

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

2024 • 4



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ  
АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

# БАЯНДАМАЛАРЫ

---

## ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»

## REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

**БАС РЕДАКТОР:**

**БЕНБЕРИН Валерий Васильевич**, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Президенті Іс Басқармасы Медициналық орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 11

**РЕДАКЦИЈАЛЫҚ АЛҚА:**

**РАМАЗАНОВ Тілекқабыл Сәбитұлы**, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 26

**РАМАНҚҰЛОВ Ерлан Мирхайдарұлы**, (бас редактордың орынбасары), профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Ph.D биохимия және молекулалық генетика саласы бойынша Ұлттық биотехнология орталығының бас директоры (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 23

**САНГ-СУ Квак**, Ph.D (биохимия, агрохимия), профессор, Корея биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), Н = 34

**БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы**, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Еуразия ұлттық университеті. Л.Н. Гумилев (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 12

**ӘБИЕВ Руфат**, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), Н = 14

**ЛОКШИН Вячеслав Ноганович**, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «PERSONA» халықаралық клиникалық репродуктология орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 8

**СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич**, биология ғылымдарының докторы, профессор, Чуваш республикасының еңбек сіңірген ғылым қайраткері, «Чуваш мемлекеттік аграрлық университеті» Федералдық мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесі Акушерлік және терапия кафедрасының меңгерушісі, (Чебоксары, Ресей), Н = 23

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

**ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович**, медицина ғылымдарының докторы, Монтана штаты университетінің профессоры (Монтана, АҚШ), Н = 27

**КАЛАНДРА Пьетро**, Ph.D (физика), нанокұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), Н = 26

**МАЛЫМ Анна**, фармацевтика ғылымдарының докторы, профессор, Люблин медицина университетінің фармацевтика факультетінің деканы (Люблин, Польша), Н = 22

**БАЙМҰҚАНОВ Дастан Асылбекұлы**, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі, "Мал шаруашылығы және ветеринария ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС мал шаруашылығы және ветеринарлық медицина департаментінің бас ғылыми қызметкері (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н=1

**ТИГИНЯНУ Ион Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова), Н = 42

**ҚАШИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 7

**БОШҚАЕВ Қуантай Авағзыұлы**, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

**QUEVEDO Nemandó**, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), Н = 28

**ЖҮСПІНОВ Марат Абжанұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 7

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), Н = 5

**ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 5

**ХАРИН Станислав Николаевич**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 10

**ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 12

**«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»**

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

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № KZ93ZYU00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы құәлкі.

Тақырыптық бағыты: *өсімдік шаруашылығы, экология және медицина саласындағы биотехнология және физика ғылымдары.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

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

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

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:**

**БЕНБЕРИН Валерий Васильевич**, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), Н = 11

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**РАМАЗАНОВ Тлексабул Сабитович**, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 26

**РАМАНКУЛОВ Ерлан Мирхайдарвич**, (заместитель главного редактора), профессор, член-корреспондент НАН РК, Ph.D в области биохимии и молекулярной генетики, Генеральный директор Национального центра биотехнологии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 23

**САНГ-СУ Квак**, доктор философии (Ph.D, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), Н = 34

**БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендирович**, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Нур-Султан, Казахстан), Н = 12

**АБИЕВ Руфат**, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), Н = 14

**ЛОКШИН Вячеслав Нотанович**, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного клинического центра репродуктологии «PERSONA» (Алматы, Казахстан), Н = 8

**СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич**, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Чувашской Республики, заведующий кафедрой морфологии и терапии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (Чебоксары, Чувашская Республика, Россия), Н = 23

**ФАРУК Асана Дар**, профессор Колледжа восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет восточной медицины Университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), Н = 21

**ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович**, доктор медицинских наук, профессор Университета штата Монтана (СПША), Н = 27

**КАЛАНДРА Пьетро**, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктур-рваных материалов (Рим, Италия), Н = 26

**МАЛЫМ Анна**, доктор фармацевтических наук, профессор, декан фармацевтического факультета Люблинского медицинского университета (Люблин, Польша), Н = 22

**БАЙМУКАНОВ Дастанбек Асылбекович**, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент НАН РК, главный научный сотрудник Департамента животноводства и ветеринарной медицины ТОО «Научно-производственный центр животноводства и ветеринарии» (Нур-Султан, Казахстан), Н = 1

**ТИГИНЯНУ Ион Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), Н = 42

**КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 7

**БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич**, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 10

**QUEVEDO Hernando**, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), Н = 28

**ЖУСУНОВ Марат Абжанович**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 7

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), Н = 5

**ТАКИБАЕВ Нургали Жабагаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 5

**ХАРИН Станислав Николаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстанско-Британский технический университет (Алматы, Казахстан), Н = 10

**ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 12

**Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»**

**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (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 № **KZ93VPY00025418**, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *биотехнология в области растениеводства, экологии, медицины и физические науки.*

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

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

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

**EDITOR IN CHIEF:**

**BENBERIN Valery Vasilievich**, Doctor of Medicine, Professor, Academician of NAS RK, Director of the Medical Center of the Presidential Property Management Department of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan), H = 11

**EDITORIAL BOARD:**

**RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich**, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 26

**RAMANKULOV Erlan Mirkhaidarovich**, (Deputy Editor-in-Chief), Professor, Corresponding Member of NAS RK, Ph.D in the field of biochemistry and molecular genetics, General Director of the National Center for Biotechnology (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 23

**SANG-SOO Kwak**, PhD in Biochemistry, Agrochemistry, Professor, Chief Researcher, Plant Engineering Systems Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), H = 34

**BERSIMBAEV Rakhmetkazi Iskendirovich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 12

**ABIYEV 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), H = 14

**LOKSHIN Vyacheslav Notanovich**, Professor, Academician of NAS RK, Director of the PERSONA International Clinical Center for Reproductology (Almaty, Kazakhstan), H = 8

**SEMENOV Vladimir Grigorievich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Chuvash Republic, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University (Cheboksary, Chuvash Republic, Russia), H = 23

**PHARUK Asana Dar**, professor at Hamdard al-Majid College of Oriental Medicine. Faculty of Oriental Medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan), H = 21

**TSHEPETKIN Igor Aleksandrovich**, Doctor of Medical Sciences, Professor at the University of Montana (Montana, USA), H = 27

**CALANDRA Pietro**, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy), H = 26

**MALM Anna, Doctor of Pharmacy**, Professor, Dean of the Faculty of Pharmacy, Lublin Medical University (Lublin, Poland), H = 22

**BAIMUKANOV Dastanbek Asylbekovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the NAS RK, Chief Researcher of the department of animal husbandry and veterinary medicine, Research and Production Center for Livestock and Veterinary Medicine Limited Liability Company (Nur-Sultan, Kazakhstan), H=1

**TIGHINEANU Ion Mikhailovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), H = 42

**KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich**, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 7

**BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich**, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

**QUEVEDO Hemando**, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), H = 28

**ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 7

**KOVALEV Alexander Mikhailovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine), H = 5

**TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 5

**KHARIN Stanislav Nikolayevich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), H = 10

**DAVLETOV Askar Erbulanovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 12

---

**Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.**

**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (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. **KZ93VPY00025418**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *biotechnology in the field of crop research, ecology and medicine and physical sciences.*

Periodicity: 4 times a year. Circulation: 300 copies.

