Жалтырбаева Н.К.

Фосфор ингибиторлардың болаттың жемірілуіне қарсы тиімділігі.....315

Шаймардан М., Ажиханова Ж., Әбутәліп М., Тоқтарбайұлы О.

Phlomis Tuberosa L. өсімдігі биомассасынан лигнинді қышқылдық өңдеу арқылы
бөліп алу және сипаттау.....329

Есимсиитова З.Б., Сейсенова А., Орынғалиева С.Ж., Сануар А., Манап К.Р.

Энергиялық қолдану үшін жылжымалы пиролиз қондырғысын пайдалану арқылы
күріш қауызынан көміртеккі материалдар алу.....338

**Жетенова М.С., Сүлейменова М.Ш., Нұралы Ә.М., Мутушев А.Ж.,
Калимолдина Л.М.**

Өсімдік шикізатынан алынған құрамында каротиноид бар сығындыларды
әзірлеу және зерттеу.....353

Жортарова А.А., Кубісек V., Салькева Л.К., Ибраев М.К., Сейдахметова Р.Б.
1,3-бис(4-фенилтиазол-2-ил)-2,4-бис(N,N-диэтиламино)-1,3-диазо-2,4-дифосфетидиннің синтезі және биологиялық белсенділігін зерттеу.....367

Жұмабек М., Тунгатарова С.А., Мурзин Д.Ю., Байжуманова Т.С.
SCS әдісімен дайындалған Co–Al–Mg–Mn катализаторларының метанның құрғақ реформингіндегі құрылымдық және каталитикалық қасиеттері.....383

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Коштыбаев Т.Б., Алиев Ш., Алиева М.Е., Жавлиева А.Т. Ковариантный подход к кинетической теории плазмы в сильном электромагнитном поле.....	13
Кемелбекова А., Шонгалова А., Бондарь Е., Отунчи Е. Технологии переработки отработанных литий-ионных аккумуляторов: экологическое воздействие, получаемые продукты и будущие направления развития.....	25
Қойлық Н.О., Баймбетова Г.А., Дәлелханқызы А., Қаптағай Г.Ә., Примкулова Ж.Е. Упрощение фермионной динамико-симметрической модели для идентичных частиц и её отображение в бозонное пространство.....	38
Масақ Б., Ағыл-Мұсапар О., Амангелдинова С., Курмангалиева В., Сноу М. Ограничения на юкавовские короткодействующие взаимодействия на основе нейтронной интерферометрии.....	60
Нурбаев Б.М., Дмитриева Е.А. Перовскиты на основе олова.....	70
Нуртазина А.С., Жубаев А.К. Исследование влияния высокодисперсной охры на кинетические характеристики эпоксидных композитов.....	92
Шоканов А.К., Хамраев Ш.И., Смихан Е.А. Мёсбауэровские исследования трассеров на основе летучей золы.....	103
Уалиханова У.А., Курбан Е.Е., Сыздыкова А.М., Алтаева Г.С., Алтайбаева А.Б. Разрешение вырождения метрических и телепараллельных теорий гравитации посредством многоканальной гравитационно-волновой астрономии.....	119
Жадыранова А.А., Ержан Б. Динамика отскоковых режимов в модифицированной телепараллельной гравитации.....	134
Жусупова Н.К. Применение методов машинного обучения при анализе гравитационных волн и космологических моделей.....	151

ХИМИЯ

Аубакиров Е., Ахметова Ф., Ташмухамбетова Ж., Тоштай К., Амантайулы К. Конверсия полимерных отходов в синтетическое топливо путем модификации цеолита тайжугзен солями вольфрама.....	164
--	-----

Ауешов А.П., Ескибаева Ч.З., Ибраева А.М., Алжанов К.Б., Диканбаева А.К. Физико-химическое исследование продуктов взаимодействия серпентинитовых отходов и фосфорной кислоты.....	175
Баешова А.К., Баешов А.Б., Тулешова Э.Ж. Восстановление ионов меди цинком в присутствии ионов титана (IV) в растворах серной кислоты.....	188
Фазылов С.Д., Сыздыков А.К., Пустолайкина И.А., Кажмуратова А.Т., Тажибай А.М. Получение α -, β -, γ -олигосахаридных клатратных комплексов цитизина.....	200
Джалмаханбетова Р.И., Елшыбаева А.М., Жумагалиева Ж.Ж., Мукушева Г.К. Терпеноидные соединения <i>Artemisia terrae-albae</i> , произрастающего в Туркестанском регионе Казахстана.....	213
Капизов О.С., Муханов Д.К., Джелдыбаева И.М., Сейсенов Е.Б., Акимбаева А.Б. Устойчивая переработка стружки ферросилиция металлургических заводов в высокопроизводительные кремний-углеродные аноды.....	228
Масалимова Б.К. Методы очистки сточных вод от тяжелых металлов: получение активированного угля из биомассы.....	244
Нуртай Ж., Орынбасар Р.О., Аймаганбетова З.К., Жангурина Н.Н. Моделирование кинетических параметров образцов винилэфирных смол с наполнителями из диатомита и диметилметилфосфоната.....	272
Сагынтаева А., Жаникулов Н., Сударев Е., Кайырбаева М., Жакипбаев Б. Исследование качества сырья для получения гипсо-цементно-пуццоланового композиционного материала.....	286
Сатаева С., Ермуханова С., Уразова А., Мендыгилиева А., Сабитов Б. Получение бензола методом фотокаталитического окисления толуола.....	302
Сдикова Г.Ж., Далабаева Н.С., Сарова Н.Б., Мухтар Т.Ж., Жалтырбаева Н.К. Эффективность фосфорсодержащих ингибиторов против коррозии стали.....	315
Шаймардан М., Ажиханова Ж., Абуталип М., Токтарбай О. Выделение и характеристика лигнина из биомассы <i>Phlomis Tuberosa L.</i> с помощью кислотной обработки.....	329
Есимсиитова З.Б., Сейсенова А., Орынгалиева С.Ж., Сануар А., Манап К.Р. Получение карбонизированных материалов из рисовой шелухи с использованием мобильной пиролизной установки для энергетических применений.....	338

