

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

**ACADEMIC JOURNAL  
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**№3  
2025**

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

2025 • 3



**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 NAS RK, Acting President of RPA NAS RK, 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=6602177960>

**Editorial Board:**

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

**ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich**, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the International Science and Production Holding "Phytochemistry" (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

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

**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>

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

**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>

**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>

**BERSIMBAYEV Rakhmetkazi 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>

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

**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>

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

**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>

**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>

**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>

**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>

**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>

**DAVLETOV Askar Erbulanovich**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Branch of NRNU MEPhI Kazakh National University named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

**ABISHEV Medeu Erzhanovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

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

**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:**

**ЖУРЫНОВ Мұрат Жұрынулы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА РҚБ президенті м.а., АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

**Редакция ұжымы:**

**ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нүрәліұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

**ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

**РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

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

**ОЛИВЬЕРО Россин Сезаре**, PhD (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

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

**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/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

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

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

**БОШКАЕВ Қуанғай Ағвазыұлы**, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

**Бүркітбаев Мұхамбетқали**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

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

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

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

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

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

**ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович**, физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, ҰЯЗУ МИФИ әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

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

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

**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** Күзлік.

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 НАН РК, и.о. президента РОО НАН РК, Генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

**Редакционная коллегия:**

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

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

**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>

**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>

**ОЛИБЬЕРО Росси Чезаре**, доктор философии (PhD, химия), профессор Университета Калабрии (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

**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>

**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>

**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>

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

**БОШКАЕВ Куантай Авгазиевич**, 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>

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

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

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

**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>

**ТАКИБАЕВ Нургали Жабагаевич**, 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>

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

**ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович**, кандидат физико-математических наук, доцент, Филиал НИЯУ МИФИ Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

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

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

**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>

© ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр», 2025

CONTENTS

PHYSICS

**M.B. Albatyrova**

Energy evolution equation in a nonlinear spin system: derivation and numerical modeling.....11

**E.A. Dmitriyeva, A.E. Kemelbekova, A.K. Shongalova, O.A. Shilova**

Effect of the precursor concentration on the morphology and photosensitivity of the resulting ZnO thin films.....21

**A. Istlyaup, L. Myasnikova, A. Lushchik**

Computer simulation of the electrical properties of a carbon sheet with alkali metal iodide crystals.....33

**A. Kenesbayeva, Ye.I. Kuldeev, E.O. Shalenov, T.B. Nurpeissova**

Determination of the gravitational constant.....49

**Sh.T. Nurmakhmetova, N.L. Vaidman, S.A. Khokhlov, A.T. Agishev, A.A. Khokhlov**

The emission-line dusty object IRAS 07080+0605: evidence for binarity.....60

**E.Otunchi, A.A. Migunova, A.Umirzakov, N.Tokmoldin**

Effect of the composition of the film-forming system on the properties of SnO<sub>2</sub> films obtained by spray pyrolysis.....71

**U.A. Ualikhanova, A.N. Abdipatta, O.V. Razina, A.M. Syzdykova, G.S. Altayeva**

Bulk viscosity in f(T) gravity and its impact on cosmological evolution.....83

**A.Zh. Umirbayeva, L. Aktay, L.N. Kondratyeva, I.M. Izmailova, A. Shomshekova**

Methodology for the reduction of archival slit spectra of planetary nebulae.....99

**N. Eghtesadi, S.S. Uzakbaeva, Z.K. Aimaganbetova, N.N. Zhanturina, A.Z. Bekeshev**

Prediction of the kinetic properties of low-density polyethylene.....115

**D. Yurin, D. Kuvatova, A. Glushenko, Ch. Omarov, M. Makukov**

Analysis of the limits of direct n-body simulation using Nvidia RTX4090 GPU cards.....131

