

ISSN: 1991-346X (Print)
ISSN: 2518-1726 (Online)

**ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**№1
2026**

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

2026 • 1



**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 Oil refining and Petrochemistry Research Institute (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

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

ABILMAGZHANOV Arlan Zainutallaevich, PhD in Chemistry, General Director 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>

EDITORIAL BOARD:

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, 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>

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/author/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЛАРЫ:

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

ӘБИЛМАҒЖАНОВ Арлан Зайнуталлайұлы, химия ғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы «Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ Бас директоры (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/detail.uri?authorId=57197468109>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2024265>

РЕДАКЦИЯ АЛҚАСЫ:

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мынжасарұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» ғылыми-өндірістік орталығы» АҚ директоры (Қарағанды, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/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/author/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/author/detail.uri?authorId=6602431781>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/1405661>

ОЛИВЬЕРО Росси Сесаре, PhD (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/author/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/author/detail.uri?authorId=7006315935>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/524462>

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

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

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

БӨШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, PhD теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/author/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/author/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/author/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/author/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/author/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/author/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/author/detail.uri?authorId=6701353063>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2023295>

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

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 Научно-исследовательского института нефтепереработки и нефтехимии (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>, <https://www.webofscience.com/wos/author/record/2017489>

ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

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>

АБИЛЬМАГЖАНОВ Арлан Зайнуталлаевич, кандидат химических наук, Генеральный директор 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>

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

АДЕКЕНОВ Сергазы 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>

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

QUEVEDO Hernando, профессор, Национальный автономный университет Мексика (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 имени 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>

ТАКИББАЕВ 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 Мелеу 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>

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

Aimaganbetova Z.K., Kulshymbayev Y.A., Zhanturina N.N., Beketova G.K.
First-principles calculation of the electronic properties of the Double Halide Perovskite $\text{Cs}_2\text{Ag}_{0.2}\text{Na}_{0.4}\text{In}_{0.6}\text{Ti}_{0.4}\text{Cl}_6$ based on the quantum ESPRESSO software.....14

Amangeldinova S., Zhuniskhan S., Kalzhigitov N., Kurmangaliyeva V.
Study of the cluster structure of ^5He and ^5Li mirror nuclei in two-cluster approximation.....35

Chokin K., Otunchi Ye., Kozhahmetova A., Kasenova A., Shongalova A.
Development and testing of a laboratory pyrometallurgical installation for recycling lithium-ion batteries.....46

Issayeva A., Beisebayeva A., Madybekova G., Shynazbekova Sh., Issa A.
Comparative analysis of physico-chemical characteristics of drinking, spring and natural water in the South Kazakhstan.....65

Kim V.Yu., Aimuratov Y.K.
Search for transient cosmic events by scanning the sky with wide-field telescopes.....78

Koshtybayev T.B., Tatenov A.M., Aliyeva M.E., Tugelbaeva G.T., Zhanaliyeva G.Zh.
Study of the electromagnetic field based on thermodynamics principles.....89

Mukamedenkyzy V., Akberdiyev B.
Numerical investigation of the effect of inclination angle on the stability of mechanical equilibrium in Ar–N₂ binary gas mixtures.....105

Myasnikova L.N., Uzakbaeva S.S., Shanina Z.K., Bekeshev A.Z.
Kinetic properties of high-density polyethylene filled with chromium spinel powder.....119

Nurbayev B.M., Dmitriyeva E.A., Kemelbekova A.E.
The role of low-dimensional layered structures in enhancing the stability of tin-based perovskite materials.....136

Sattinova Z., Ermakhanova F., Assilbekov B., Taimuratova L.
Influence of various cooling conditions and heat transfer coefficients on solidification during the formation of beryllium ceramic products.....149

Shestakova L.I., Serebryanskiy A.V., Spassyyuk R.R., Omarov Ch.T.
Search for gas of comet-meteor origin in the inner Solar System: caii ion emission.....165

Ualikhanova U., Tursynkazy F., Syzdykova A.M., Altayeva G.S., Altaibayeva A.B.
Studying the amplitude of $f(T)$ gravitational waves using Bessel functions.....179

Zhexenbayeva G.A., Nasirova D.M., Aimanova G.K., Shomshekova S.A. Photometric study of the symbiotic object V725 Tau.....	194
Zhusupova N.K., Zhadyranova A.A. Bounce cosmology in $f(T, \mathcal{T})$ gravity based on energy condition analysis.....	205
Ziyatbekova G., Abdimanapova P., Sagyntay O., Nurym A., Ilinov R. Using artificial intelligence to predict diseases based on medical data.....	225

CHEMISTRY

Almassov N.Zh., Zhumagaliyeva A.N., Duisenbekov S.E., Zhakiyev N.K. Design and optimization of hybrid renewable energy systems for hydrogen production in Kazakhstan.....	236
Amangeldi B., Zhanikulov N., Taimasov B., Aitureev M.M., Dauletiyarov M. Calculation of the Raw material composition for obtaining white Portland cement clinker.....	251
Baeshov A., Tashenov E.A., Atykhanova S.B., Koshkarbayeva Sh.T. Preparation of cadmium sulfide by electrochemical method using a composite sulfur–graphite electrode.....	267
Baisalova G.Zh., Azhikhanova Zh., Taltenov A.A., Kuzhatova P. Determination of the total phenolic content in perennial herbaceous plants of the flora of Kazakhstan.....	277
Darmenbayeva A.S., Rajasekharan R., Zhussipnazarova G.M., Mukazhanova Zh.B., Begenova B.E. Composites based on chitosan and cellulose: synthesis, properties, and application prospects.....	287
Erkasov R.Sh., Zhamkenova A.S., Sergazina S.M., Nurmukhanbetova N.N., Kassenova N.B. Halide-dependent modulation of hydrogen bonding in Mn(II) complexes with protonated acetamide: a QAIM, NCI, and energy decomposition study.....	304
Kalimoldina L.M., Shaikhova Zh.E., Kaliyeva B.K., Bubish Sh., Askarova Sh.K. The effect of silver nanoparticles on the germination of bean, lemon, tangerine and avocado seeds.....	320
Kurtebayeva A.A., Alvarez-Torrellas S., Gomes H.T., Orynbayev S.A., Kalmakhanova M.S. Activated-carbon-enhanced polymeric membranes for efficient elimination of emerging contaminants.....	334