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

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



# PHYSICAL

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 4. Number 352 (2024), 5–15

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.303>

FTMP 81.09.03

ӘОЖ 539.217.2

©A. Bekeshev, A. Mostovoy, M. Akhmetova\*, L. Tastanova, 2024.

K.Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan.

E-mail: majiko.a@gmail.com

## RESEARCH ON THE PROPERTIES OF EPOXY COMPOSITE MATERIALS INCORPORATING MODIFIED MINERAL FILLERS

**A. Bekeshev** – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: amirbek2401@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7038-4631>;

**A. Mostovoy** – Candidate of Technical Sciences, Professor, Engels Technological Institute, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Engels, Russia, e-mail: Mostovoy19@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2828-9988>;

**M. Akhmetova** – PhD student, Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: majiko.a@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6485-8063>;

**L. Tastanova** – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Zhubanov Aktobe Regional University, Aktobe, Kazakhstan, e-mail: Lyazzatt@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9236-5909>.

**Abstract.** Modification of dispersed fillers (basalt and chromite) was carried out using an induction system with a power output of 2 kW and a processing duration of 60 seconds. This method provided short-term high-temperature exposure via high-frequency currents, significantly enhancing the performance characteristics of epoxy composites.

The aim of the study was to investigate the effect of high-frequency treatment on the structure and properties of fillers, as well as their subsequent interaction with the polymer matrix.

The objectives of the study included: Determining changes in the chemical composition of fillers as a result of treatment; Examining morphological changes in fillers using electron microscopy; Assessing the dielectric properties of fillers before and after treatment; Analyzing the impact of modified fillers on the physical and mechanical properties of epoxy composites.

The results of the study demonstrated that high-frequency treatment facilitates the removal of unbound moisture, the oxide layer from particle surfaces, and the decomposition of unstable oxides. Basalt particles acquire a needle-like morphology, leading to a micro-reinforcement effect and improved mechanical properties. In contrast, the structure of chromite remains largely unchanged. Measurements of dielectric permittivity showed a significant increase for both types of fillers, indicating structural

changes. The strength properties of composites containing modified fillers improved by 7–17%.

This study highlights the potential of induction modification as an effective method for enhancing the properties of mineral fillers for use in composite materials.

**Keywords:** epoxy oligomer, basalt, chromite, induction system, high-frequency current treatment, physical and mechanical properties.

©А. Бекешев, А. Мостовой, М. Ахметова \*, Л. Тастанова, 2024.

Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті

E-mail: majiko.a@gmail.com

## ТҮРЛЕНДІРІЛГЕН МИНЕРАЛДЫ ТОЛТЫРҒЫШТАР ҚОСЫЛҒАН ЭПОКСИДТІК КОМПОЗИТТІК МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

**А. Бекешев** – физика-математика ғылымдар кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан, e-mail: amirbek2401@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-7038-4631>;

**А. Мостовой** – техникалық ғылымдар кандидаты, қауымдастырылған профессор, Энгельс технологиялық институты, Ю.А. Гагарин атындағы Саратов мемлекеттік техникалық университеті, Энгельс, Ресей, e-mail: Mostovoy19@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2828-9988>;

**М. Ахметова** – PhD докторант, Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан, e-mail: majiko.a@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6485-8063>;

**Л. Тастанова** – химия ғылымдар кандидаты, қауымдастырылған профессор, Қ.Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, Ақтөбе, Қазақстан, e-mail: Lyazzatt@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9236-5909>.

**Аннотация.** Дисперсті толтырғыштарды (базальт және хромит) модификациялау 2 кВт қуаттылықтағы индукциялық қондырғыны пайдаланып, өңдеу уақыты 60 секунд болған жағдайда жүзеге асырылды. Бұл әдіс жоғары жиілікті токтар арқылы толтырғыштарға қысқа мерзімді жоғары температуралық әсер көрсетіп, эпоксидті композиттердің пайдалану сипаттамаларын едәуір жақсартуға мүмкіндік берді.

Зерттеудің мақсаты – жоғары жиілікті өңдеудің толтырғыштардың құрылымы мен қасиеттеріне, сондай-ақ олардың полимерлік матрицамен өзара әрекеттесуіне әсерін зерттеу. Зерттеудің міндеттері: өңдеу нәтижесінде толтырғыштардың химиялық құрамындағы өзгерістерді анықтау; электрондық микроскопияны пайдаланып толтырғыштардың морфологиялық өзгерістерін зерттеу; толтырғыштардың диэлектрлік сипаттамаларын өңдеуге дейін және кейін бағалау; модификацияланған толтырғыштардың эпоксидті композиттердің физика-механикалық қасиеттеріне әсерін талдау.

Зерттеу нәтижелері жоғары жиілікті токтармен өңдеу арқылы байланыспаған ылғалды, бөлшектердің беткі оксидті қабатын және тұрақсыз оксидтердің ыдырауын жоюға ықпал ететінін көрсетті. Базальт бөлшектері инеге ұқсас пішінге ие болып, микроармиру әсеріне және механикалық қасиеттердің жақсаруына

әкелді. Хромиттің құрылымы өңдеуден кейін айтарлықтай өзгеріске ұшыраған жоқ. Диэлектрлік өткізгіштікті өлшеу екі толтырғыштың да құрылымының өзгеруін көрсете отырып, оның айтарлықтай артқанын анықтады. Модификацияланған толтырғыштары бар композиттердің беріктік қасиеттері 7–17%-ға артты.

Бұл зерттеу индукциялық модификацияның минералды толтырғыштардың қасиеттерін жақсартудың тиімді әдісі ретіндегі әлеуетін көрсетеді.

**Түйін сөздер:** эпоксидті олигомер, базальт, хромит, индукциялық қондырғы, жоғары жиілікті токтармен өңдеу, физикалық-механикалық қасиеттер.

*Алғыс: зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің қаржылық қолдауымен іске асырылды (жоба № BR18574094).*

©А. Бекешев, А. Мостовой, М. Ахметова\*, Л. Тастанова, 2024.

Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова

E-mail: majiko.a@gmail.com

## ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С МОДИФИЦИРОВАННЫМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ

**А. Бекешев** – кандидат физико-математических наук, ассоциированный профессор, Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Актюбе, Казахстан, e-mail: amirbek2401@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7038-4631>;

**А. Мостовой** – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Энгельский технологический институт, Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, Энгельс, Россия, e-mail: Mostovoy19@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2828-9988>;

**М. Ахметова** – докторант PhD, Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Актюбе, Казахстан, e-mail: majiko.a@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6485-8063>;

**Л. Тастанова** – кандидат химических наук, ассоциированный профессор, Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Актюбе, Казахстан, e-mail: Lyazzatt@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9236-5909>.