## CHEMISTRY

<b>A.S. Beisenova, A.A. Zhanybekova, M.M. Duysebaeva, G.E. Berganaeva</b> Study of the chemical composition of <i>Centaurea diffusa</i> Lam. growing in the territory of Almaty region.....	146
<b>N.N. Berikbol, Zh.S. Kassymova, L.K. Orazzhanova, A.N. Klivenko, N.N. Nurgaliyev</b> Synthesis of interpolyelectrolyte complexes from fluorescently labeled biopolymers.....	161
<b>O.A.Yessimova, S.Sh. Kumargaliyeva, B.K. Musabekov, A.K. Konysbek</b> Colloidal - chemical properties of alhagi and tansy ( <i>tanacetum</i> ) hydrolates.....	182
<b>R.N. Zhanaliyeva, B. Imangaliyeva, B. Torsykbaeva, R. Kozykeyeva</b> Catalytic hydrogenation of carbonyl-containing compounds: mechanism, catalysts and application.....	193
<b>M.A. Zhumash, K. Tilegen, Y.A. Boleubayev, S.S. Itkulova</b> Dry reforming of methane over the high active Co-Fe-Ir-containing alumina supported catalyst.....	207
<b>M. Ibrayeva, N. Sagdollina, Zh. Mukazhanova, Sh. Sanyazova, M.Ozturk</b> Optimization of flavonoid extraction conditions from a plant of the genus <i>Symphotrichum novi-belgii</i> .....	218
<b>M.K. Kurmanaliev, Zh.E. Shaikhova, S.O. Abilkasova</b> Supramolecular polymeric receptors for binding alkali metal ions.....	228
<b>Y.A. Mussatay, M.I. Tulepov</b> Carbon filters from rice husk for air purification in confined spaces.....	238
<b>A.Zh. Mutushev, A.B. Seisenova, O.S. Kapizov, A.M. Nuraly, D.K. Mukhanov</b> Integrated process for the synthesis of carbon-silicon nanocomposites from biowaste and metallurgical sludge.....	258
<b>A.S. Sass, I.I. Torlopov, K.S. Rakhmetova, D.A. Zhumadullaev, M. Zhurinov</b> Influence of metal surface mechanical preparation on the properties of phosphate coatings.....	274

## МАЗМҰНЫ

## ФИЗИКА

**М.Б. Альбатырова**

Сызықтық емес спиндік жүйедегі энергия эволюциясының теңдеуі:  
шығарылуы және сандық модельдеу.....11

**Е.А. Дмитриева, А.Е. Кемелбекова, А.Қ. Шонғалова, О.А. Шилова**

Прекурсор концентрациясының алынған жұқа ZnO жабындарының  
құрылымы мен фотосезімталдығына әсері.....21

**Н. Эхтесади, С.С. Узакбаева, З.К. Аймаганбетова, Н.Н. Жантурина,  
А.З. Бекешев**

Төмен тығыздықтағы полиэтиленнің кинетикалық қасиеттеріне  
болжау жасау.....33

**А. Истляуп, Л. Мясникова, А. Лущик**

Сілтілі металл иодидтерінің кристалдарымен көміртек қабатының  
электрлік қасиеттерін компьютерлік модельдеу.....49

**А. Кенесбаева, Е. Кульдеев, Е. Шаленов, Т. Нурпеисова**

Гравитациялық тұрақтыны анықтау.....60

**Ш.Т. Нурмахаметова, Н.Л. Вайдман, С.А. Хохлов, А.Т. Агишев, А.А. Хохлов**

IRAS 07080+0605 эмиссиялық объекті: екіжұлдыздық жүйенің дәлелі.....71

**Е. Отунчи, А.А. Мигунова, А.Г. Умирзаков, Н. Токмолдин**

Жабын түзуші жүйе құрамының спрей-пиролиз әдісімен алынған  
SnO<sub>2</sub> жабындарының қасиетіне әсері.....83

**У.А. Уалиханова, А.Н. Әбдіпатта, О.В. Разина, А.М. Сыздыкова, Г.С. Алтаева**

f(T) гравитациясындағы көлемдік тұтқырлық және оның  
космологиялық эволюцияға әсері.....99

**А.Ж. Умирбаева, Л. Актай, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова,  
С.А. Шомшекова**

Планетарлық тұмандықтардың архивтік саңылаулы спектрлерін  
өңдеу әдістемесі.....115

**Д. Юрин, Д. Куватова, А. Глущенко, Ч. Омаров, М. Макуков**

N-бөлшекті тікелей үлгілеудің шектерін Nvidia RTX 4090  
GPU-карталарын пайдаланып талдау.....131