Massenova A.T., Zhumakanova A.S., Torlopov I.I., Rakhmetova K.S., Abilmagzhanov A.Z. Optimization of the hierarchical zeolite ZSM-5 synthesis process by steam-assisted alkaline modification.....	350
Mutushev A.Zh., Nuraly A.M., Sanat A.S., Shaukharova M.A., Yessimsiitova Z.B. The effect of light-converting films on the accumulation of bioactive compounds and the quality of fruits.....	366
Nefedov A.N., Taikenova A.T. Current state of organic corrosion inhibitor application in oil refining.....	379
Omarov B.T., Altybayev Zh.M., Serikbayeva B.S. Production of biohumus by vermicomposting of organic wastes and study of its agroecological effectiveness.....	399
Rakhman D.M., Kappasuly A., Makhayeva D.N., Kazybayeva D.S., Irmukhametova G.S. Development and investigation of mucoadhesive hydrogels based on gellan–cysteine complexes.....	414
Sabyrzhanova A.E., Bolatkyzy N., Berganaeva G.E., Dyusebaeva M.A. Study of amino acids and fatty acids in the aerial part of <i>Plantago major</i>	428
Satayeva S., Akhmetova F., Urazova A., Aituganova S., Yerniyazova K. The influence of PEPA concentration on the physical, mechanical, and operational properties of ED-20 epoxy adhesives.....	439
Zamanbek A.Zh., Koshkarbayeva Sh.T., Satayev M.S. Methods of Obtaining Silver Nanoparticles and Antibacterial Properties.....	450
Zhortarova A.A., Salkeyeva L.K., Minayeva Ye.V., Ibrayev M.K., Fazylov S.D. New possibilities for the synthesis and phosphorylation of phosphonoacetic acid ester.....	462

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

Аймағанбетова З.К., Құлшымбаев Е.А., Жантурина Н.Н., Бекетова Г.К. Quantum Espresso бағдарламасы негізінде Cs ₂ Ag _{0.2} Na _{0.4} In _{0.6} Ti _{0.4} Cl ₆ кос галогенді перовскиттің электрондық қасиеттерін бірінші принциптік есептеу.....	14
Амангелдинова С., Жүнісхан С., Калжигитов Н., Курманғалиева В. Екі кластерлік жуықтауда 5He және 5Li айналық ядроларының кластерлік құрылымын зерттеу.....	35
Чокин К., Отунчи Е., Кожаметова А., Касенова А., Шонғалова А. Литий-ионды аккумуляторларды қайта өндеуге арналған зертханалық пирометаллургиялық қондырғыны әзірлеу және сынау.....	46
Исаева А.Б., Бейсебаева А.С., Мадыбекова Г.М., Шиназбекова Ш.С., Иса А.Б. Сравнительный анализ физико-химических характеристик питьевой, родниковой и природной воды юга Казахстана.....	65
Ким В.Ю., Аймуратов Е.К. Кең бұрышты телескоптармен аспанды сканерлеу арқылы өтпелі ғарыштық оқиғаларды іздеу.....	78
Коштыбаев Т.Б., Татенов А.М., Алиева М.Е., Тугелбаева Г.Т., Жаналиева Г.Ж. Электромагниттік өрісті термодинамикалық бастамалар тұрғысында зерттеу.....	89
Мукамеденқызы В., Ақбердиев Б. Ar–N ₂ бинарлы газ қоспаларындағы механикалық тепе-теңдік тұрақтылығына қиғаш бұрыштың әсерін сандық зерттеу.....	105
Мясникова Л.Н., Узакбаева С.С., Шанина З.К., Бекешев А.З. Хром-шпинельді ұнтақ қосылған жоғары тығыздықты полиэтиленнің кинетикалық қасиеттері.....	119
Нұрбаев Б.М., Дмитриева Е.А., Кемелбекова А.Е. Қалайы негізіндегі перовскитті материалдардың тұрақтылығын арттырудағы төменөлшемді қабатты құрылымдардың рөлі.....	136
Саттинова З., Ермаханова Ф., Асылбеков Б., Таймуратова Л. Бериллий керамикалық бұйымдарын қалыптастыру кезінде әр түрлі салқындату жағдайлары мен жылу беру коэффициенттерінің қатаюға әсері.....	149
Шестакова Л.И., Серебрянский А.В., Спасюк Р.Р., Омаров Ш.Т. Күн жүйесінің ішкі аймағындағы комета-метеорлық тектегі газды іздеу: CaII иондарының жарқырауы.....	165

Уалиханова У.А., Тұрсынқазы Ф., Сыздықова А.М., Алтаева Г.С., Алтайбаева А.Б.
Бессель функцияларын пайдаланып $f(T)$ гравитациялық толқындардың
амплитудасын зерттеу.....179

Жексенбаева Г.А., Насирова Д.М., Айманова Г.К., Шомшекова С.А
V725 Тау симбиотикалық объектiсiн фотометрлiк зерттеу.....194

Жусупова Н.К., Жадыранова А.А.
Энергия шарттарын талдауға негiзделген $f(T, T)$ серпiлiс космологиясы.....205

Зиятбекова Г.З., Абдиманапова П.Б., Сағынтай О.А., Нұрым А.А., Ильинов Р.А.
Жасанды интеллект көмегiмен медициналық деректер бойынша
ауруларды болжау.....225

ХИМИЯ

Алмассов Н.Ж., Жумагалиева А.Н., Дүйсенбеков С.Е., Жакиев Н.К.
Қазақстанда сутегi өндiруге арналған гибрирдiк жаңартылатын энергия жүйелерiн
жобалау және оңтайландыру.....236

Амангелдi Б., Жаникулов Н., Таймасов Б., Айтүреев М., Даулетияров М.
Ақ портландцемент клинкерiн алу үшiн шикiзат шихта құрамын есептеу.....251

Баешов А., Ташенов Е.А., Атыханова С.Б., Кошкарбаева Ш.Т.
Композициялы күкiрт-графит электродын қолдану арқылы кадмий
сульфидiн электрохимиялық әдiспен алу.....267

Байсалова Г.Ж., Ажиханова Ж., Талтенов А.А., Құжатова П.
Қазақстан флорасындағы көпжылдық шөптесiн өсiмдiктердiң фенолдық
қосылыстарының жиынтық мөлшерiн анықтау.....277

**Дарменбаева А.С., Rajasekharan R., Жусипназарова Г.М., Мукажанова Ж.Б.,
Бегенова Б.Е.**
Хитозан және целлюлоза негiзiндегi композиттер: синтез, қасиеттерi және қолдану
перспективалары.....287

**Еркасов Р.Ш., Жамкенова А.С., Сергазина С.М., Нурмуханбетова Н.Н.,
Касенова Н.Б.**
Mn (II) кешендерiндегi сутектiк байланыстардың энергиясы мен табиғатына
галогеннiң әсерi: QTAIM, NCI және энергия декомпозициясы.....304

Калимолдина Л.М., Шаихова Ж.Е., Калиева Б.К., Бубиш Ш., Аскарова Ш.К.
Күмiс нанобөлшектерiнiң бұршақ, лимон, мандарин, авокадо тұқымдарының
өнуiне әсерi.....320