**Аннотация.** Модификация дисперсных наполнителей (базальт и хромит) проводилась с использованием индукционной установки мощностью 2 кВт при времени обработки 60 секунд. Этот метод обеспечивал кратковременное воздействие высоких температур за счет высокочастотных токов, что способствовало значительному улучшению эксплуатационных характеристик эпоксидных композитов.

Цель исследования заключалась в изучении влияния высокочастотной обработки на структуру и свойства наполнителей, а также на их последующее взаимодействие с полимерной матрицей.

Задачами исследования являлось определение изменений химического состава наполнителей в результате обработки, изучение морфологических изменений наполнителей с использованием электронной микроскопии, оценку

диэлектрических характеристик наполнителей до и после обработки, анализ влияния модифицированных наполнителей на физико-механические свойства эпоксидных композитов.

Результатами исследования установлено, что обработка высокочастотными токами способствует удалению несвязанной влаги, оксидного слоя с поверхности частиц, а также разрушению нестабильных оксидов. Частицы базальта приобретают игольчатую форму, что приводит к эффекту микроармирования и улучшению механических свойств. В то же время структура хромита остается практически неизменной. Измерение диэлектрической проницаемости показало её значительное увеличение для обоих типов наполнителей, что свидетельствует об изменениях их структуры. Прочностные свойства композитов, содержащих модифицированные наполнители, выросли на 7–17%. Данное исследование демонстрирует потенциал индукционной модификации как эффективного метода улучшения характеристик минеральных наполнителей для использования в композитных материалах.

**Ключевые слова:** эпоксидный олигомер, базальт, хромит, индукционная установка, обработка высокочастотными токами, физико-механические свойства.

### **Кіріспе**

Полимерлі композициялық материалдарды (ПКМ) алу үшін физика-химиялық және механикалық қасиеттеріне әсер ететін дисперсті минералды толтырғыштар кеңінен қолданылады (Bogiatzidis, et al, 2021). Қазіргі уақытта инновациялық экономика талаптарына сай полимер материалдарын жасау үшін тек байланыстырғышты ғана емес, толтырғышты да әртүрлі физикалық немесе химиялық әдістермен модификациялау болашағы зор бағыт болып табылады (Bekeshev, et al, 2024).

Минералды толтырғыштарды модификациялау үшін эффективті әдістердің қатарына электротермиялық әдістің әсері, сонымен қатар ылғалды жою мақсатында жиілігі жоғары қыздыру, сондай ақ дисперсті толтырғыштардың қасиеттері мен құрылымының өзгеруі жатады. Алайда, қазіргі кезде осы модификация электротермияның көпфакторлы процестерінің кесірінен, жеткілікті зерттелмеген материалдарды өндеудегі жиілігі жоғары токтың технологиялық режимдерді, электрофизикалық параметрлер мен ылғал бойынша қатты ерекшеленетін, сонымен қатар толтырғыштарды өңдеу кезінде физикалық параметрлерін қадағалаудың нақты әдістерінің болмауы, соның әсерінен жазықтықтағы жиілігі жоғары материалдарды термиялық өңдеу процесінің теориясының ойлап шығару деңгейінің жетіспеуінен кең тараған жоқ. Осыған байланысты жұмыс мақсаты жиілігі жоғары модификацияның дисперсті минералды толтырғыштардың құрылымы мен қасиеттеріне әсерін зерттеу

### **Материалдар мен әдістер**

Зерттеу барысында қолданылған материалдар:

Эпоксидті матрица. Композиттердің негізі ретінде жоғары механикалық

беріктікке және химиялық төзімділікке ие ЭД-20 маркалы эпоксидті шайыр қолданылды.

Қатайтқыш ретінде үш өлшемді торлы құрылымды қамтамасыз ететін полиэтиленполиамин (ПЭПА) пайдаланылды.

Жылуға төзімділікті және отқа төзімділікті арттыру үшін құрамға фенильді топтармен аяқталған олигорезорцинфенилфосфат (Fyrolflex, ОРФФ) қосылды.

Матрица құрамы: 100 массалық үлес эпоксидті шайыр ЭД-20; 40 массалық үлес ОРФФ; 15 массалық үлес ПЭПА.

Дисперсті минералды толтырғыштар:

Базальт: Кремний, алюминий және темір оксидтері көп мөлшерде болатын жанартаулық минерал. Композиттердің құрамында 30 массалық үлес мөлшерінде қолданылды. Модификациядан кейін микроармирлеу әсерінің арқасында механикалық қасиеттерді жақсартады.

Хромит: Жоғары термиялық тұрақтылыққа ие хромға бай минерал. 75 массалық үлес мөлшерінде пайдаланылды. Композиттердің химиялық және термиялық төзімділігін жақсартуға арналған.

Толтырғыштарды модификациялау әдістері:

Толтырғыштар эпоксидті матрицада біркелкі таралуын қамтамасыз ету үшін ультрадыбыстық өңдеуге ұшырады. Жиілігі:  $22 \pm 2$  кГц  $22 \pm 2$  кГц. Өңдеу уақыты: 60 минут. Бөлшектердің химиялық құрамын және құрылымын өзгерту үшін жоғары жиілікті токтармен өңдеу УПИ-60-2 индукциялық қондырғысында жүргізілді. Қуаты: 2 кВт. Өңдеу уақыты: 60 секунд.

Стандартталған сынақ үлгілері:

Дайындалған үлгілер ГОСТ стандарттарына сай жасалды, бұл нәтижелердің дәлдігі мен қайталануын қамтамасыз етті.

### **Зерттеуде қолданылған әдістер**

#### **Рентгенфлуоресценттік талдау**

Рентгенфлуоресценттік талдау элементтік картирование жасау мүмкіндігімен жергілікті элементтік микроанализді зерттеу үшін қолданылды. Үлгінің сапалық элементтік талдау принципі алғашқы рентген сәулелерінің әсерінен қоздырылған және арнайы датчиктер арқылы тіркелетін рентгендік флуоресценцияға – сипаттамалық екінші рентген сәулеленуіне негізделген.

Сандық талдау зерттелетін элементтердің үлгідегі және осы элементтердің белгілі құрамына ие эталондардағы сәулелену қарқындылығын салыстыру арқылы жүргізіледі.

Толтырғыштардың рентгенфлуоресценттік талдауы РММ 30-μ рентгендік аналитикалық микронд-микроскопында жүзеге асырылды.

#### **Диэлектрлік параметрлерді өлшеу**

Диэлектрлік өтімділікті ( $\epsilon$ ) және диэлектрлік шығындардың тангенсін ( $tg\delta$ ) өлшеу толқындық көпір әдісі арқылы зертханалық қондырғыда жүргізілді (Sivak, et al, 2021).

#### **Сканирлеуші электрондық микроскопия әдісі**

«Aspex Explorer» үстелдік сканирлеуші электрондық микроскопы металдық және диэлектрлік үлгілерді кері шашыратылған және екінші реттік электрондарды, сондай-ақ сипаттамалық рентген сәулеленуін анықтау әдісімен зерттеуге арналған. Зерттеулер барысында эпоксидпен толтырылған полимер үлгілерінің беткі қабаты, сынуы және шлифтері зерттелді.