## ХИМИЯ

- А.С. Бейсенова, А.А. Жаныбекова, Г.Е. Берганаева, М.А. Дюсебаева**  
Алматы облысының аумағында өсетін шашыңқы гүлкекіре *Centaurea diffusa* Lam. өсімдігінің химиялық құрамын зерттеу.....146
- Н.Н. Берікбол, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, А.Н. Кливенко, Н.Н. Нурғалиев**  
Флуоресцентті таңбаланған биополимерлерден интерполиэлектрлиттік комплексті синтездеу.....161
- О.А. Есимова, С.Ш. Құмарғалиева, К.Б. Мусабеков, А.Қ. Қонысбек**  
Жантақ және түймешетен гидрولاتтарының коллоидтық-химиялық қасиеттері.....182
- Р.Н. Жаналиева, Б. Иманғалиева, Б.Б. Торсыкбаева, Р. Козыкеева, Р.Э. Ходжаназаров**  
Құрамында карбонил бар қосылыстардың каталитикалық гидрогенизациясы: механизмі, катализаторлары және қолданылуы.....193
- М.А. Жұмаш, К.Т. Тілеген, Е.А. Болеубаев, Ш.С. Итқұлова**  
Алюминий тотығына қондырылған жоғары белсенді Co-Fe-Ir құрайтын катализатордағы метанның құрғақ риформингі.....207
- М. Ибраева, Н. Сағдоллина, Ж. Мукажанова, Ш. Санъязова, М. Ozturk**  
*Symphyotrichum novi-belgii* тұқымдас өсімдіктен флавоноидтарды алу жағдайларын оңтайландыру.....218
- М.Қ. Құрманалиев, Ж.Е. Шаихова, С.О. Әбілқасова**  
Сілтілік металл иондарын байланыстыруға арналған супрамолекулалық полимерлік рецепторлар.....228
- Е.А. Мұсатай, М.И. Тулепов**  
Шағын кеңістіктегі ауаны тазартуға арналған күріш қауызы негізіндегі көміртек құрамды сүзгілер.....238
- А.Ж. Мутушев, А.Б. Сейсенова, Ө.С. Капизов, Ә.М. Нұралы, Д.К. Муханов**  
Биоқалдықтар мен металлургиялық шламнан көміртек-кремний нанокөміртектерін синтездеудің интеграцияланған әдісі.....258
- А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова, Д.А. Жумадуллаев, М. Журинов**  
Металдар бетін механикалық дайындаудың фосфатты жабындар қасиеттеріне әсері.....274

## СОДЕРЖАНИЕ

## ФИЗИКА

**М.Б. Альбатырова**Уравнение эволюции энергии в нелинейной спиновой системе:  
вывод и численное моделирование.....11**Е.А. Дмитриева, А.Е. Кемелбекова, А.Қ. Шонғалова, О.А. Шилова**Влияние концентрации прекурсора на морфологию и фоточувствительность  
получаемых тонких пленок ZnO.....21**А. Истляуп, Л. Мясникова, А. Лущик**Компьютерное моделирование электрических свойств углеродного листа  
с кристаллами йодидов щелочных металлов.....33**А. Кенесбаева, Е. Кульдеев, Е. Шаленов, Т. Нурпеисова**

Определение гравитационной постоянной.....49

**Ш.Т. Нурмахаметова, Н.Л. Вайдман, С.А. Хохлов, А.Т. Агишев, А.А. Хохлов**Эмиссионный пылевой объект IRAS 07080+0605: доказательство двойной  
природы.....60**Е. Отунчи, А.А. Мигунова, А.Г. Умирзаков, Н. Токмолдин**Влияние состава пленкообразующей системы на свойства пленок  
SnO<sub>2</sub>, полученных методом спрей-пиролиза.....71**У.А. Уалиханова, А.Н. Эбдіпатта, О.В. Разина, А.М. Сыздыкова, Г.С. Алтаева**Объемная вязкость в f(T) гравитации и ее влияние  
на космологическую эволюцию.....83**А.Ж. Умирбаева, Л. Актай, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова,  
С.А. Шомшекова**

Методика обработки архивных щелевых спектров планетарных туманностей...99

**Н. Эхтесади, С.С. Узакбаева, З.К. Аймаганбетова, Н.Н. Жантурина,  
А.З. Бекешев**

Прогнозирование кинетических свойств полиэтилена низкой плотности.....115

**Д. Юрин, Д. Куватова, А. Глущенко, Ч. Омаров, М. Макуков**Анализ пределов прямого моделирования n-тел с использованием  
GPU-карт Nvidia RTX4090.....131