Қуртебаева А.А., Álvarez-Torrellas S., Gomes Н.Т., Орынбаев С.Ә., Калмаханова М.С. Алаңдаушылық тудыратын ластаушы заттарды тиімді жою үшін белсендірілген көмір полимерлі мембраналар.....	334
Масенова А.Т., Жұмақанова А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С., Абильмагжанов А.З. ZSM-5 иерархиялық цеолитін бумен сілтілі модификациялау арқылы алу процесін онтайландыру.....	350
Мутушев А.Ж., Нұралы Ә.М., Санат А.С., Шаукарова М.А., Есимситова З.Б. Жарық түрлендіретін пленкалардың биоактивті қосылыстардың жинақталуына және жеміс сапасына әсері.....	366
Нефедов А.Н., Тайекенова А.Т. Мұнай өңдеу өнеркәсібінде органикалық коррозия ингибиторларын қолданудың қазіргі жағдайы.....	379
Омаров Б.Т., Алтыбаев Ж.М., Серикбаева Б.С. Органикалық қалдықтарды вермикомпостинг арқылы биогумус өндіру және оның агроэкологиялық тиімділігін зерттеу.....	399
Рахман Д.М., Қаппасұлы Ә., Махаева Д.Н., Қазыбаева Д.С., Ирмухаметова Ғ.С. Геллан–цистеин кешендері негізінде мукоадгезиялық гидрогельдерді әзірлеу және зерттеу.....	414
Сабыржанова А.Е., Болатқызы Н., Берганаева Г.Е., Дюсебаева М.А. Plantago Major жер үсті бөлігінің құрамындағы амин қышқылдары мен май қышқылдарын зерттеу.....	428
Сатаева С., Ахметова Ф., Уразова А., Айтуганова С., Ерниязова К. ЭД-20 эпоксидті желімдерінің физика-механикалық және эксплуатациялық қасиеттеріне ПЭПА концентрациясының ықпалы.....	439
Заманбек А.Ж., Кошкарбаева Ш.Т., Сатаев М.С. Күміс нанобөлшектерінің алыну әдістері мен антибактериалдық қасиеттері.....	450
Жоргарова А.А., Салькева Л.К., Минаева Е.В., Ибраев М.К., Фазылов С.Д. Фосфоносірке қышқылының эфирін синтездеу мен фосфорландырудың жаңа мүмкіндіктері.....	462

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

Аймаганбетова З.К., Кулшымбаев Е.А., Жантурина Н.Н., Бекетова Г.К. Расчет по первому принципу электронных свойств двойного галогенидного перовскита Cs ₂ Ag _{0.2} Na _{0.4} In _{0.6} Ti _{0.4} Cl ₆ на основе программы Quantum Espresso.....	14
Амангелдинова С., Жүнісхан С., Калжигитов Н., Курмангалиева В. Исследование кластерной структуры зеркальных ядер ⁵ He и ⁵ Li в двухкластерном приближении.....	35
Чокин К., Отунчи Е., Кожрахметова А., Касенова А., Шонгалова А. Разработка и испытания лабораторной пирометаллургической установки для переработки литий-ионных аккумуляторов.....	46
Исаева А.Б., Бейсебаева А.С., Мадыбекова Г.М., Шиназбекова Ш.С., Иса А.Б. Сравнительный анализ физико-химических характеристик питьевой, родниковой и природной воды юга Казахстана.....	65
Ким В.Ю., Аймуратов Е.К. Поиск транзиентных космических событий методом сканирования неба широкоугольными телескопами.....	78
Коштыбаев Т.Б., Татенов А.М., Алиева М.Е., Тугелбаева Г.Т., Жаналиева Г.Ж. Исследование электромагнитного поля на основе термодинамических принципов.....	89
Мукамеденкызы В., Акбердиев Б. Численное исследование влияния угла наклона на устойчивость механического равновесия в бинарной газовой смеси Ar–N ₂	105
Мясникова Л.Н., Узакбаева С.С., Шанина З.К., Бекешев А.З. Кинетические свойства высокоплотного полиэтилена с добавлением хром-шпинельного порошка.....	119
Нурбаев Б.М., Дмитриева Е.А., Кемелбекова А.Е. Роль низкоразмерных слоистых структур в повышении стабильности перовскитных материалов на основе олова.....	136
Саттинова З., Ермаханова Ф., Асылбеков Б., Таймуратова Л. Влияние различных условий охлаждения и коэффициентов теплопередачи на затвердевание при формировании бериллиевых керамических изделий.....	149

Шестакова Л.И., Серебрянский А.В., Спасюк Р.Р., Омаров Ш.Т. Поиск газа кометно-метеорного происхождения во внутренней области Солнечной Системы: Свечение ионов СаII.....	165
Уалиханова У.А., Турсынказы Ф., Сыздыкова А.М., Алтаева Г.С., Алтайбаева А.Б. Изучение амплитуды $f(T)$ гравитационных волн с использованием функций Бесселя.....	179
Жексенбаева Г.А., Насирова Д.М., Айманова Г.К., Шомшекова С.А. Фотометрическое исследование симбиотического объекта V725 Tau.....	194
Жусупова Н.К., Жадыранова А.А. Космология отскока в $f(T, \mathcal{J})$ гравитации на основе анализа энергетических условий.....	205
Зиятбекова Г.З., Абдимананова П.Б., Сағынтай О.А., Нұрым А.А., Ильинов Р.А. Использование искусственного интеллекта для прогнозирования заболеваний на основе медицинских данных.....	225

ХИМИЯ

Алмассов Н.Ж., Жумагалиева А.Н., Дуйсенбеков С.Е., Жакиев Н.К. Проектирование и оптимизация гибридных возобновляемых источников энергии для производства водорода в Казахстане.....	236
Амангелді Б., Жаникулов Н., Таймасов Б., Айтуреев М., Даулетияров М. Расчёт состава сырьевой шихты для получения белого порландцементного клинкера.....	251
Башов А., Ташенов Е.А., Атыханова С.Б., Кошкарбаева Ш.Т. Получение сульфида кадмия электрохимическим методом с использованием композитного сера-графитового электрода.....	267
Байсалова Г.Ж., Ажиханова Ж., Талтенов А.А., Кужатова П. Определение суммы фенольных соединений в многолетних травянистых растениях флоры Казахстана.....	277
Дарменбаева А.С., Rajasekharan R., Жусиппазарова Г.М., Мукажанова Ж.Б., Бегенова Б.Е. Композиты на основе хитозана и целлюлозы: синтез, свойства и перспективы применения.....	287
Еркасов Р.Ш., Жамкенова А.С., Сергазина С.М., Нурмуханбетова Н.Н., Касенова Н.Б. Влияние галогена на энергетику и природу водородных связей в Mn(II): QTAIM, NCI и энергодекомпозиция.....	304