**Жетенова М.С., Сулейменова М.Ш., Нуралы А.М., Мутушев А.Ж.,
Калимолдина Л.М.**

Разработка и исследование каротиноидсодержащих экстрактов, полученных
из растительного сырья.....353

Жортарова А.А., Kubicek V., Салькева Л.К., Ибраев М.К., Сейдахметова Р.Б.

Синтез и исследование биологической активности 1,3-бис(4-фенилтиазол-2-ил)-2,4-
бис(N,N-диэтиламино)-1,3-диазо-2,4-дифосфетидина.....353

Жумабек М., Тунгатарова С.А., Мурзин Д.Ю., Байжуманова Т.С.

Структурные и каталитические свойства Co–Al–Mg–Mn катализаторов, приготовленных
методом SCS, для сухого риформинга метана.....383

ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES
ISSN 2224-5227
Volume 2.
Number 358 (2026), 92–102

<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.439>

UDC: 678.686
IRSTI: 44.41.35

©Nurtazina A.S., Zhubaev A.K., 2026.

Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan.
E-mail: Nurtazina_83@mail.ru

STUDY OF THE EFFECT OF HIGHLY DISPERSED OCHRE ON THE KINETIC CHARACTERISTICS OF EPOXY COMPOSITES

Nurtazina Ainur — Master of Physics, Senior Lecturer, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan, E-mail: Nurtazina_83@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4245-0951>;

Zhubaev Abzal — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan, E-mail: mosslab.kz@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-7148-9403>.

Abstract. This study comprehensively investigated the influence of plasticizers (DBP and ORPP) and the mineral filler ochre on the structural and physicochemical properties of epoxy composites. The results demonstrated that the introduced components do not disrupt the structure of the polymer matrix but instead enable the targeted modification of its properties. FTIR spectroscopy analysis revealed that the interactions between the components occur mainly through hydrogen bonding, while the structural stability of the system is maintained. The use of oligoresorcinol phenyl phosphate (ORPP), a halogen-free oligomeric flame retardant, together with dibutyl phthalate (DBP) as a plasticizer for epoxy polymers, is an effective approach for producing compositions with improved curing kinetics, enhanced flame resistance, and increased flexibility and mechanical strength. The effectiveness of using ochre as an inexpensive and active filler was confirmed at a loading of 30 wt. parts for ORPP-containing systems and 10–50 wt. parts for DBP-containing systems, resulting in improved kinetic characteristics and a higher degree of cure. The incorporation of ochre into the epoxy composite reduced the gelation time of the ORPP-containing system from 50 to 10 minutes and the curing time from 56 to 14 minutes. This effect is attributed to an increase in the maximum curing temperature from 104°C to 162°C. For the DBP-containing system, the



gelation time decreased slightly from 50 to 49 minutes, whereas the curing time increased from 56 to 65 minutes. This behavior is associated with an increase in the maximum curing temperature to 142°C. Furthermore, a comparative analysis of thermally treated and untreated composites showed that the degree of cure increased from 96% to 99.4% for the ORPP–ochre system (30 wt. parts) and from 94% to 99.2% for the DBP–ochre system (50 wt. parts). Therefore, selecting an optimal degree of cure is a crucial factor in ensuring the desired performance characteristics of epoxy systems. The obtained results provide opportunities for developing new materials with high flame resistance, improved strength, and enhanced flexibility.

Keywords: plasticizer, ORFF, DBF, ochre powder, IS spectroscopy, degree of curing, maximum curing temperature

For citations: Nurtazina A.S., Zhubaev A.K. Study of the Effect of Highly Dispersed Ochre on the Kinetic Characteristics of Epoxy Composites. Academic Journal of Physical and Chemical Sciences. 2026. No.2. Pp. 92–102. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.439>

©Нуртазина А.С., Жубаев А.К., 2026.

Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан.