**Жұмыста механикалық қасиеттерді зерттеу төмендегідей әдістер қолданылды:**

- иілу кезіндегі бұзылу кернеуін өлшеу (стандарт бойынша ГОСТ 4648–71);
- созылу үрдісіндегі бұзылу кернеуін өлшеу (стандарт бойынша ГОСТ 11262–80);
- созылу, иілу барысында серпімділік модулін өлшеу (стандарт бойынша ГОСТ 9550–81);

- соққы тұтқырлығын өлшеу (стандарт бойынша ГОСТ 4647–80);

Бринелль бойынша қаттылықты өлшеу (стандарт бойынша ГОСТ 4670–91).

### Нәтижелер

Полимерлі матрица ретінде алдын ала әзірленген құрам қолданылды, ол 100 массалық бөлік эпоксидті смола ЭД-20 маркасынан, 40 массалық бөлік фенильді топтармен аяқталған олиго(резорцинфенилфосфат) Fyrolflex (ОРФФ) және 15 массалық бөлік қатайтқыш — полиэтиленполиаминнен (ПЭПА) тұрады (Mostovoi, et al, 2019). Эпоксидті композицияға толтырғыштар ретінде 30 массалық бөлік базальт (Mostovoi, et al, 2018) және 75 массалық бөлік хромит (Asimakopoulos, et al, 2019) қосылды.

Толтырғыштардың эпоксидті смолада біркелкі таралуын жақсарту үшін ультрадыбыстық өңдеу жүргізілді. Ультрадыбыстық әсердің сипаттамалары: жиілік мөлшері—  $22 \pm 2$  кГц, әсер ету уақыты — 60 минут.

Дисперсті минералды толтырғыштарды модификациялау УПИ-60-2 индукциялық қондырғысында 2 кВт қуатта және 60 секунд бойы жүргізілді. УПИ-60-2 индукциялық қондырғысында 60 секунд қыздыру кезінде толтырғыштардың температурасы базальт үшін  $645^{\circ}\text{C}$ , ал хромит үшін  $721^{\circ}\text{C}$ -ты құрайды, яғни толтырғыштарға қысқа мерзімді жоғары температуралық жоғары жиілікті токтардың әсері жүреді, нәтижесінде базальттың (1-кесте) және хромиттың (2-кесте) химиялық құрамы өзгереді. Базальт толтырғышында Fe және Al оксидтерінің мөлшері артады, ал хромитте Cr және Al оксидтерінің мөлшері артады. Бұл толтырғыш бөлшектерінің беткі қабатынан ылғалдың және оксидтік пленканың жойылуымен, сондай-ақ ыдырау температурасы модификациялау температурасынан төмен заттардың оксидтерінің ыдырауымен түсіндіріледі.

Кесте 1– Базальттың химиялық құрамы

Компонент	Концентрациясы, %	
	өңделмеген	өңделген
1	2	3
Si (кремний)	48,47	32, 10
Fe (темір)	11,60	25,23
Al (алюминий)	11,21	20, 09

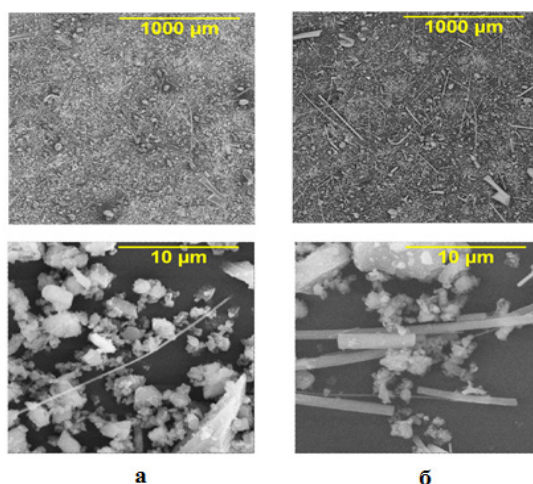


Mg (магний)	15,31	16,58
Ca (кальций)	8,95	1,91
Cr (хром)	1,74	2,11
Na (натрий)	1,54	-
Ti (титан)	0,58	1,21
K (калий)	0,35	-
Mn (марганец)	0,20	0,44
Ni (никель)	0,16	0,25
S (күкірт)	0,06	0,11

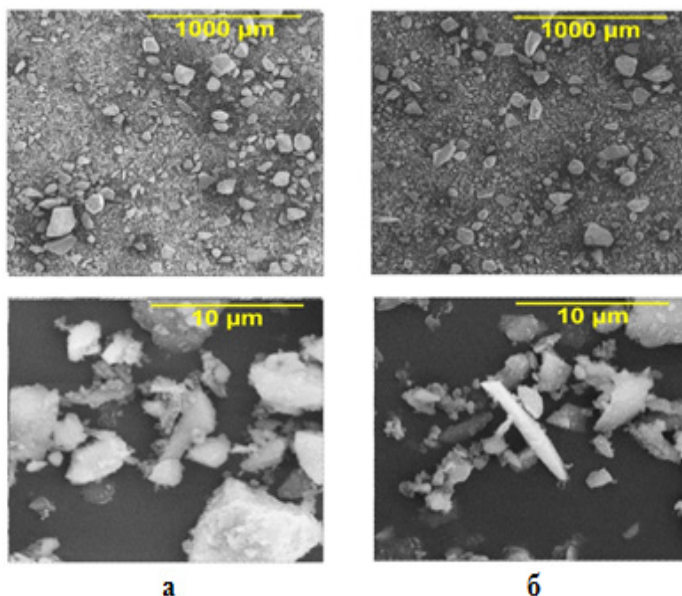
Кесте 2 – Хромиттің химиялық құрамы

Компонент	Концентрациясы, %	
	өңделмеген	өңделген
Cr (хром)	43,33	64,33
Ca (кальций)	21,41	0,38
Fe (темір)	17,74	18,08
Si (кремний)	13,05	6,27
Al (алюминий)	3,02	9,45
Ni (никель)	0,83	0,67
Cu (мыс)	0,35	0,47
Ti (титан)	0,14	0,15
S (күкірт)	0,08	0,04
P (фосфор)	0,03	0,02

Жоғары жиілікті токтармен өңдегеннен кейін базальт бөлшектері инеге ұқсас пішінге ие болады (сурет 1), ал мұндай толтырғыш микроармирлеу әсеріне ие болып, қасиеттердің жақсаруына әкеледі.



Сурет 1– Базальт жынысының СЭМ-суреті: жоғары жиілікті токтармен өңдеуге дейін (а) және кейін (б)



Сурет 2 - жоғары сағаттық токтармен өндеуден бұрын (А) және кейін (Б) хромит жынысының СЭМ көрінісі.