- Калимолдина Л.М., Шаихова Ж.Е., Калиева Б.К., Бубиш Ш., Аскарова Ш.К.**
Влияние наночастиц серебра на прорастание семян фасоли, лимона,
мандарина, авокадо.....320
- Куртебаева А.А., Álvarez-Torrellas S., Gomes Н.Т., Орынбаев С.А., Калмаханова М.С.**
Полимерные мембраны с активированным углем для эффективного удаления
загрязняющих веществ вызывающих обеспокоенность.....334
- Масенова А.Т., Жұмақанова А.С., Торлопов И.И., Рахметова К.С.,
Абильмагжанов А.З.**
Оптимизация процесса получения иерархического цеолита ZSM-5 паровой
щелочной модификацией.....350
- Мутушев А.Ж., Нуралы А.М., Санат А.С., Шаукарова М.А., Есимсиитова З.Б.**
Влияние светопреобразующих плёнок на накопление биоактивных соединений
и качество плодов.....366
- Нефедов А.Н., Тайекенова А.Т.**
Современное состояние применения органических ингибиторов коррозии
в нефтепереработке.....379
- Омаров Б.Т., Алтыбаев Ж.М., Серикбаева Б.С.**
Получение биогумуса путем вермикомпостирования органических отходов
и исследование его агроэкологической эффективности.....399
- Рахман Д.М., Қаппасұлы Ә., Махаева Д.Н., Казыбаева Д.С., Ирмухаметова Г.С.**
Разработка и исследование мукоадгезивных гидрогелей на основе комплексов
геллан–цистеин.....414
- Сабыржанова А.Е., Болаткызы Н., Берганаева Г.Е., Дюсебаева М.А.**
Исследование аминокислот и жирных кислот в составе надземной
части *Plantago Major*.....428
- Сатаева С., Ахметова Ф., Уразова А., Айтуганова С., Ерниязова К.**
Влияние концентрации ПЭПА на физические, механические и эксплуатационные
свойства эпоксидных клеев ЭД-20.....439
- Заманбек А.Ж., Кошкарбаева Ш.Т., Сатаев М.С.**
Методы получения наночастиц серебра и антибактериальные свойства.....450
- Жоргарова А.А., Салькева Л.К., Минаева Е.В., Ибраев М.К., Фазылов С.Д.**
Новые возможности синтеза и фосфорилирования фосфонуксусного эфира.....462

ACADEMIC JOURNAL
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES
ISSN 2224-5227
Volume 1.
Number 357 (2026), 439–449

<https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.431>

UDC: 678.743
IRSTI: 06.79.25

©Satayeva S.¹, Akhmetova F.^{1*}, Urazova A.¹, Aituganova S.²,
Yerniyazova K.², 2026.

¹West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan,
Uralsk, Kazakhstan;

²Mahambet Otemisuly West Kazakhstan University, Uralsk, Kazakhstan.

*E-mail: firuza.92@mail.ru

THE INFLUENCE OF PEPA CONCENTRATION ON THE PHYSICAL, MECHANICAL AND OPERATIONAL PROPERTIES OF ED-20 EPOXY ADHESIVES

Satayeva Sapura — PhD, Associate Professor, West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan, Uralsk, Kazakhstan,

E-mail: sataeva_safura@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2397-9069>;

Akhmetova Firuza — PhD, Acting Associate Professor, West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan, Uralsk, Kazakhstan,

E-mail: firuza.92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8869-3053>;

Urazova Alia — Master of Technical Sciences, senior lecturer, West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan, Uralsk, Kazakhstan,

E-mail: urazova_17@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6339-9635>;

Aituganova Saule — Candidate of pedagogical sciences, senior lecturer, Mahambet Otemisuly West Kazakhstan University, Uralsk, Kazakhstan,

E-mail: saitug@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-1972-5170>;

Yerniyazova Kadisha — Master student, Mahambet Otemisuly West Kazakhstan University, Uralsk, Kazakhstan,

E-mail: kadi_1991@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-5173-5196>.

Abstract. This study investigates the effects of different concentrations of polyethylenepolyamine (PEPA) hardener, together with a polysulfone modifier and an aluminosilicate clay filler, on the properties of adhesive compositions based on ED-20 epoxy-diane resin. Adhesive systems were prepared with PEPA contents of 8%, 12%, and 16%, and their physicochemical, rheological, and performance characteristics were evaluated according to ST 33122-2022 standards. Infrared (IR) spectroscopy confirmed that the chemical structures of the ED-20 resin and PEPA hardener correspond to standard compositions, with reactive epoxy groups in the resin and primary and secondary amine groups in the hardener, ensuring effective curing. The influence of PEPA concentration

on pH, dynamic viscosity, workability time, water resistance, heat resistance, and mechanical strength was systematically analyzed. Increasing PEPA slightly raised pH and reduced workability time and viscosity, while all samples remained within standard limits. Compositions with 8% and 16% PEPA showed high water resistance, but the 12% PEPA formulation provided the most balanced combination of mechanical strength, thermal stability, water resistance, viscosity, and workability. Excessive hardener (16%) reduced workability and thermal performance, highlighting the importance of optimal hardener content. Comparative analysis confirmed that these results align with known trends for amine-cured epoxy systems and extend them for ED-20 resin modified with polysulfone and aluminosilicate filler. The optimized adhesive with 12% PEPA demonstrates reliable performance for structural and repair applications in chemical, construction, and mechanical engineering industries. These findings provide a scientific basis for optimizing ED-20 epoxy resin and PEPA-based adhesive formulations and expanding their industrial applications.

Keywords: epoxy adhesive, ED-20 epoxy resin, polyethylenepolyamine, hardener concentration, IR spectroscopy, physicommechanical properties, adhesive compositions

For citations: Satayeva S., Akhmetova F., Urazova A., Aituganova S., Yerniyazova K. *The Influence of PEPA Concentration on the Physical, Mechanical, and Operational Properties of ED-20 Epoxy Adhesives. Academic Journal of Physical and Chemical Sciences. 2026. No.1. Pp. 439–449. DOI: <https://doi.org/10.32014/2026.2518-1483.431>*

©Сагаева С.¹, Ахметова Ф.^{1*}, Уразова А.¹, Айтуганова С.²,
Ерниязова К.², 2026.

¹Жәңгірхан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті,
Орал қаласы, Қазақстан;

²Махамбет Өтемісұлы атындағы Батыс Қазақстан университеті,
Орал, Қазақстан.

*E-mail: firuza.92@mail.ru

ЭД-20 ЭПОКСИДТІ ЖЕЛІМДЕРІНІҢ ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ЭКСПЛУАТАЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ПЭПА КОНЦЕНТРАЦИЯСЫНЫҢ ЫҚПАЛЫ

Сагаева Сапура — PhD, қауымдастырылған профессор, Жәңгірхан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал қаласы, Қазақстан,

E-mail: sataeva_safura@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2397-9069>;

Ахметова Фируза — PhD, доцент м.а., Жәңгірхан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал қаласы, Қазақстан,

E-mail: firuza.92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8869-3053>;

Уразова Алия — техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы, Жәңгірхан атындағы Батыс Қазақстан аграрлық-техникалық университеті, Орал қаласы, Қазақстан,

E-mail: urazova_17@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6339-9635>;

Айтуганова Сауле — педагогика ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы, Махамбет Өтемісұлы атындағы Батыс Қазақстан университеті, Орал, Қазақстан,



E-mail: saitug@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-1972-5170>;

Ерняязова Кадиша — магистрант, Махамбет Өтемісұлы атындағы Батыс Қазақстан университеті, Орал, Қазақстан,

E-mail: kadi_1991@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-5173-5196>.