E-mail: Nurtazina_83@mail.ru

ДИСПЕРСТІЛІГІ ЖОҒАРЫ ОХРАНЫҢ ЭПОКСИДТІ КОМПОЗИТТЕРДІҢ КИНЕТИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫНА ЫҚПАЛЫН ЗЕРТТЕУ

Нуртазина Айнур — физика магистрі, аға оқытушы, Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан, E-mail: Nurtazina_83@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4245-0951>;

Жубаев Абзал — физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан, E-mail: mosslab.kz@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-7148-9403>.

Аннотация. Зерттелу барысында эпоксидті композиттердің құрылымдық және физика-химиялық қасиеттеріне пластификаторлар (ДБФ, ОРФФ) мен минералды толтырғыш – охранның әсері кешенді түрде зерттелді. Зерттеу нәтижелері енгізілген компоненттердің полимер матрицасының құрылымын бұзбай, керісінше оның қасиеттерін мақсатты түрде өзгертуге мүмкіндік беретіндігі дәлелденді. ИҚ-спектроскопия талдауы компоненттер арасындағы өзара әрекеттесулердің негізінен сутектік байланыстар арқылы жүретінін және жүйенің құрылымдық тұрақтылығы сақталатыныны байқалды.

Модификациялаушы қоспалар ретінде соңғы олигомерлі галогенсіз антипирен қасиеті бар олиго резорцинфенилфосфатты (ОРФФ) және дибутилфталат (ДБФ) эпоксидті полимер үшін пластификатор ретінде қолдану кинетикалық қасиеттері жақсартылған, отқа төзімділігі жоғары және жүйеге икемділік, беріктік қасиетін беретін композициялар алудың тиімді тәсілі болып табылады. ОРФФ-ға охраны (30 массалық үлес мөлшерінде), ал ДБФ-ке (10, 50 массалық үлес мөлшерінде) эпоксидті полимерге арзан әрі белсенді толтырғыш ретінде қолданудың тиімділігі дәлелденді, ол кинетикалық қасиеттерін және қату дәрежесін жақсартады. Охраны эпоксидті композит құрамына енгізу температураның уақытқа тәуелділігі бойынша ОРФФ үшін гель түзілу уақыты (50 минуттан 10 минутқа дейін) қысқаруы байқалды. Қату уақыты (56 минуттан 14 минутқа дейін) қысқарғанын байқаймыз. Бұл құбылыс қатайту процесінің максимал температурасының (104°C-тан 162°C-қа) дейін жоғарылауымен түсіндіріледі. Ал ДБФ үшін (50 минуттан 49 минутқа дейін) қысқаруы байқалды. Қату уақыты (56 минуттан 65 минутқа дейін) ұзарғандығын байқаймыз. Бұл құбылыс қатайту процесінің максимал температурасының (142°C-қа) дейін жоғарылауымен түсіндіріледі. Сонымен қатар, салыстырмалы түрде термиядан өңделген және өңделмеген композиттердің қату дәрежелері ОРФФ-ға охраны (30 массалық үлес мөлшерінде) 96%-99,4%-ға өсті, ал ДБФ-ке (50 массалық үлес мөлшерінде) 94%-99,2%-ға өсті. Сондықтан эпоксидті жүйелер үшін қату дәрежесінің оңтайлы мәнін таңдау материалдың эксплуатациялық сипаттамаларын қамтамасыз етудің маңызды шарты болып табылады. Зерттеу нәтижелері отқа төзімді және беріктік, икемділігі жоғары жаңа материалдарды алуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: пластификатор, ОРФФ, ДБФ, охра ұнтағы, ИК спектрі, қату дәрежесі, максималды қату температурасы

©Нуртазина А.С., Жубаев А.К., 2026.

Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова,
Актобе, Казахстан.

E-mail: Nurtazina_83@mail.ru.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОДИСПЕРСНОЙ ОХРЫ НА КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТОВ

Нуртазина Айну — магистр физики, старший преподаватель, Актюбинского регионального университета имени К. Жубанова, Актобе, Казахстан,

E-mail: Nurtazina_83@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4245-0951>;

Жубаев Абзал — кандидат физико-математических наук, доцент, Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Актобе, Казахстан,

E-mail: mosslab.kz@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0000-7148-9403>.

Аннотация. В работе проведено комплексное исследование влияния пластификаторов - дибутилфталата (ДБФ) и олигорезорцинфенилфосфата (ОРФФ), а также минерального наполнителя - высокодисперсной охры -