Хромит бөлшектері үшін (сурет 2) индукциялық өңдеу нәтижесінде құрылымның өзгеруі ине тәрізді құрылым бөлшектерінің ішінара көрінуімен шамалы дәрежеде жүреді. Өздеріңіз білетіндей,  $\epsilon$  диэлектрлік ену поляризация өлшемі болып табылады, сондықтан  $\epsilon$  шамалы өзгеруі де материал құрылымының өзгеруінің жанама дәлелі болып табылады (Jakab, et al, 2021; Lei, et al, 2005). Минералды толтырғыштар үшін диэлектрлік өткізгіштік екі еседен астам артады, бұл индукциялық қондырғыларда өндеуден бұрын және кейін базальт пен хромит құрылымының өзгеруін көрсетеді (кесте 3). Толтырылған эпоксидті қосылыстардың физика-механикалық сипаттамаларын зерттеу (кесте 4,5) модификацияланбаған толтырғыштармен толтырылған эпоксидті полимермен салыстырғанда Композиттердің қасиеттерінің бүкіл кешені (7-ден 17%-ға дейін) жақсарады, бұл индукциялық Қондырғыда жоғары жиілікті токтармен өңделген базальт пен хромиттің құрылымы мен химиялық құрамының өзгеруіне байланысты.

Кесте 3– Базальт пен хромиттің диэлектрлік параметрлері

Диэлектрлік параметрлер	Базальт		Хромит	
	ЖЖТ өндеуге дейін	ЖЖТ өндеуге кейін	ЖЖТ өндеуге дейін	ЖЖТ өндеуге кейін
Диэлектрлік шығындар бұрышының тангенсі, $\text{tg}\delta$	0,047	0,01	0,243	0,15
Диэлектрлік өткізгіштік, $\epsilon$	7,504	14,682	3,426	7,02

Кесте 4 - базальтпен толтырылған эпоксидті композиттер қасиеттері

Композит құрамы, массалық үлес, 15 массалық үлес полиэтиленполиамин қосылған	$G_{из}$ , МПа	$E_{из}$ , МПа	$G_p$ , МПа	$E_p$ , МПа	$a_{уд}$ , кДж/м <sup>2</sup>	$H_B$ , МПа
100 ЭД-20 + 40 ФФ	81	3209	31	1897	6,0	176
базальт жыныстарын жоғары жиілікті токтармен өңдеуге дейін						
100 ЭД-20 + 40 ФФ + 30 базальт	89	10022	53	2704	7,0	394
базальт жыныстарын жоғары жиілікті токтармен өңдеуге кейін						
100 ЭД-20 + 40 ФФ + 30 базальт	97	9625	62	3146	8,0	446

Ескертпе:  $G_{из}$  – иілу кернеуі;  $E_{из}$  – иілудің серпімділік модулі;  $G_p$  – тартылу беріктігі;  $E_p$  -созылу серпімділік модулі;  $H_B$  – Бринелл қаттылығы;  $a_{уд}$  – соққы тұтқырлығы; қасиеттері бойынша вариация коэффициенті 5-7 %.

Кесте 5 - Хромитпен толтырылған эпоксид негізіндегі композиттер қасиеттері

Композит құрамы, массалық үлес, 15 массалық үлес полиэтиленполиамин қосылған	$G_{из}$ , МПа	$E_{из}$ , МПа	$G_p$ , МПа	$E_p$ , МПа	$a_{уд}$ , кДж/ м <sup>2</sup>	$H_B$ , МПа
100 ЭД-20 + 40 ФФ	81	3211	31	1897	6,0	176
хромит жыныстарын жоғары жиілікті токтармен өңдеуге дейін						
100 ЭД-20 + 40 ФФ + 75 хромит	96	9554	45	2543	6,0	310
хромит жыныстарын жоғары жиілікті токтармен өңдеуге кейін						
100 ЭД-20+40 Ф + 75 хромит	103	8413	51	3002	7,0	342

Ескертпе:  $G_{из}$  – иілу кернеуі;  $E_{из}$  – иілу кезіндегі серпімділігі;  $G_p$  – тартылу кезіндегі беріктік;  $E_p$  -создылу серпімділік модулі;  $H_B$  – Бринелл бойынша қаттылық;  $a_{уд}$  – соққы тұтқырлығы; қасиеттері бойынша вариация коэффициенті 5-7 %.

### Талқылау

Химиялық құрамды талдау жоғары жиілікті токтармен өңдеу толтырғыштарға айтарлықтай өзгерістер әкелетінін көрсетті. Базальтта темірдің (Fe) және алюминийдің (Al) мөлшері артты. Бұл өзгерістер беткі оксидті қабатты жоюмен және тұрақсыз қосылыстарды бұзумен байланысты. Хромитте хромның (Cr) және алюминийдің (Al) мөлшері артты. Бұл да оксидті қабатты жою және термиялық өңдеудің әсерімен түсіндіріледі.

Бұл өзгерістер жоғары жиілікті токтар тудырған жоғары температураның қысқа мерзімді әсеріне байланысты, бұл толтырғыштар мен эпоксидті матрица арасындағы өзара әрекеттесуді жақсартуға ықпал етеді.

Сканерлеуші электронды микроскопия нәтижелері бойынша: Базальт инеге ұқсас пішінге ие болды, бұл микроармиру әсерін күшейтеді. Бұл жақсарту композиттің физика-механикалық қасиеттеріне, мысалы, иілуге беріктік пен соққы тұтқырлығына оң әсер етеді. Хромит айтарлықтай морфологиялық өзгерістер көрсеткен жоқ, бұл оның жоғары термиялық тұрақтылығын көрсетеді.

Диэлектрлік өткізгіштік ( $\epsilon\epsilon$ ) екі толтырғыш үшін де айтарлықтай артты:

Базальтта — 7.5047.504-тен 14.68214.682-ке дейін. Хромитте — 3.4263.426-дан 7.027.02-ге дейін.

Бұл толтырғыштардың құрылымдық өзгерістерін көрсетеді, олар поляризация қабілетіне оң әсерін тигізеді, бұл диэлектрлік материалдарда қолдану үшін маңызды.

Модификацияланған және модификацияланбаған толтырғыштары бар композиттердің механикалық қасиеттеріне салыстырмалы талдау: Базальтпен композиттердің беріктік сипаттамалары 9–17%9–17%-ға артты. Хромитпен композиттерде жақсартулар 7–16%7–16%-ды құрады.

Бұл толтырғыштар мен полимерлік матрица арасындағы адгезиялық өзара әрекеттесудің модификация арқасында жақсарғанын көрсетеді.

Жоғары жиілікті токтармен толтырғыштарды модификациялау: Эпоксидті композиттердің механикалық және термиялық жүктеме жағдайларында тиімділігін арттырады. Құрылыс, электроника және машина жасау салаларында толтырғыш композиттерді қолдану аймағын кеңейтеді.

### **Қорытынды**

Рентгенфлуоресцентті талдауға сәйкес, зерттелетін толтырғыштарда оксидтер саны өзгереді: базальтта темір мен алюминий оксидтері, ал хромитте хром мен алюминий оксидтері көбейеді. Жоғары жиілікті токтармен модификацияланған кезде базальтта ине тәрізді бөлшектердің болуы байқалады, ал хромит бөлшектері іс жүзінде өзгермейді. Модификацияға дейін және одан кейін минералды толтырғыштардың диэлектрлік көрсеткіштері артады, бұл базальт пен хромит бөлшектерінің құрылымының өзгеруін көрсетеді. Физика-механикалық сипаттамаларды талдау базальтпен толтырылған эпоксидті қосылыс үшін барлық қасиеттер 9-дан 17% - ға дейін, ал хромитпен толтырылған үшін 7-ден 16% - ға дейін өсетінін көрсетті.