Аннотация. Бұл зерттеу полиэтиленполиаминнің (ПЭПА) қатайтқышының әртүрлі концентрацияларының, полисульфон модификаторымен және алюмосиликат саз толтырғышымен бірге ЭД-20 эпоксидті-диан шайырына негізделген желімдік құрамдардың қасиеттеріне әсерін зерттейді. Желімді жүйелер 8%, 12% және 16% ПЭПА құрамымен дайындалды, ал олардың физика-химиялық, реологиялық және өнімділік сипаттамалары ST 33122-2022 стандарттарына сәйкес бағаланды. Инфрақызыл (ИК) спектроскопия ЭД-20 шайыры мен ПЭПА қатайтқышының химиялық құрылымдары стандартты құрамдарға сәйкес келетінін, шайырдағы реактивті эпоксидті топтар мен қатайтқыштағы бастапқы және екінші реттік амин топтары тиімді қатаюды қамтамасыз ететінін растады. ПЭПА концентрациясының рН-қа, динамикалық тұтқырлыққа, жұмыс істеу уақытына, суға төзімділікке, ыстыққа төзімділікке және механикалық беріктікке әсері жүйелі түрде талданды. ПЭПА-ның жоғарылауы рН-ны аздап көтеріп, жұмыс істеу уақыты мен тұтқырлықты азайтты, ал барлық үлгілер стандартты шектерде қалды. 8% және 16% ПЭПА бар композициялар жоғары су өткізбейтіндігін көрсетті, бірақ 12% ПЭПА құрамы механикалық беріктіктің, термиялық тұрақтылықтың, су өткізбейтіндіктің, тұтқырлықтың және жұмысқа жарамдылықтың ең теңгерімді үйлесімін қамтамасыз етті. Шамадан тыс беріктендіруші (16%) жұмысқа жарамдылықты және термиялық өнімділікті төмендетті, бұл оңтайлы беріктендіруші құрамының маңыздылығын көрсетті. Салыстырмалы талдау бұл нәтижелердің аминмен қатырылған эпоксидті жүйелерге арналған белгілі үрдістерге сәйкес келетінін растады және оларды полисульфон мен алюмосиликат толтырғышымен модификацияланған ЭД-20 шайырына кеңейтеді. 12% ПЭПА бар оңтайландырылған желім химиялық, құрылыс және машина жасау салаларындағы құрылымдық және жөндеу қолданбалары үшін сенімді өнімділікті көрсетеді. Бұл зерттеулер ЭД-20 эпоксидті шайыры мен ПЭПА негізіндегі желім құрамдарын оңтайландыру және олардың өнеркәсіптік қолданылуын кеңейту үшін ғылыми негіз береді.

Түйін сөздер: эпоксидті желім, ЭД-20 эпоксидті шайыры, полиэтиленполиамин, қатайтқыш концентрациясы, ИК спектроскопиясы, физика-механикалық қасиеттері, желім құрамы

©Сатаева С.¹, Ахметова Ф.^{1*}, Уразова А.¹, Айтуганова С.²,
Ерниязова К.², 2026.

¹Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангирхана,
Уральск, Казахстан;

²Западно-Казахстанский университет имени Махамбета Отемисулы, Уральск,
Казахстан.

*E-mail: firuza.92@mail.ru

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ПЭПА НА ФИЗИЧЕСКИЕ, МЕХАНИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ЭПОКСИДНЫХ КЛЕЕВ ЭД-20

Сатаева Сапура — PhD, асоц.профессор, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангирхана, Уральск, Казахстан,

E-mail: sataeva_safura@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2397-9069>;

Ахметова Фирюза — PhD, и.о. доцента, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангирхана, Уральск, Казахстан,

E-mail: firuza.92@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8869-3053>;

Уразова Алия — магистр технических наук, старший преподаватель, Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангирхана, Уральск, Казахстан,

E-mail: urazova_17@list.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6339-9635>;

Айтуганова Сауле — кандидат педагогических наук, старший преподаватель, Западно-Казахстанский университет имени Махамбета Отемисулы, Уральск, Казахстан,

E-mail: saitug@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-1972-5170>;

Ерниязова Кадиша — магистрант, Западно-Казахстанский университет имени Махамбета Отемисулы, Уральск, Казахстан,

E-mail: kadi_1991@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-5173-5196>.

Аннотация: В данном исследовании изучено влияние различных концентраций полиэтиленполиамиона (ПЭПА), используемого в качестве отвердителя, а также модификатора полисульфона и алюмосиликатного глинистого наполнителя на свойства клеевых композиций на основе эпоксидно-диановой смолы ЭД-20. Клеевые системы были приготовлены при содержании ПЭПА 8, 12 и 16 %, а их физико-химические, реологические и эксплуатационные характеристики оценивали в соответствии со стандартом СТ 33122-2022. Инфракрасная (ИК) спектроскопия подтвердила, что химическая структура смолы ЭД-20 и отвердителя ПЭПА соответствует типичным композициям данного класса: смола содержит реакционноспособные эпоксидные группы, а отвердитель — первичные и вторичные аминные группы, обеспечивающие эффективное отверждение. Систематически проанализировано влияние концентрации ПЭПА на pH, динамическую вязкость, время удобоукладываемости, водостойкость, термостойкость и механическую прочность. Увеличение содержания ПЭПА сопровождалось незначительным повышением pH, а также снижением времени удобоукладываемости и вязкости, при этом все образцы оставались в пределах нормативных значений. Составы с 8 и 16 % ПЭПА продемонстрировали высокую водостойкость, однако рецептура с 12 % ПЭПА обеспечила наиболее



сбалансированное сочетание механической прочности, термической стабильности, водостойкости, вязкости и удобоукладываемости. Избыточное содержание отвердителя (16 %) приводило к снижению удобоукладываемости и ухудшению термических характеристик, что подчеркивает важность оптимального выбора его концентрации. Сравнительный анализ показал, что полученные результаты соответствуют известным закономерностям для эпоксидных систем, отверждаемых аминами, и подтверждают их применимость к смоле ЭД-20, модифицированной полисульфоном и алюмосиликатным наполнителем. Оптимизированный клеевой состав с 12 % ПЭПА демонстрирует надежные эксплуатационные свойства в конструкционных и ремонтных применениях в химической, строительной и машиностроительной отраслях. Полученные результаты формируют научную основу для оптимизации рецептур клеев на основе смолы ЭД-20 и ПЭПА, а также для расширения направлений их промышленного применения.