на структурные и физико-химические свойства эпоксидных композитов. Установлено, что введение модифицирующих компонентов не нарушает структуру полимерной матрицы, а позволяет целенаправленно регулировать её свойства. Результаты ИК-спектроскопического анализа показали, что взаимодействие между компонентами осуществляется преимущественно за счёт водородных связей, при этом структурная стабильность системы сохраняется. Показано, что использование олигорезорцинфенилфосфата, обладающего свойствами безгалогенного олигомерного антипирена, а также дибутилфталата в качестве пластификатора является эффективным способом получения эпоксидных композиций с улучшенными кинетическими характеристиками, повышенной огнестойкостью, высокой прочностью и гибкостью. Установлена эффективность применения охры в количестве 30 масс. ч. для систем с ОРФФ и 10–50 масс. ч. для систем с ДБФ в качестве доступного и активного наполнителя, способствующего повышению степени отверждения и улучшению кинетических параметров процесса. Введение охры в систему с ОРФФ привело к сокращению времени гелеобразования с 50 до 10 мин и времени полного отверждения с 56 до 14 мин, что обусловлено повышением максимальной температуры отверждения со 104 до 162 °С. Для системы с ДБФ время гелеобразования уменьшилось с 50 до 49 мин, тогда как продолжительность отверждения увеличилась с 56 до 65 мин, а максимальная температура процесса возросла до 142 °С. Сравнительный анализ термообработанных и необработанных образцов показал увеличение степени отверждения с 96 до 99,4 % для композиции ОРФФ + охра (30 масс. ч.) и с 94 до 99,2 % для композиции ДБФ + охра (50 масс. ч.). Полученные результаты подтверждают, что выбор оптимальных режимов отверждения является важным условием обеспечения высоких эксплуатационных характеристик эпоксидных материалов. Разработанные композиции могут быть использованы для создания новых материалов с повышенной огнестойкостью, прочностью и эластичностью.

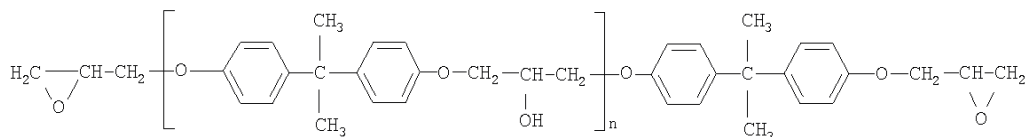
Ключевые слова: ОРФФ, ДБФ, порошок охры, ИК-спектр, степень отверждения, максимальная температура отверждения

Кіріспе. Қазіргі уақытта жоғары механикалық беріктігімен, химиялық әсерлерге төзімділігімен және төмен салмағымен ерекшеленетін полимерлі композициялық материалдарға деген сұраныс айтарлықтай артып отыр. Осындай материалдар арасында эпоксидті шайырлар негізінде алынатын композиттер маңызды орын алады. Олар машина жасау, құрылыс индустриясы, авиациялық техника және қорғаныс салаларында кеңінен қолданыс табууда. Эпоксидті жүйелердің химиялық қасиеттері олардың молекулалық құрылымына, қолданылатын қатайтқыштың түріне, сондай-ақ құрамына енгізілетін модификаторлар мен толтырғыштардың ерекшеліктеріне тікелей тәуелді. Осы себепті эпоксидті композициялардың қатаю процесінің кинетикасын зерттеу олардың технологиялық параметрлері мен эксплуатациялық қасиеттерін тиімді басқаруда аса маңызды болып табылады. Өндіріс пен техниканың түрлі салаларында эпоксидті композиттер жоғары механикалық беріктілігі және химиялық тұрақтылығының арқасында көптеген

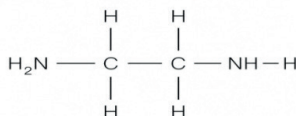
салаларда кеңінен қолданылады. Алайда олардың табиғи қаттылығы, сондай-ақ сыртқы ортаға бейімделу әсерінің шектеулігі материал қасиетін жақсартуды қажет етеді (Chen, 2021).

Осыған байланысты, эпоксидті композиттерді модификациялау, атап айтқанда тиімді пластификаторлар мен минералды толтырғышты енгізу олардың құрылымдық және физика-химиялық қасиеттерін жақсартудың өзекті бағыты болып табылады. Дисперсті минералдарды енгізу материал құнын төмендетіп қана қоймай, сапасын арттыруға мүмкіндік береді. Зерттеу барысында модификациялаушы қоспа ретінде екі түрлі пластификатор және дисперсті толтырғыш енгізіліп, жаңа эпоксидті композит алу барысында әртүрлі әдістермен олардың қасиеттері зерттелінді (Chen, 2021; Chursova, 2020).

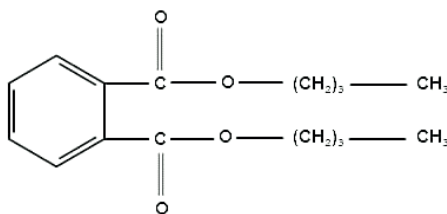
Материалдар мен әдістер. Байланыстырушы: эпоксидті дианды шайыр ЭД-20 (1 сурет). Қатайтқыш: полиэтиленполиамин ПЭПА (2 сурет). Модификациялаушы қоспалар: 1. Дибутилфталат ДБФ (3 сурет), 2. Олиго резорцинфенилфосфат ОРФФ (4 сурет). Толтырғыш: Охра



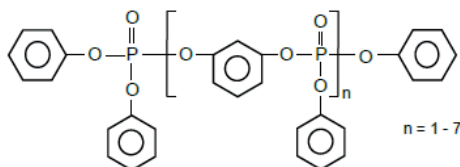
Сурет 1. ЭД-20 Эпоксидті дианды шайырдың химиялық формуласы.