Осылайша, УПИ-60-2 индукциялық қондырғысындағы дисперсті минералды толтырғыштардың модификациясы қуаты 2 кВт және ұзақтығы 60 сек, базальт пен хромиттің құрылымы мен химиялық құрамын өзгертуге мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде толтырылған эпоксидті қосылыстардың физика-механикалық сипаттамаларының жоғарылауына әкеледі.

### **Әдебиеттер**

Bogiatzidis, C., Zoumpoulakis, L. Терморективті полимерлі матрицалық композиттер эпоксидті, қанықпаған полиэфирді және новолак шайырын ендіретін құрылыс және бұзу қалдықтарының ұнтағы: салыстырмалы зерттеу // Полимерлер. 2021. №13 (5), С.737. doi: 10.3390 / polym13050737.

Асимакопулос, И., Псаррас, Г., Зумпулакис, Л. Терморективті полимерлі матрицаларға енгізілген барий титанатының нанобөлшектерінің нанокомпозиттері (Новолак шайыры/қанықпаған полиэфирлер/эпоксидті шайыр): Салыстырмалы Зерттеу // Химинженерия 2019, 3(1), 12; <https://doi.org/10.3390/chemengineering3010012>. (ағылшын тілінде).

Балас Якаб, Илеана Панайтеску, Норберт Гамсягер. Эпоксидті композиттік жабындардың трибологиялық көрсеткіштерін жақсартудағы толтырғыштардың әрекеті // Полимерлерді Сынау, №100,2021, 107243. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2021.107243> б.

Лей Л., Цзоу Х., Шао Л., Ван Г., Чен Ц. Наноөлшемді кальций карбонаты бөлшектерімен

толтырылған эпоксидті композиттің механикалық қасиеттерін зерттеу. *Journal of Materials Science*. 2005, 40, pp.1297–1299. <https://doi.org/10.1007/s10853-005-6956-7>. (ағылшын тілінде).

Букетов, А.В. және т.б. Соққы жағдайында ультра дисперсті гауһармен толтырылған эпоксидті композиттердің бұзылу динамикасы // *Mechanics of Advanced Materials and Structures*. 2020, 27, pp.725–733. <https://doi.org/10.1080/15376494.2018.1495788>. (ағылшын тілінде)

Бекешев, А., Васинкина, Е., Калганова, С., Кадыков, Ю., Мостовой, А., Щербачев, А., Лопухова, М. және Аймағанбетова, З. Эпоксидті базальтпен толтырылған олигомердің микротолқынды модификациясы, оның негізіндегі композицияның функционалдық қасиеттерін жақсарту // *Polymers*. 2023, 15(9). <https://doi.org/10.3390/polym15092024>.

Сивак А.С. және т.б. // Вопросы электротехнологии. 2021. №4(33). С.23-28.

Мостовой, А.С. және т.б. Эпоксидті полимерлерге арналған жоғары тиімді пластификаторлар-антипирин // *Inorganic Materials: Applied Research*. 2019, 10, pp.1135–1139. <https://doi.org/10.1134/S2075113319050228>

Мостовой, А.С. және басқалар. Ұсақ Дисперсті Хромиттің Модификацияланған Эпоксидті Композиттердің Физика-Химиялық Және Механикалық Қасиеттеріне әсері // *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2018, 91, pp.1758–1766. <https://doi.org/10.1134/S1070427218110046>.

### References

Bogiatzidis, C., Zoumpoulakis, L. Thermoset Polymer Matrix Composites of Epoxy, Unsaturated Polyester, and Novolac Resin Embedding Construction and Demolition Wastes Powder: A Comparative Study // *Polymers*. 2021, 13(5), p.737. <https://doi.org/10.3390/polym13050737>.

Asimakopoulos, I., Psarras, G., Zoumpoulakis, L. Nanocomposites of Barium Titanate Nanoparticles Embedded in Thermosetting Polymer Matrices (Novolac Resin/Unsaturated Polyesters/Epoxy Resin): A Comparative Study // *ChemEngineering*. 2019, 3(1), p.12. <https://doi.org/10.3390/chemengineering3010012>.

Jakab, B., Panaiteșcu, I., Gamsjäger, N. The Action of Fillers in the Enhancement of the Tribological Performance of Epoxy Composite Coatings // *Polymer Testing*. 2021, 100, 107243. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2021.107243>.

Lei, L., Zou, H., Shao, L., Wang, G., Chen, J. Study on Mechanical Property of Epoxy Composite Filled with Nano-Sized Calcium Carbonate Particles // *Journal of Materials Science*. 2005, 40, pp.1297–1299. <https://doi.org/10.1007/s10853-005-6956-7>.

Buketov, A.V., et al. Dynamics of Destruction of Epoxy Composites Filled with Ultra-Dispersed Diamond Under Impact Conditions // *Mechanics of Advanced Materials and Structures*. 2020, 27, pp.725–733. <https://doi.org/10.1080/15376494.2018.1495788>.

Bekeshev, A., Vasinkina, E., Kalganova, S., Kadykova, Y., Mostovoy, A., Shcherbakov, A., Lopukhova, M., Aimagambetova, Z. Microwave Modification of an Epoxy Basalt-Filled Oligomer to Improve the Functional Properties of a Composite Based on It // *Polymers*. 2023, 15(9). <https://doi.org/10.3390/polym15092024>.

Sivak, A.S., et al. Investigation of Dielectric Properties of Composite Materials // *Voprosy Elektrotehnologii*. 2021, 4(33), pp.23–28.

Mostovoi, A.S., et al. Highly Efficient Plasticizers-Antipirenes for Epoxy Polymers // *Inorganic Materials: Applied Research*. 2019, 10, pp.1135–1139. <https://doi.org/10.1134/S2075113319050228>.

Mostovoi, A.S., et al. Effect of Finely Dispersed Chromite on the Physicochemical and Mechanical Properties of Modified Epoxy Composites // *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2018, 91, pp.1758–1766. <https://doi.org/10.1134/S1070427218110046>.