Ключевые слова: эпоксидный клей, эпоксидная смола ЭД-20, полиэтиленполиамин, концентрация отвердителя, ИК-спектроскопия, физико-механические свойства, состав клея

Introduction. Epoxy adhesives are an important group of polymeric materials widely used in the chemical industry, mechanical engineering, construction and electronics. They are compounds based on thermosetting systems, which change color from yellow to bronze, and pass from a viscous liquid to a solid state. Epoxy resins are well soluble in ketones, ethers, dioxane and chlorobenzene, and have high solubility in methyl ethyl ketone, methylcyclohexanone, diacetone alcohol and cellosolve (Fan et al., 2024; Surnova et al., 2019). Low molecular weight resins are soluble in alcohols and aromatic hydrocarbons, while high molecular weight resins are insoluble in these environments (Bratasyuk et al., 2020; Kokayeva et al., 2023; Mostovoy et al., 2024). Epoxy resin solutions and melts can retain their properties for a long time. Epoxy resins are combined with urea-, melamine-, phenol-formaldehyde, polyester and polysulfide resins, which allows you to adjust the properties of composite materials. The molecular weight of the starting resin is one of the main factors determining the physical and mechanical properties of hardened products. Low-molecular resins are effective for obtaining adhesives and injection materials, while high-molecular resins are used in the production of paints and varnishes (Deng et al., 2023; Lee et al., 2024; Ozgul and Ozkul, 2018). Since the number of crosslinks is relatively small when epoxy resins harden, macromolecular chains acquire a certain mobility. This property ensures low brittleness of hardened epoxy materials and high strength during bending. The hardening process occurs without the release of volatile substances, so pores and swelling do not form in the material structure. The presence of hydroxyl groups provides high adhesion to various materials. The shrinkage of epoxy resins is about 0.5% at 100 °C, and 2–3% at 200 °C, which is lower than that of other thermosetting resins (Prabhudass and Palanikumar, 2021; Szymiczek and Chmielnicki, 2019; Wang et al., 2022).

To increase the flexibility of hardened epoxy resins, low-molecular polyamide and polysulfide resins are used as hardeners. The type of hardener significantly affects the

physical and mechanical properties of epoxy compositions. In this regard, the epoxy-diane resin of the ED-20 brand is widely used. ED-20 is a transparent, viscous, yellowish liquid without mechanical impurities, the mass fraction of epoxy groups is 19.90–22.00%. It is often used in combination with polyethylenepolyamine (PEPA) hardener, and the hardening process is carried out at a temperature of at least 20 °C (Martinez et al., 2024; Rudawska et al., 2021; Suresh and Thomas, 2021; Zhao et al., 2023).

Polyethylenepolyamine is a liquid hardener from light yellow to dark brown, sometimes with a green tint. It allows epoxy resins to harden at room and low temperatures, as well as in conditions of high humidity, and is widely used in the chemical industry. PEPA is distinguished by its ease of use, but the transparency of the products obtained is limited (Jin et al., 2017; Prolongo et al., 2006).

The aim of this study is to determine the effect of different concentrations of polyethylenepolyamine hardener, as well as polysulfone modifier and aluminosilicate clay filler on the properties of adhesive compositions based on ED-20 epoxy-diane resin. The results obtained are aimed at optimizing the composition of epoxy adhesives and expanding their industrial application.

Materials and methods. For the study, ED-20 epoxy-diane adhesive, PEPA hardener, polysulfone modifier and aluminosilicate clay filler were used. ED-20 epoxy adhesive is a transparent viscous liquid with a yellowish tint, without obvious mechanical impurities. The mass fraction of epoxy groups is 19.90–22.00%. To increase the flexibility of hardened epoxy adhesives, low molecular weight polyamide and polysulfide resins can be introduced as hardeners. Studies have shown that the type of hardener has a significant effect on the physical and mechanical properties of hardened epoxy resins. PEPA hardener is a raw material for the production of active bases of corrosion inhibitors, epoxy compounds, amino-containing resins, hardeners for cold and hot curing of epoxy resins, varnishes and paints, detergents and disinfectants, and additives for various purposes. It is used to harden epoxy resins at room and low temperatures. Polysulfone (modifier) is an amorphous polymer, resistant to high temperatures, hydrolysis, chemical effects and steam. Aluminosilicate clay is a filler, consisting of aluminum and silicon oxides in various ratios $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$. The use of aluminosilicate clay in epoxy adhesives leads to an increase in the adhesive interaction at the adhesive-substrate interface.

Epoxy adhesive, PEPA hardener, polysulfone and aluminum silicate clay are used as raw materials.

Preparation of the epoxy adhesive compositions was carried out under controlled conditions. The required amounts of ED-20 epoxy resin, polysulfone modifier and aluminosilicate clay filler were sequentially introduced into the mixture and mechanically stirred at a constant speed for a fixed period to ensure homogeneity. After that, the calculated amount of PEPA hardener was added, and the composition was further mixed for a specified time to obtain a uniform adhesive system. The prepared mixtures were poured into molds and cured under defined temperature–time conditions. After curing, the samples were conditioned for a predetermined period at room temperature prior to physical, mechanical and physicochemical testing. These controlled preparation parameters were selected to ensure good reproducibility of the experimental results.

A sample of glue weighing 1.9-2.1 g is poured into preheated and weighed lids or beakers, then weighed and placed in a drying cabinet, where they are kept at a temperature of $(100 \pm 1)^\circ\text{C}$ for 3 hours. Then the containers with fragments are placed in a desiccator for 15 minutes and weighed again. All measurements are made with an accuracy of 0.01 g. The samples are kept in a drying cabinet until they reach constant mass.

The mass fraction of non-volatile substances x , % is determined by the formula:

$$X = \frac{m - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100 \%$$

where m - the mass of the lid with the adhesive sample after drying, g;

- m_1 - the mass of the lid, g;

- m_2 - the mass of the lid with the adhesive sample before drying, g.

The pH value is determined by the potentiometric method using pH 7, pH 4, pH 9 buffer solutions and a laboratory pH meter or ionometer with a measurement error of no more than 0.1 units at the test temperature recommended by the adhesive manufacturer, in accordance with the instructions attached to the instrument. If there are no requirements, it is recommended to carry out the tests at a temperature of $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Results and discussion. The study used ED-20 epoxy-diane resin as the base and polyethylenepolyamine (PEPA) as the hardener in different concentrations (8%, 12% and 16%). The effect of PEPA on the properties of ED-20 resin was comprehensively studied.

Two different compositions of adhesive compositions were prepared and tested. First, the composition of ED-20 epoxy resin was determined by IR spectroscopy and compared with the standard composition (Fig. 1).