Сурет 2. ПЭПА химиялық формуласы.



Сурет 3. Дибутилфталат (ДБФ) пластификаторы (ГОСТ 8728-88).



Сурет 4. Олиго резорцинфенилфосфат (ОРФФ) - олигомерлі галогенсіз антипирен қасиеті бар пластификатор.

Охра – табиғи дисперсті минералды толтырғыш болып табылады және негізінен темір оксидтерінен (көбінесе Fe_2O_3) тұрады. Ол табиғатта кең таралған, түсі сарыдан қызыл-қоңырға дейін өзгеріп отыратын ұнтақ тәрізді материал. Охраның түсі оның құрамындағы кремний және темір қосылыстарының түріне және мөлшеріне байланысты анықталады. Табиғи шығу тегі мен қарапайым өңдеу технологиясының арқасында ол арзан әрі қолжетімді материалдардың қатарына жатады (Ақтөбе облысы, Қазақстан) (Karataeva, 2024; Li, 2022).

Рентген флуоресцентті анализ S6 Jaguar (Bruker) қондырғысында зерттелген охраның химиялық құрамы пайыздық үлеспен көрсетілген (1-кесте).

Кесте 1. Охраның химиялық құрамы.

Компонент	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	K_2O	TiO_2	MgO	CaO	P_2O_5
Концентрация, %	56.80	21.31	18.22	1.49	0.78	0.63	0.53	0.24

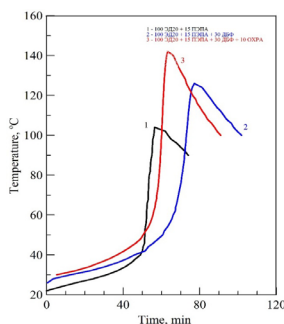
Бұл зерттеу жұмысында мынандай әдістер қолданылды:

1. Композитерді дайындау барысында екі түрлі модификациялаушы қоспалар мен дисперсті минералды толтырғыш охра алынып, (100 ЭД-20+15 ПЭПА+30 ОРФФ+10,30,50 охра), (100 ЭД-20+15 ПЭПА+30 ДБФ+10,30,50 охра) термометрмен және секундомердің көмегімен температураның уақыт бойынша өзгерісінің мәндерін алынды. Гель түзілу, қату уақыты, максималды қату температурасы анықталды.

2. Эпоксидті матрица мен дисперсті минерал арасындағы химиялық өзара әрекеттесулердің сипатын анықтау үшін инфрақызыл спектроскопия әдісі қолданылды. Үлгілер S6 Jaguar (Bruker ALPHA II) типті ИҚ-спектрометрде $4000\text{--}400\text{ см}^{-1}$ диапазонда зерттелді.

3. Эпоксидті композиттердің қату дәрежесін анықтау.

Нәтижелер мен талқылау. Жүргізілген зерттеулер нәтижесі композициялық материалдың да осы заңдылықтарға сәйкес жүретінін көрсетті (5-сурет). Бұл жағдайда гель түзілу уақытының 50 минуттан 49 минутқа дейін қысқаруы байқалды. Ал толық қатаю уақыты 56 минуттан 65 минутқа дейін ұзарғаны анықталды (2-кесте). Мұндай өзгеріс қатаю процесі кезінде максимал температураның 142°C -қа дейін көтерілуімен түсіндіріледі (Kumar, 2022).



Сурет 5. Эпоксидті олигомердің ДБФ қосылған қатаю процесі кезіндегі температурасының өзгеруі.

Кесте 2. Композицияланған эпоксидті материалдардың қатаю көрсеткіштері.

Композиция құрамы, мас. үлес. (қату, 15 мас. үлес. ПЭПА)	Гель түзілу уақыты, τ, мин	Қату уақыты, τ, мин	Қату температурасы, °С
100 ЭД–20+15ПЭПА	50	56	104
100 ЭД–20+15ПЭПА+30ДБФ	52	78	128
100 ЭД–20+15ПЭПА+30ДБФ+10ОХРА	49	65	142

Дәл осылай екінші модификациялаушы қоспа ретінде ОРФФ алынды. Композитті дайындау барысында 100ЭД-20+15ПЭПА+30ОРФФ+10,30,50охра болатын қосылыстарды араластырып, термометрмен және секундомердің көмегімен температураның уақыт бойынша өзгерісінің мәндерін алынды. Төменде температураның уақытқа тәуелділік графигі көрсетілді (6-сурет).



Сурет 6. Қатаю процесі кезінде эпоксидті олигомер ОРФФ қосылған кездегі температурасының өзгерісі.

Кесте 3. Композицияланған эпоксидті материалдардың қатаю көрсеткіштері.