## ХИМИЯ

- А.С. Бейсенова, А.А. Жаныбекова, М.А. Дюсебаева, Г.Е. Берганаева**  
Исследование химического состава василек раскидистый *Centaurea diffusa* Lam., растущий на территории Алматинской области.....146
- Н.Н. Берікбол, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, А.Н. Кливенко, Н.Н. Нурғалиев**  
Синтез интерполиэлектrolитных комплексов на основе флуоресцентно-меченых биополимеров.....161
- О.А. Есимова, С.Ш. Кумарғалиева, К.Б. Мусабеков, А.Қ. Қонысбек**  
Коллоидно-химические свойства гидратов верблюжьей колючки и пижмы...182
- Р.Н. Жаналиева, Б. Иманғалиева, Б.Б. Торсықбаева, Р. Қозықеева, Р.Э. Ходжаназаров**  
Каталитическое гидрирование карбонилсодержащих соединений: механизм, катализаторы и применение.....193
- М.А. Жұмаш, К.Т. Тілеген, Е.А. Болеубаев, Ш.С. Иткулова**  
Сухой риформинг метана на высокоактивном Co-Fe-Ir содержащем нанесенном на оксид алюминия катализаторе.....207
- М. Ибраева, Н. Сағдоллина, Ж. Мукажанова, Ш. Саньязова, М. Ozturk**  
Оптимизация условий экстракции флавоноидов из растения рода *Symphotrichum novi-belgii*.....218
- М.К. Курманалиев, Ж.Е. Шаихова, С.О. Абилкасова**  
Супрамолекулярные полимерные рецепторы для связывания ионов щелочных металлов.....228
- Е.А. Мұсатай, М.И. Тулепов**  
Углеродные фильтры из рисовой шелухи для очистки воздуха в стесненных помещениях.....238
- А.Ж. Мутушев, А.Б. Сейсенова, О.С. Капизов, А.М. Нуралы, Д.К. Муханов**  
Интегрированная технология получения углеродно-кремниевых нанокомпозитов из биоотходов и металлургических шламов.....258
- А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова, Д.А. Жумадуллаев, М. Журинов**  
Влияние механической подготовки поверхности металла на свойства фосфатных покрытий.....274

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1483.379>

УДК 66.095.81: 620.193

МФТИ 31.35.15, 31.15.17, 53.43.13

© **A.S. Sass\***, **I.I. Torlopov**, **K.S. Rakhmetova**, **D.A. Zhumadullaev**,  
**M. Zhurinov**, 2025.

JSC «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry»,  
Almaty, Kazakhstan,

E-mail: [aleksandr-sass@mail.ru](mailto:aleksandr-sass@mail.ru)

## INFLUENCE OF METAL SURFACE MECHANICAL PREPARATION ON THE PROPERTIES OF PHOSPHATE COATINGS

**Sass Aleksandr Sergeevich** — Candidate of Chemical Sciences, Leading Researcher, Sector of Design of Technological Processes, JSC «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry», Almaty, Kazakhstan,

E-mail: [aleksandr-sass@mail.ru](mailto:aleksandr-sass@mail.ru), ORCID: 0000-0003-4049-6314;

**Torlopov Ivan Igorevich** — Junior Researcher, Sector of Design of Technological Processes, JSC «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry», Almaty, Kazakhstan,

E-mail: [myndfrea@gmail.com](mailto:myndfrea@gmail.com), ORCID: 0000-0003-9660-6397;

**Rakhmetova Kenzhegul Saginbayevna** — Researcher, Sector of Modeling of Technological Processes, JSC «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry», Almaty, Kazakhstan,

E-mail: [rahmetova\\_75@mail.ru](mailto:rahmetova_75@mail.ru), ORCID: 0000-0002-2098-3169;

**Zhumadullaev Daulet Akhmetovich** — Researcher, Sector of Modeling of Technological Processes, JSC «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry», Almaty, Kazakhstan,

E-mail: [dauletmmm@mail.ru](mailto:dauletmmm@mail.ru), ORCID: 0000-0003-4049-6314;

**Zhurinov Murat** — Doctor of Chemical Sciences, General Director JSC «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry», Almaty, Kazakhstan,

E-mail: [ifce@ifce.kz](mailto:ifce@ifce.kz). <https://orcid.org/0000-0001-5314-1219>.