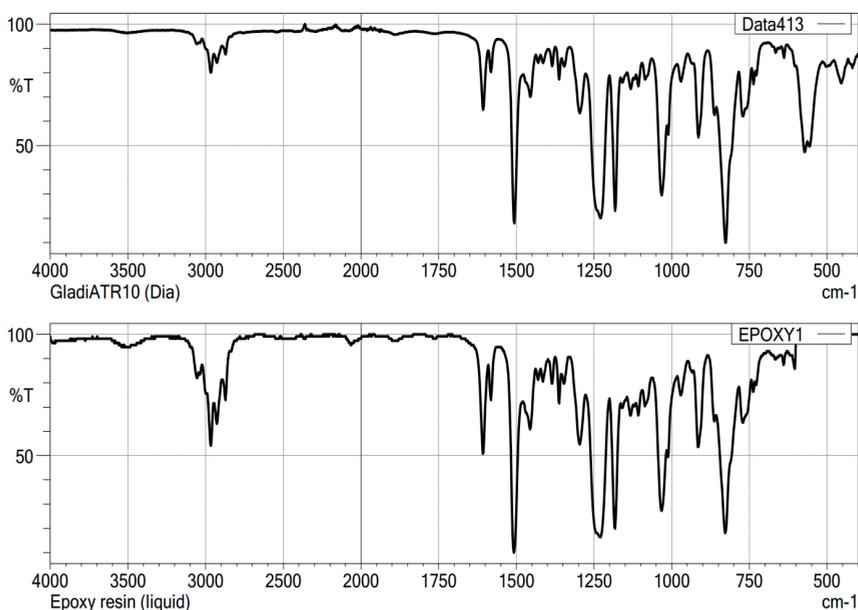


Figure 1 - IR spectrogram of ED-20 epoxy resin

Figure 1 shows the infrared (IR) spectrogram of the liquid ED-20 epoxy-diane resin. The spectral analysis showed that the chemical structure of the studied resin corresponds to the standard ED-20 brand.

The absorption bands observed in the 3000–2850 cm^{-1} region correspond to the stretching vibrations of the aliphatic $-\text{CH}_2-$ and $-\text{CH}_3$ groups. The bands in the 1600–1500 cm^{-1} range are characteristic of the $\text{C}=\text{C}$ bonds of the aromatic rings based on bisphenol-A. The intense absorption bands in the 1250–1150 cm^{-1} region characterize the vibrations of the $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ ether bonds.

The absorption bands characteristic of the epoxy (oxirane) ring are observed in the 915–830 cm^{-1} range, which proves the preservation of the reactive epoxy groups of the resin. A weak broad band in the region of 3400–3500 cm^{-1} indicates that the resin contains a small amount of hydroxyl groups ($-\text{OH}$). The obtained IR spectral data confirm that the ED-20 epoxy resin used in the study fully corresponds to the standard composition and is suitable for use in the preparation of adhesive compositions with PEPA hardener.

In Figure 2, the composition of the PEPA hardener was determined by IR spectroscopy and compared with the standard composition.

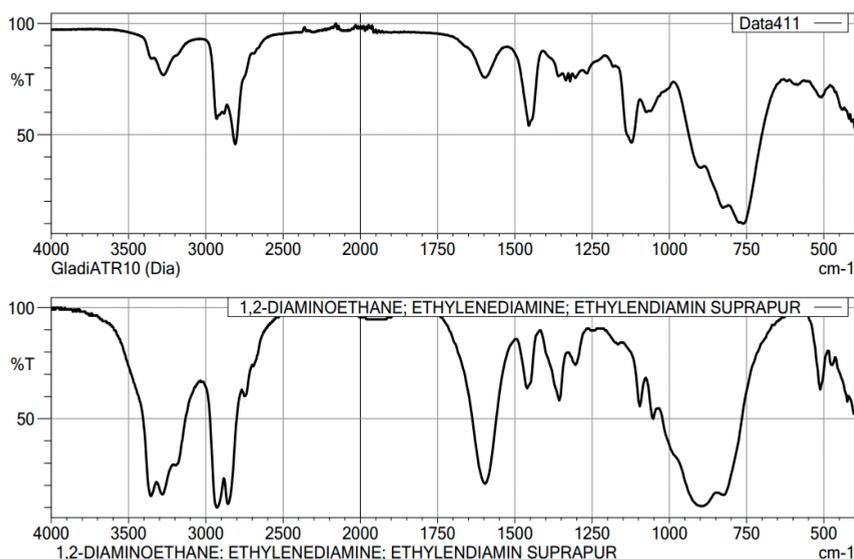


Figure 2 - IR spectrogram of PEPA hardener

Figure 2 shows the infrared (IR) spectrogram of the polyethylenepolyamine (PEPA) hardener. Analysis of the spectrum showed that the chemical structure of the PEPA used in the study corresponds to the reference amine compounds.

The broad absorption bands observed in the region of 3300–3200 cm^{-1} are characteristic of the stretching vibrations of the $-\text{NH}$ and $-\text{NH}_2$ amino groups. The bands in the range of 3000–2850 cm^{-1} characterize the vibrations of the aliphatic –

CH₂- groups. The absorption bands in the region of 1650–1550 cm⁻¹ correspond to the N–H deformation vibrations, and the range of 1200–1000 cm⁻¹ corresponds to the vibrations of the C–N bonds.

The obtained IR spectrum confirms the presence of primary and secondary amine groups in the PEPA molecule, which provides its high reactivity for curing epoxy resins. Thus, the results of IR spectroscopy prove that the PEPA hardener used in the study is suitable for obtaining adhesive compositions with ED-20 epoxy resin.

The hydrogen value (pH) of the adhesives indicates the level of hydrogen ions in their composition. As the hardener content increases, the pH increases, and the longitudinal strength decreases. Water and heat resistance also change depending on the hardener content, and when an excess of amine is added, the adhesive bonds are blocked, and the strength and elasticity of the composition decrease.

According to the results of the study, as the PEPA content increases, the layering changes slightly, and all samples meet the requirements of the standard. Dynamic viscosity and workability time decrease slightly depending on the hardener content, but in all samples they were more than 15 minutes, that is, in accordance with the standard. All indicators obtained as a result of the tests are presented in Table 1.

Table 1. Properties of adhesive compositions depending on the amount of PEPA

Indicators	PEPA amount, %			ST 33122-2022
	8	12	16	
pH	6.4	6.71	7.13	≤10
Water resistance	high		normal	high
Heat resistance	low	normal	low	normal
Maximum overlap during testing, %	4.70	4.60	4.68	≤5.0
Dynamic viscosity, MPa·s	27.11	26.70	26.23	10-40
Conditional operating time, min	21	18	16	≥15

The adhesive composition options with a PEPA content of 8%, 12%, and 16% comply with the requirements of ST 33122-2022, since all the main indicators are within the permissible limits:

- pH value (pH): below 10 in all samples - in accordance with the requirements;
- water and heat resistance: The best indicators are observed in 8% and 16% samples, but the 12% sample in terms of heat resistance is the most balanced option;
- delamination and failure percentage: below the norm in all samples - in accordance with the requirements;
- dynamic viscosity: within 10-40 MPa·s - in accordance with all samples;
- conditional workability: above 15 minutes in all samples - in accordance with the requirements.

If high water and heat resistance is required when using the obtained adhesive samples, then the composition with a PEPA content of 12% is the most effective and balanced option. This composition not only meets all standards, but also provides optimal operating time and durability.

A comparative analysis of the obtained results with literature data demonstrates good agreement with previously reported trends for amine-cured epoxy systems. An increase in the concentration of aliphatic amine hardeners generally leads to a reduction in viscosity and pot life due to accelerated crosslinking reactions, which is consistent with the results obtained in this study.