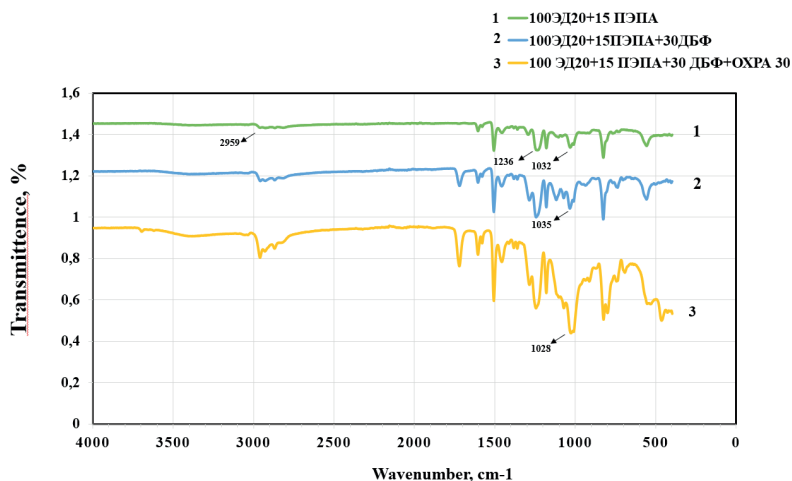
Композиция құрамы, мас. үлес. (қату, 15 мас. үлес. ПЭПА)	Гель түзілу уақыты, τ, мин	Қату уақыты, τ, мин	Қату температурасы, °С
100 ЭД–20+15ПЭПА	50	56	104
100 ЭД–20+15ПЭПА+30ОРФФ	18	27	182
100 ЭД–20+15ПЭПА+30ОРФФ+30ОХРА	10	14	162

Зерттеу нәтижелері композициялық материалдың берілген заңдылықтарға сәйкес өзгеретінін көрсетті (3-кесте). Талдау барысында гель түзілу кезеңінің айтарлықтай өзгеріп, 50 минуттан 10 минутқа дейін қысқарғаны анықталды. Сонымен қатар жүйенің толық қатаю уақыты да артып, 56 минуттан 14 минутқа дейін төмендегені байқалды. Бұл өзгерістер қатаю процесі кезінде бөлінетін жылу мөлшерінің артуымен байланысты, нәтижесінде температураның ең жоғарғы мәні 104°С-тан 162°С-қа дейін көтерілді. Қорытындылай келе, ДБФ және ОРФФ негізіндегі пластификаторлардың мөлшерлерін салыстыру нәтижесінде ДБФ үшін ең тиімді көрсеткіш 10 массалық үлесте байқалғаны анықталды. (Li, 2022; Zhou, 2023).

ОРФФ негізіндегі пластификатор қолданылған жүйеде ең жоғары тиімділік

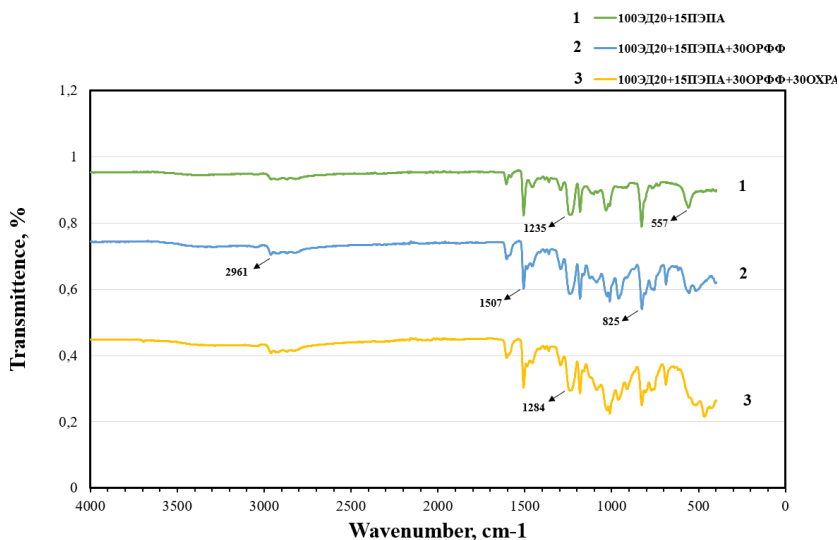
30 массалық үлесте анықталды, мұнда гель түзілу және қатаюу уақыты едәуір қысқарып, ал температуралық көрсеткіштердің артқаны байқалды. Осылайша, ДБФ үшін оңтайлы мөлшер 10 массалық үлес болса, ОРФФ үшін 30 массалық үлес ең тиімді құрам болып табылады (Li, 2020; Tlekova, 2024; Zhao, 2023).

ЭД-20 негізіндегі эпоксидті композициялардың ИҚ-спектрлері бастапқы эпоксидті матрицаға тән негізгі жұтылу жолақтарының сақталуымен сипатталады, бұл жүйеге ДБФ пластификаторы мен охра толтырғышын енгізу барысында полимер құрылымының химиялық деструкцияға ұшырамайтынын көрсетеді. 2959 см^{-1} аймағындағы жұтылу жолағы алифатты С–Н байланыстарының валенттік тербелістеріне сәйкес келеді. 1500–1600 см^{-1} аралығында байқалатын жолақтар ароматты сақиналардың тербелістерімен және эпоксидті шайыр құрылымындағы бензол ядросының тербелістерімен түсіндіріледі. 1236 см^{-1} және 1032 см^{-1} аймағындағы жұтылу максимумдары С–О–С эфирлік байланыстарының тербелістеріне тән, бұл эпоксидті торлы құрылымның сақталғанын дәлелдейді (Nurtazina, 2024; Rahman, 2023).