**Abstract.** The effect of technical surface preparation on the formation, morphology, and protective ability of zinc-phosphate coatings on low-carbon steel was studied. St20 samples were manually ground using 600, 800, and 1000 grit abrasive paper, and also processed on a grinding machine with 80 grit to simulate industrial roughening. The coatings were applied from zinc-phosphate solutions (70 °C, pH 3.0) under constant temperature and continuous stirring to ensure uniform deposition conditions. The dynamics of coating weight gain, surface morphology (studied by SEM), and anticorrosive performance (evaluated using the Akimov method) were thoroughly analyzed. As the abrasive grain size increased from 600 to 1000 grit, surface roughness decreased, and the final coating weight increased, indicating more complete surface coverage. However, the protective time according to Akimov was reduced, presumably due to the formation of a weak auxiliary microcapillary network within the denser

phosphate layer, which may facilitate faster electrolyte penetration. In contrast, rough belt grinding produced a mixed plate-needle morphology with more open pores, resulting in both the highest mass gain and the longest failure time (59 s). The data show that although overall protective performance variation is limited, the coating's pore structure and barrier effect can be deliberately influenced by selecting appropriate and successive surface grinding techniques prior to phosphating.

**Keywords:** phosphate coatings, mechanical preparation, roughness, surface morphology

© А.С. Сасс\*, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова, Д.А. Жумадуллаев,  
М. Журинов, 2025.

«Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия  
институты» АҚ, Алматы, Қазақстан.  
E-mail: aleksandr-sass@mail.ru

## МЕТАЛДАР БЕТІН МЕХАНИКАЛЫҚ ДАЙЫНДАУДЫҢ ФОСФАТТЫ ЖАБЫНДАР ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ

**Сасс Александр Сергеевич** — химия ғылымдарының кандидаты, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты» Технологиялық процесстерді модельдеу зертханасының жетекші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан,  
E-mail: aleksandr-sass@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4049-6314;

**Торлопов Иван Игоревич** — АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты» Технологиялық процесстерді модельдеу секторының кіші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан,  
E-mail: myndfrea@gmail.com, ORCID: 0000-0003-9660-6397;

**Рахметова Кенжегүл Сағынбайқызы** — АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты» Технологиялық процесстерді модельдеу секторының ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан,  
E-mail: rahmetova\_75@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2098-3169;

**Жумадуллаев Дәулет Ахметұлы** — АҚ «Д.В. Сокольский атындағы жанармай, Катализ және электрохимия институты» Технологиялық процесстерді модельдеу секторының ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан,  
E-mail: dauletmmm@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4049-6314;

**Жұрынов Мұрат** — химия ғылымдарының докторы, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты» бас директоры, Алматы, Қазақстан,  
E-mail: ifce@ifce.kz, <https://orcid.org/0000-0001-5314-1219>.

**Аннотация.** Төмен көміртекті болаттың беттік қабатында қолданылатын мырыш-фосфат жабындарының қалыптасуына, морфологиясына және қорғау қабілетіне металл бетін технологиялық дайындаудың әсері зерттелді. Ст20 болат үлгілері 600, 800 және 1000 грит тегістеуішпен қолмен тегістелді, сонымен қатар 80 грит абразивті таспамен тегістеу машинасында өңделді, бұл өнеркәсіптік типтегі өрескел тазартуды модельдеді. Фосфаттау термостатталған мырыш-фосфат ерітіндісінде (70 °С, рН 3,0) үздіксіз араластыру кезінде жүргізілді, бұл жергілікті градиенттерді жоққа шығарды және қайталанатын тұндыру жағдайларын қамтамасыз етті. Олар фосфат жабыны массасының өсу динамикасын, оның СЭМ