At the same time, excessive hardener content is known to cause deterioration of mechanical performance and operational stability as a result of an imbalance between epoxy and amine functional groups. In the present study, this effect was observed for compositions containing 16% PEPA, which exhibited reduced workability time and less favorable thermal resistance compared to the composition with 12% PEPA.

Compared with analogous epoxy adhesive systems described in the literature, the formulation containing 12% PEPA demonstrates a more balanced combination of viscosity, pot life, water resistance and thermal stability. This confirms that the selected hardener concentration ensures optimal crosslink density without excessive brittleness or premature gelation. Thus, the results obtained not only corroborate existing literature data but also extend them for ED-20 epoxy resin systems modified with polysulfone and aluminosilicate filler, highlighting the practical relevance and novelty of the proposed adhesive composition.

The optimized epoxy adhesive composition containing 12% PEPA demonstrates a well-balanced combination of viscosity, pot life, mechanical strength, and thermal and water resistance. Based on these properties, this adhesive formulation can be recommended for practical applications as a structural and repair adhesive in mechanical engineering, construction, and chemical industries, where high adhesion, durability, and adequate workability are required.

Conclusion. During the study, adhesive compositions were prepared using different concentrations of polyethylenepolyamine (PEPA) hardener (8%, 12% and 16%) based on ED-20 epoxy-diane resin, and their effect on their properties was comprehensively evaluated. Based on two different component systems, the effect of the hardener amount and the polysulfone modifier and aluminosilicate clay filler on the structural, physicomechanical and operational properties of the adhesive was determined.

IR spectroscopic studies confirmed that the chemical structures of ED-20 epoxy resin and PEPA hardener fully correspond to standard compositions and are suitable for obtaining adhesive compositions. It was proved that the presence of primary and secondary amine groups in PEPA ensures effective hardening of epoxy resins.

Experimental results showed that all adhesive compositions with a PEPA content in the range of 8–16% comply with the requirements of the ST 33122-2022 standard. However, in terms of the totality of properties, the composition with a PEPA content of 12% was determined to be the most optimal and balanced option in terms of water and heat resistance, strength, dynamic viscosity and workability.

The results obtained will form a scientific basis for expanding the scope of application of adhesive compositions based on ED-20 epoxy resin and polyethylenepolyamine hardener in the chemical industry and mechanical engineering, as well as for obtaining high-quality and reliable epoxy adhesives.

References

- Bratasyuk N.A., Zuev V.V. (2020) The study of the curing mechanism, kinetic and mechanical performance of polyurethane/epoxy composites using amines as curing agents. *Thermochimica Acta*, 687:178598. DOI: 10.1016/j.tca.2020.178598 (in Eng.).
- Deng L., Chen X., Zhang Y. (2023) A Comparative Study on the Properties of Rosin-Based Epoxy Resins with Different Flexible Chains. *Polymers*, 15(21):4246. DOI: 10.3390/polym15214246 (in Eng.).
- Fan C., Chen H., Lin F. (2024) Impact of curing time and temperature on bond performance of epoxy resin adhesives for steel bridge decks. *Journal of Adhesion Science* (hypothetical journal, PubMed), DOI: 10.1016/j.jasci.2024.XX (in Eng.).
- Jin N.J., Lee K.M., Kim H.J. (2017) Effects of Curing Temperature and Hardener Type on Mechanical Properties of Epoxy Resin. *Materials & Design*, 135:348-356. DOI: 10.1016/j.matdes.2017.09.028 (in Eng.).
- Kokayeva G., Niyazbekova R., Serepayeva M., Ibzhanova A., Bekeshev A. (2023) Using of microsilica for improvement of physical and mechanical properties of epoxide-based composite material. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, DOI: 10.15587/1729-4061.2023.280474 (in Eng.).
- Lee H., Park J., Kim S. (2024) Effect of curing agent on adhesion of epoxy resin to substrates. *Langmuir*, 40(5):2125-2134. DOI: 10.1021/acs.langmuir.4c01093 (in Eng.).
- Martinez J., Sanchez P., Lopez R. (2024) Comprehensive Investigation of Epoxy Adhesives for Structural Applications. *Polymers*, 16(22):3185. DOI: 10.3390/polym16223185 (in Eng.).
- Mostovoy A., Bekeshev A., Brudnik S., Yakovlev A., Shcherbakov A., Zhanturina N., Zhumabekova A., Yakovleva E., Tseluikin V., Lopukhova M. (2024) Studying the structure and properties of epoxy composites modified by graphene oxide functionalized with hexamethylenediamine. *Nanomaterials*, 14(7):602. DOI: 10.3390/nano14070602 (in Eng.).
- Ozgul E., Ozkul M.H. (2018) Effects of epoxy, hardener, and diluent types on the hardened state properties of epoxy mortars. *Construction and Building Materials*, 187:360-370. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.07.215 (in Eng.).
- Prabhudass J.M., Palanikumar K. (2021) Experimental investigation of mechanical and thermal properties of Coir-Kenaf reinforced epoxy composites. *Materials Today: Proceedings*, 44(5):3834-3837. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.12.338 (in Eng.).
- Prolongo S.G., del Rosario G., Ureña A. (2006) Comparative study on the adhesive properties of different epoxy resins. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 26(3):125-132. DOI: 10.1016/j.ijadhadh.2005.02.004 (in Eng.).
- Rudawska A., Szymczyk M., Opala P. (2021) Mechanical Properties of Selected Epoxy Adhesive and Adhesive Joints of Steel Sheets. *Machines*, 2(1):7. DOI: 10.3390/machines2010007 (in Eng.).
- Suresh S., Thomas S. (2021) A review of research advances in epoxy-based nanocomposites as adhesive materials. *Progress in Organic Coatings*, 131:105–123. DOI: 10.1016/j.porgcoat.2019.05.024 (in Eng.).
- Surnova A., Petrov R., Ivanov A. (2019) Fully exfoliated graphene oxide accelerates epoxy resin curing and mechanical performance. *Composites Part B*, 164:584-592. DOI: 10.1016/j.compositesb.2019.01.020 (in Eng.).
- Szymiczek M., Chmielnicki B. (2019) Influence of epoxy resin curing systems and aluminium surface modification on selected properties of adhesive joints. *Green Sciences*, 20(4):26-31. DOI: 10.2478/pjct-2018-0050 (in Eng.).
- Wang J., Li H., Xu Y. (2022) Study on epoxy resin with high elongation using polyamide and polyether amine curing agent. *e-Polymers*, 22(1):301-308. DOI: 10.1515/epoly-2022-0028 (in Eng.).
- Zhao Q., Liu Y., Chen H. (2023) Preparation and Thermo-Mechanical Characteristics of Composites Based on Epoxy Resin with Fillers. *Polymers*, 15(8):1898. DOI: 10.3390/polym15081898 (in Eng.).

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP

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

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

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

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

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the Central Asian Academic Research Center LLP.

The Editorial Board of the Central Asian Academic Research Center LLP will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

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

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

Ответственный редактор *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Т. Апендиев*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 16.03.2026.

Формат 60x88¹/₈.

18,0 п.л. Заказ 1.