Сурет 7. ЭД-20, ПЭПА, ДБФ, ОХРА құрамдарының ИҚ-спектрлері.

ДБФ енгізілген үлгіде бұл жолақтардың қарқындылығының артуы пластификатор молекулаларының полимер тізбектері арасында орналасып, жүйенің икемділігін арттыратынын көрсетеді. Охра қосылған композицияда 1028 см^{-1} аймағындағы жұтылу жолағының күшеюі минералдық толтырғыш құрамындағы Si–O және металл–O байланыстарының тербелістерімен байланысты. Бұл эпоксидті матрица мен толтырғыш бөлшектері арасында физика-химиялық өзара әрекеттесулердің жүретінін және компоненттердің жақсы үйлесімділігін дәлелдейді (7-сурет).



Сурет 8. ЭД-20, ПЭПА, ОРФФ және ОХРА қосылыстарының ИҚ спектрлері.

ОРФФ енгізілген үлгіде спектрлік жолақтардың қарқындылығының өзгеруі пластификатор молекулаларының эпоксидті тор құрылымымен молекулааралық әрекеттесетінін және материалдың ішкі кернеуін төмендетіп, икемділігін арттыратынын көрсетеді. Охра қосылған жүйеде төмен жиілікті және $1000\text{--}1100\text{ см}^{-1}$ аралығындағы жолақтардың күшеюі толтырғыш бөлшектері мен полимер матрицасы арасында химиялық байланыстардың қалыптасуын сипаттайды.

Жалпы алғанда, ИҚ-спектрлік талдау ЭД-20 негізіндегі эпоксидті жүйеге ОРФФ пен охра енгізу барысында полимер матрицасының құрылымдық тұтастығы сақталатынын көрсетті (8-сурет). Сонымен қатар, жаңа компоненттер құрылымды бұзбай, оны қайта ұйымдастыру арқылы жүйеге енетіні байқалды. $1235\text{--}1284\text{ см}^{-1}$ аймағындағы спектрлік өзгерістер C–O–C, P–O–C және P=O байланыстарының болуымен түсіндірілсе, 1507 және 1604 см^{-1} маңындағы жолақтар ОРФФ құрамындағы ароматты фрагменттердің жүйеге енгенін дәлелдейді (Rahman, 2023; Sun, 2024).

Композиттердің қату дәрежесін анықтау термиялық өңдеуге дейін және кейін термиялық пеште 90°C температурада 1 сағат уақыт ішінде қыздырылды. Тәжірибе барысында екі түрлі пластификатор (ОРФФ, ДБФ) үшін охраның (10,30,50) массалық үлестері алынды. Салыстырмалы түрде рационалды нәтижені ОРФФ қолданылған жүйеде — 30 массалық үлес, ал ДБФ қолданылған жүйеде охраның тиімді мөлшері 50 массалық үлес екені анықталды (4-кестеде келтірілген) (Saba, 2021; Wang, 2021; Zhang, 2020).

Кесте 4. Эпоксидті композиттердің қату дәрежесі.

Композиция құрамы, мас.ү. ПЭПА мен қатырылған	Қату дәрежесі, X, %	Термиялық өңдеуден кейінгі қату дәрежесі, X, %
100 ЭД20+15ПЭПА	98,73	98,73
100 ЭД20+15ПЭПА+30ОРФФ	91,7	93
100 ЭД20+15ПЭПА+30ОРФФ+30ОХРА	96	99,4
100 ЭД20+15ПЭПА+30ДБФ	94	97
100 ЭД20+15ПЭПА+30ДБФ+50ОХРА	94	99,2

Қорытынды. Жұмыс барысында пластификаторлардың түрі мен мөлшері қатаю процесінің кинетикасына және композиттің қасиеттеріне айтарлықтай әсер ететіні анықталды. ДБФ негізінен физикалық пластификатор ретінде әсер етіп, қатаю процесін баяулатса, ОРФФ химиялық белсенділігі жоғары компонент ретінде құрылым түзілуін жеделдетеді. Зерттеу нәтижесінде тиімді құрамдар анықталып, ДБФ үшін 10 массалық үлес, ал ОРФФ үшін 30 массалық үлес ең оңтайлы екені дәлелденді.

Сонымен қатар, эпоксидті композиттердің құрылымдық және физика-химиялық қасиеттеріне пластификаторлар (ОРФФ, ДБФ) мен минералды толтырғыш – охранның әсері кешенді түрде зерттелді. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, енгізілген компоненттер полимер матрицасының құрылымын бұзбай, керісінше оның қасиеттерін мақсатты түрде өзгертуге мүмкіндік береді. ИҚ-спектроскопия талдауы компоненттер арасындағы өзара әрекеттесулердің негізінен сутектік байланыстар арқылы жүретінін және жүйенің құрылымдық тұрақтылығы сақталатынын дәлелдеді.