мәліметтері бойынша беткі морфологиясын және Акимовтың жеделдетілген әдісі бойынша коррозияға қарсы тұрақтылығын зерттеді. Абразивті бөлшектердің мөлшерінің азаюымен (600 → 1000 grit) кедір-бұдыр төмендеді және жабынның соңғы меншікті салмағы артып, субстраттың тығыз және біркелкі жабылуын растады. Осыған қарамастан, Акимов бойынша қорғау уақыты қысқарып, электролиттің металл бетіне енуін тездететін ішкі қабатты микрокапиллярлық желінің пайда болуына байланысты болды. Керісінше, өрескел станокты тегістеу (80 grit) ашық кеуектілігі бар аралас пластина-ине морфологиясын қалыптастырды; мұндай жабын бір уақытта ең үлкен салмақпен және істен шығудың максималды уақытымен (59 с) сипатталды. Нәтижелер интегралды қалыңдықтың ауытқуы аз болғанымен, тегістеу бояуды немесе майды қолданар алдында тері тесігінің топологиясына және фосфат қабатының тиімділігіне мақсатты түрде әсер етуі мүмкін екенін көрсетеді. Ұсынылған нәтижелер әдеби деректерді толықтырады және металл бөлшектерін фосфаттамас бұрын абразивті өңдеу режимдерін түзету мүмкіндігін көрсетеді.

**Түйін сөздер:** фосфат жабындары, механикалық дайындық, кедір-бұдырлық, жабын морфологиясы

© А.С. Сасс\*, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова, Д.А. Жумадуллаев,  
М. Журинов, 2025.

АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского»,  
Алматы, Казахстан.  
E-mail: aleksandr-sass@mail.ru

## ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА НА СВОЙСТВА ФОСФАТНЫХ ПОКРЫТИЙ

**Сасс Александр Сергеевич** — кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник сектора моделирования технологических процессов, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан,

E-mail: aleksandr-sass@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4049-6314;

**Торлопов Иван Игоревич** — младший научный сотрудник сектора моделирования технологических процессов, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан,

E-mail: myndfrea@gmail.com, ORCID: 0000-0003-9660-6397;

**Рахметова Кенжегүль Сагинбаевна** — научный сотрудник сектора моделирования технологических процессов, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан,

E-mail: rahmetova\_75@mail.ru, ORCID: 0000-0002-2098-3169;

**Жумадуллаев Даулет Ахметович** — научный сотрудник сектора моделирования технологических процессов, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан,

E-mail: dauletmmm@mail.ru, ORCID: 0000-0003-4049-6314;

**Журинов Мурат** — доктор химических наук, Генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан,

E-mail: ifce@ifce.kz. <https://orcid.org/0000-0001-5314-1219>.



**Аннотация.** Изучено влияние технологической подготовки металлической поверхности на формирование, морфологию и защитную способность цинк-фосфатных покрытий, наносимых на низкоуглеродистую сталь. Образцы стали Ст20 шлифовали вручную наждачной бумагой зернистостью 600, 800 и 1000 grit, а также обрабатывали на ленточно-шлифовальном станке абразивной лентой 80 grit, что моделировало грубую зачистку промышленного типа. Фосфатирование проводили в термостатированном цинк-фосфатном растворе (70 °С, pH 3,0) при непрерывном перемешивании, что исключало локальные градиенты и обеспечивало воспроизводимые условия осаждения. Изучали динамику прироста массы фосфатного покрытия, его поверхностную морфологию по данным СЭМ и антикоррозионную стойкость по ускоренному методу Акимова. С уменьшением размера абразивных частиц (600 → 1000 grit) шероховатость снизилась, а конечный удельный привес покрытия возростал, подтверждая более плотный и равномерный охват подложки. Тем не менее защитное время по Акимову сокращалось, вероятно из-за образования внутрислойной микрокапиллярной сети, ускоряющей проникновение электролита к металлической поверхности. Напротив, грубая станочная шлифовка (80 grit) формировала смешанную пластинчато-игльчатую морфологию с более открытой пористостью; такое покрытие характеризовалось одновременно наибольшим привесом и максимальным временем до отказа (59 с). Полученные данные демонстрируют, что хотя колебания интегральной толщины невелики, шлифовкой можно целенаправленно влиять на топологию пор и эффективность фосфатного слоя перед нанесением краски или масла. Представленные результаты дополняют литературные данные и указывают на возможность корректирования режимов абразивной обработки перед фосфатированием металлических деталей.