## CONTENTS

### PHYSICS

- A. Bekeshev, A. Mostovoy, M. Akhmetova, L. Tastanova**  
RESEARCH ON THE PROPERTIES OF EPOXY COMPOSITE MATERIALS  
INCORPORATING MODIFIED MINERAL FILLERS.....5
- G. Yensebaeva, I. Makhambayeva, A.Seitmuratov, K. Kanibaikyzy,  
Z. Suleimenova**  
PROBLEMS ON THE PROPAGATION OF HARMONIC WAVES UNDER  
RHEOLOGICAL VISCOUS PROPERTIES OF A MATERIAL.....16
- A.A. Zhadyranova, V. Zhumabekova, U. Ismail, D. Nassirova**  
EXPLORING THE POTENTIAL OF YUKAWA USING THE FIZO EFFECT.....33
- A. Istlyaup, L. Myasnikova, A. Lushchik**  
COMPUTER SIMULATION OF THE DENSITY OF STATE NaX (X = F, Cl)  
NANOOBJECTS.....49
- G.T. Omarova, Zh.T. Omarova**  
TO THE ORBITAL DYNAMICS WITH VARIABLE ECCENTRICITY.....61
- A.V. Serebryanskiy, Ch.T. Omarov, G.K. Aimanova, M.A. Krugov**  
SPECTRAL OBSERVATIONS OF GEOSTATIONARY SATELLITES AT THE  
ASSY-TURGEN OBSERVATORY IN KAZAKHSTAN.....69
- A.K. Shongalova, A. Sailaubek, A.E. Kemelbekova**  
OBTAINING BULK CRYSTALS OF ANTIMONY OXYCHLORIDE AND  
STUDYING ITS STRUCTURAL CHARACTERISTICS.....82
- S.A. Shomshekova, L.K. Kondratyeva, I.M. Izmailova, C.T. Omarov**  
INFRARED OBSERVATIONS OF SYMBIOTIC STARS FROM A CISLUNAR  
ORBIT: OBJECTIVES AND PROSPECTS.....90

### CHEMISTRY

- A. Abdullin, ©N. Zhanikulov, B. Taimasov, E. Potapova**  
INVESTIGATION OF CHEMICAL RESISTANCE OF ZINC-PHOSPHATE  
CEMENT UNDER INFLUENCE OF AGGRESSIVE ENVIRONMENTS.....103
- G. Baisalova, Zh. Tukhmetova, B. Torsykbaeva, A. Shukirbekova, Zh. Ussen**  
CHEMICAL CONSTITUENTS OF HEXANE EXTRACT OF LYTHRUM  
SALICARIA L. ROOTS.....115



- N. Bolatkyzy, A.B. Amangeldi, B.E. Dyusebaev, G.E. Berganayeva, M.A. Dyusebaeva**  
STUDY OF AMINO ACIDS AND FATTY ACIDS IN THE COMPOSITION OF THE AERIAL PART OF RUBUS HYBRID.....125
- A.A. Duisenbay, E.K. Assembayeva, M.O. Kozhakhliyeva, D.E. Nurmukhanbetova, A.Zh. Bozhbanov**  
PHYSICOCHEMICAL INDICATORS AND SAFETY OF SOURDOUGH BREAD.....135
- T.K. Jumadilov, G.T. Dyussebayeva, Zh.S. Mukatayeva, J.V. Gražulevicius**  
INVESTIGATION OF ELECTROCHEMICAL AND CONFORMATIONAL PROPERTIES OF INTERPOLYMER SYSTEMS OF CATIONITE KU-2-8 AND ANIONITE P4VP.....146
- V.N. Kryuchkov, I.V. Volkova, A.V. Mozharova, L.K. Seidaliyeva, F.K. Nurbayeva, K.A. Jumasheva**  
MORPHOLOGY OF THE MESONEPHROS IN CARP UNDER EXPERIMENTAL INTOXICATION.....157
- M.K. Kurmanaliev, Zh.D. Alimkulova, Zh.E. Shaikhova, S.O. Abilkasova**  
NEW SORBENTS BASED ON TIACROWN ETHERS: PREPARATION AND APPLICATION FOR SILBER EXTRACTION.....168
- M.T. Telmanov, B.Kh. Khussain, A.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy**  
CREATION OF DIGITAL TWINS, INCLUDING THE DECARBONISATION MODULE, IN MODELLING AND VISUALISATION OF FLUE GAS CLEANING SYSTEMS IN INDUSTRIAL PLANTS.....179

## МАЗМҰНЫ

### ФИЗИКА

**А. Бекешев, А. Мостовой, М. Ахметова, Л. Тастанова**  
ТҮРЛЕНДІРІЛГЕН МИНЕРАЛДЫ ТОЛТЫРҒЫШТАР ҚОСЫЛҒАН  
ЭПОКСИДТІК КОМПОЗИТТІК МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН  
ЗЕРТТЕУ.....5

**Г. Еңсебаева, И. Махамбаева, А. Сейтмұратов, Қ. Қанибайқызы, Ж. Сүлейменова,**  
МАТЕРИАЛДЫҢ РЕОЛОГИЯЛЫҚ ТҮТҚЫРЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ НЕГІЗІНДЕ  
ГАРМОНИЯЛЫҚ ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ТАРАЛУ ЕСЕБІ.....16

**А.А. Жадыранова, В. Жумабекова, У. Исмаил, Д. Насирова**  
ФИЗО ЭФФЕКТИСІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ЮКАВА ПОТЕНЦИАЛЫН  
ЗЕРТТЕУ.....33

**А. Истляуп, Л. Мясникова, А. Лущик**  
NaX (X = F, Cl) НАНООБЪЕКТІЛЕРІНІҢ КҮЙ ТЫҒЫЗДЫҒЫН  
КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ.....49

**Г.Т. Омарова, Ж.Т. Омарова**  
АЙНЫМАЛЫ ЭКСЦЕНТРИСИТЕТІ БАР ОРБИТАЛЫҚ ДИНАМИКАҒА.....61

**А.В. Серебрянский, Ч.Т. Омаров, Г.К. Айманова, М.А. Кругов**  
ҚАЗАҚСТАНДА АССЫ-ТҮРГЕН ОБСЕРВАТОРИЯСЫНДА ГЕОТҰРАҚТЫ  
СЕРІКТЕРДІҢ СПЕКТРЛІК БАҚЫЛАУЛАРЫ.....69

**А.Қ. Шонғалова, А. Сайлаубек, А.Е. Кемелбекова**  
СУРЬМА ОКСИХЛОРИДІНІҢ КӨЛЕМДІ КРИСТАЛДАРЫН АЛУ ЖӘНЕ  
ОНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ЗЕРТТЕУ.....82

**С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова, Ч.Т. Омаров**  
АЙҒА ЖАҚЫН ОРБИТАДАҒЫ СИМБИОТИКАЛЫҚ ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ  
ИНФРАҚЫЗЫЛ БАҚЫЛАУЛАРЫ: МІНДЕТТЕРІ МЕН БОЛАШАҒЫ.....90

### ХИМИЯ

**А. Абдуллин, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Е. Потапова**  
МЫРҒЫШ-ФОСФАТТЫ ЦЕМЕНТІНІҢ АГРЕССИВТІ ОРТАНЫҢ ӘСЕРІНЕ  
ХИМИЯЛЫҚ ТӨЗІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ.....103

**Ғ. Байсалова, Ж. Тухметова, Б. Торсыкбаева, А. Шукирбекова, Ж. Усен**  
*LYTHRUM SALICARIA L.* ТАМЫРЛАРЫНЫҢ ГЕКСАНДЫ СЫҒЫНДЫСЫНЫҢ  
ХИМИЯЛЫҚ КОМПОНЕНТТЕРІ.....115