Қату дәрежесі бойынша икемді эпоксидті композиттер алу үшін ДБФ қолданылған жүйеде охранның тиімді мөлшері 50 массалық үлес, ал отқа төзімді антипирен үшін ОРФФ қолданылған жүйеде — 30 массалық үлес екені анықталды.

Жалпы алғанда, алынған нәтижелер эпоксидті композиттердің қасиеттерін пластификаторлар мен минералды толтырғыштарды дұрыс таңдау және үйлестіру арқылы тиімді басқаруға болатынын көрсетті. Бұл зерттеу қорытындылары жоғары берікті, икемді және ұзақ мерзімді композиттік материалдарды өндіру технологияларын жетілдіруге практикалық негіз бола алады.

References

- Chen L., Wu J., Hao J. (2021) Effect of mineral fillers on curing kinetics and thermal properties of epoxy composites. *Thermochimica Acta*. – No. 698. – P. 178874. (in Eng.).
- Chursova L.V., Panina N.N., Grebeneva T.A., Kutergina I.Yu. (2020) Epoksidnye smoly, otverditeli, modifikatory i svyazuuyushchie na ikh osnove [*Epoxy resins, curing agents, modifiers and binders based on them*]. Saint Petersburg: Profession Publishing Center. – P. 576. (in Rus.).
- Karataeva B.N., Nurtazina A.S., Tlekova G.S. (2024) Issledovanie epoksidnykh materialov, napolnennykh galvanicheskim shlamom [Study of epoxy materials filled with electroplating sludge]. In: *XVI International Scientific and Practical Conference "Innovative Technologies in Teaching Physical-Mathematical and Vocational-Technical Disciplines*. Mogyr. – P. 258-259. (in Rus.).
- Kumar R., Singh S., Gupta A. (2022) Curing kinetics and thermal stability of epoxy resin systems modified with additives. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. – No. 147 – P.11235-11248. (in Eng.).

Li Q., Chen Y., Zhang S. (2022) Influence of inorganic fillers on curing behavior and performance of epoxy composites. *Journal of Applied Polymer Science*. – No. 139(15). – P. 51987. (in Eng.).

Liu X., Guo Z., Yang R. (2020) Recent advances in halogen-free flame retardants for epoxy resins. *Polymer Degradation and Stability*. – No. 178. – P. 109200. (in Eng.).

Nurtazina A.S., Plakunova E.V., Karataeva B.N., Tlekova G.S. (2024) Issledovanie vozmozhnosti ispol'zovaniya otkhodov galvanicheskoi promyshlennosti v kachestve napolnitelei dlya epoksidnykh matrits [Study of the possibility of using electroplating industry waste as fillers for epoxy matrices]. In: *International Scientific and Practical Conference "Functional Polymers for Pharmaceuticals, Oil Industry, Ecology, Bio- and Nanotechnologies and Current Issues of Natural Sciences"*. – Aktobe. – P. 150-153. (in Rus.).

Rahman M., Kim N.K., Nam I.W. (2023) Thermal and mechanical performance of plasticized epoxy composites. *Materials*. – No. 16(5). – P. 1890. (in Eng.).

Saba N., Jawaid M., Alothman O.Y. (2021) Effect of plasticizers on mechanical and thermal properties of epoxy systems. *Polymers*. – No. 13(4). – P. 601. (in Eng.).

Sun J., Zhang C., Liu Y. (2024) Enhanced flame retardancy and curing behavior of epoxy composites with phosphorus-containing additives and mineral fillers. *Polymers*. – No. 16(2). – P. 245. (in Eng.).

Tlekova G.S., Karataeva B.N. (2024) Gal'vanikalyq shlammen tolturylgan epoksidtik materialdardy zertteu [Study of epoxy materials filled with electroplating sludge]. In: *XX International Scientific and Practical Conference "Youth, Science and Innovation"*. – P. 382-384. (in Kazakh).

Wang P., Song L., Hu Y. (2021) Phosphorus-based flame retardants for epoxy resins: Recent developments. *Materials Today Chemistry*. – No. 20. – P. 100454. (in Eng.).

Zhang Y., Wang Q., Li J. (2020) Flame-retardant epoxy resins modified with phosphorus-containing compounds: A review. *Composites Part B: Engineering*. – No.199. – P. 108278. (in Eng.).

Zhao X., Wang L., Chen H. (2023) Recent progress in curing kinetics and flame retardancy of epoxy resin systems. *Progress in Polymer Science*. – No.145. – P. 101742. (in Eng.).

Zhou H., Liu H., Fang Z. (2023) Synergistic effect of flame retardants and fillers in epoxy composites. *Composites Science and Technology*. – No. 233. – P. 109876. (in Eng.).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Signed for print: June 22, 2026
Format: 70×90 1/16. 24.5 printed sheets. Order No. 2.

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