- Н. Болатқызы, А.Б Амангелді, Б.Е Дюсебаев, Г.Е Берганаева,  
М.А Дюсебаева**  
*RUBUS HYBRID* ӨСІМДІГІНІҢ ЖЕР ҮСТІ БӨЛІГІНІҢ ҚҰРАМЫНАН АМИН  
ЖӘНЕ МАЙ ҚЫШҚЫЛДАРЫН ЗЕРТТЕУ.....125
- А.А. Дуйсенбай, Э.К. Асембаева, М.О. Кожახиева, Д.Е. Нурмуханбетова,  
А.Ж. Божбанов**  
ҰЙЫТҚЫ ҚОСЫЛҒАН НАННЫҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІ  
МЕН ҚАУІПСІЗДІГІ.....135
- Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Ю.В. Гражулявичюс**  
КАТИОНИТ КУ-2-8 ЖӘНЕ АНИОНИТ П4ВП ИНТЕРПОЛИМЕРЛІК  
ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ КОНФОРМАЦИЯЛЫҚ  
ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....146
- В.Н. Крючков, И.В. Волкова, А.В. Можарова, Л.К. Сейдалиева,  
Ф.К. Нурбаева, К.А. Джумашева**  
ЭКСПЕРИМЕНТТІК ИНТОКСИКАЦИЯ КЕЗІНДЕГІ ТҰҚЫ  
МЕЗОНЕФРОСЫНЫҢ МОРФОЛОГИЯСЫ.....157
- М.Қ. Құрманалиев, Ж.Д. Алимқулова, Ж.Е. Шаихова, С.О. Әбілқасова,**  
ТИАКРАУН-ЭФИРЛЕР НЕГІЗІНДЕГІ ЖАҢА СОРБЕНТТЕР: АЛУ ЖӘНЕ  
КҮМІСТІ БӨЛУ ҮШІН ҚОЛДАНУ.....168
- М.Т. Тельманов, Б.Х. Хусаин, А.Х. Хусаин, А.Р. Бродский**  
ЦИФРЛЫҚ ЕГІЗДЕРДІ ҚҰРУ, ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ МОДУЛІМЕН БІРГЕ  
ӨНЕРКӘСІПТІК КӘСІПОРЫНДАРДЫҢ ТҮТІН ГАЗДАРЫН ТАЗАРТУ  
ЖҮЙЕЛЕРІН МОДЕЛЬДЕУ ЖӘНЕ ВИЗУАЛИЗАЦИЯЛАУ.....179

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФИЗИКА

**А. Бекешев, А. Мостовой, М. Ахметова, Л. Тастанова**  
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИТНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ С МОДИФИЦИРОВАННЫМИ МИНЕРАЛЬНЫМИ  
НАПОЛНИТЕЛЯМИ.....5

**Г. Енсебаева, И. Махамбаева, А. Сейтмуратов, К. Канибайкызы,  
Ж. Сулейменова**  
ЗАДАЧИ О РАСПРОСТРАНЕНИИ ГАРМОНИЧЕСКИХ ВОЛН ПРИ  
РЕОЛОГИЧЕСКИХ ВЯЗКИХ СВОЙСТВАХ МАТЕРИАЛА.....16

**А.А. Жадыранова, В. Жумабекова, У. Исмаил, Д. Насирова**  
ИЗУЧЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА ЮКАВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТА  
ФИЗО.....33

**А. Истляуп, Л. Мясникова, А. Лущик**  
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОТНОСТИ СОСТОЯНИЯ  
НАНООБЪЕКТОВ NaX (X = F, Cl).....49

**Г.Т. Омарова, Ж.Т. Омарова**  
К ОРБИТАЛЬНОЙ ДИНАМИКЕ С ПЕРЕМЕННЫМ  
ЭКЦЕНТРИСИТЕТОМ.....61

**А.В. Серебрянский, Ч.Т. Омаров, Г.К. Айманова, М.А. Кругов**  
СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ГЕОСТАЦИОНАРНЫХ СПУТНИКОВ НА  
ОБСЕРВАТОРИИ АССЫ-ТУРГЕНЬ В КАЗАХСТАНЕ.....69

**С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова, Ч.Т. Омаров**  
ИНФРАКРАСНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ СИМБИОТИЧЕСКИХ ЗВЕЗД  
С ОКОЛОЛУННОЙ ОРБИТЫ: ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....82

**А.К. Шонгалова, А. Сайлаубек, А.Е. Кемелбекова**  
ПОЛУЧЕНИЕ ОБЪЕМНЫХ КРИСТАЛЛОВ ОКСИХОЛОРИДА СУРЬМЫ И  
ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО СТРУКТУРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК.....90

### ХИМИЯ

**А. Абдуллин, Н. Жаникулов, Б. Таймасов, Е. Потапова**  
ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ЦИНК-ФОСФАТНОГО  
ЦЕМЕНТА ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ АГРЕССИВНЫХ СРЕД.....103

- Г. Байсалова, Ж. Тухметова, Б. Торсыкбаева, А. Шукирбекова, Ж. Усен**  
ХИМИЧЕСКИЕ КОМПОНЕНТЫ ГЕКСАНОВОГО ЭКСТРАКТА КОРНЕЙ  
*LYTHRUM SALICARIA* L.....115
- Н. Болаткызы, А.Б Амангелди, Б.Е. Дюсебаев, Г.Е Берганаева,  
М.А Дюсебаева**  
ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОКИСЛОТ И ЖИРНЫХ КИСЛОТ В  
СОСТАВЕ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ *RUBUS HYBRID*.....125
- А.А. Дуйсенбай, Э.К. Асембаева, М.О. Кожахиева, Д.Е. Нурмуханбетова,  
А.Ж. Божбанов**  
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И БЕЗОПАСНОСТЬ ХЛЕБА  
С ЗАКВАСКОЙ.....135
- Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Ю.В. Гражулявичюс**  
ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ И КОНФОРМАЦИОННЫХ СВОЙСТВ  
ИНТЕРПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМ КАТИОНИТА КУ-2-8 И АНИОНИТА  
П4ВП.....146
- В.Н. Крючков, И.В. Волкова, А.В. Можарова, Л.К. Сейдалиева,  
Ф.К. Нурбаева, К.А. Джумашева**  
МОРФОЛОГИЯ МЕЗОНЕФРОСА КАРПА ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ  
ИНТОКСИКАЦИИ.....157
- М.К. Курманалиев, Ж.Д. Алимкулова, Ж.Е. Шаихова, С.О. Абилкасова**  
НОВЫЕ СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ ТИАКРАУН-ЭФИРОВ: ПОЛУЧЕНИЕ И  
ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ СЕРЕБРА.....168
- М.Т. Телманов, Б.Х. Хусаин, А.Х. Хусаин, А.Р. Бродский**  
СОЗДАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ, ВКЛЮЧАЯ МОДУЛЬ  
ДЕКАРБОНИЗАЦИИ, ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ  
ОЧИСТКИ ДЫМОВЫХ ГАЗОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ПРЕДПРИЯТИЙ.....179

## **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 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](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.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

**[www.nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)**

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

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

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 13.12.2024.

Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная. Печать - ризограф.

12,5 п.л. Тираж 300. Заказ 4.