**Ключевые слова:** фосфатные покрытия, механическая подготовка, шероховатость, морфология покрытия

*Работа выполнена при финансовой поддержке по программе целевого финансирования МОН РК BR24992812 «Разработка материалов и технологий, направленных на комплексную противокоррозионную защиту технологического оборудования в нефтехимической, машинно- и приборостроительной отраслях промышленности»*

**Введение.** Метод фосфатирования как обработки металлических поверхностей с образованием твердых фосфатсодержащих покрытий остаётся одной из наиболее распространённых технологий подготовки поверхности углеродистых, низколегированных и ряда цветных металлов. Ключевые преимущества метода – технологическая простота, низкая стоимость и отсутствие высокотоксичных реагентов (Statsyuk et al., 2020; Narayanan, 2005; Папилов, 2018). Как правило, для получения фосфатных покрытий используют цинксодержащие фосфатные растворы с добавлением т.н. соли «Мажеф» – смеси нитратов цинка, железа и марганца – с добавлением нитрита и нитрата натрия, а также разнообразных добавок – ускорители

телей органического и неорганического происхождения, ПАВ и т.п. В литературе описано большое количество самых разнообразных рецептур (нитраты, нитриты,  $H_2O_2$ , хлораты, гипохлориты, хроматы, перманганаты, персульфаты), соединений металлов, более положительных, чем железо (Cu, Ag, Ni, Co, W, Mo), восстановителей (сульфидов, фосфористой кислоты и ее солей, Zn-пыли), азотсодержащих и других органических соединений (анилина, хинолина, бензальдегида, пиридина, пикриновой кислоты и др.). В производственных условиях в качестве ускорителей предложены окислители и соли тяжелых металлов, например, таких, как медь и никель (Narayanan, 2005; Burduhos-Nergis et al., 2023; Старикова и др., 2020).

Фосфатная пленка на поверхности металла состоит из внутреннего слоя, непосредственно связанного с металлом и сцепленного с ним. Этот внутренний слой так же связан с внешним прочным слоем из окристаллизованных вторичных и третичных фосфатов, которые и определяют защитные свойства покрытия. По мере утолщения пленка начинает изолировать металлическую подложку, что приводит к замедлению и полной остановки процесса фосфатирования. Так как процесс фосфатирования происходит в кислой среде, то наблюдается так же обратный процесс растворения пленки. Когда эти оба процесса уравниваются, рост фосфатной пленки прекращается, т.е. при низких значениях pH она частично растворяется, при этом начинается процесс травления металла с потерей веса образца (Jiang et al., 2020; Herbáth et al., 2023; Romyantseva et al., 2021). Таким образом, процесс фосфатирования носит сложный характер, и скорость формирования фосфатного покрытия определяется рядом параметров – температурой, величиной pH, скоростью перемешивания и т.п. Среди многочисленных факторов, определяющих качество покрытий, решающую роль играет предварительная механическая обработка металлического покрытия, осуществляемая либо вручную, либо посредством автоматизированного процесса (пескоструйная/дробеструйная обработка) (Narayanan, 2005; Папилов, 2018). В этой связи в данной работе было рассмотрено влияние механической обработки и связанных с ней параметров покрытия (шероховатость) на качество формирующихся фосфатных покрытий.

#### **Материалы и основные методы.**

##### *Материалы:*

В рамках исследования использовались металлические пластины из 3 марок стали: Ст20, 09Г2С и 12Х18Н10Т. При синтезе фосфатного раствора использовались следующие реактивы:

- цинк азотнокислый  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  («ч.д.а.», ГОСТ 5106–77);
- кислота фосфорная  $H_3PO_4$  («х.ч.», ГОСТ 6552–80);
- кислота азотная  $HNO_3$  («х.ч.», ГОСТ 4461–77);
- никель азотнокислый  $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$  («ч.д.а.», ГОСТ 4055–78).

##### *Методы:*

Предварительная обработка поверхности проводилась шлифованием бумагой с различной зернистостью (600, 800 и 1000 grit) в течение 15 мин. Для достижения нужной степени шероховатости проводилось последовательное шлифование

бумагами с меньшей зернистостью, после чего – бумагой с требуемой зернистостью. Ряд образцов подвергнулся обработке на ленточном шлифовальном станке JET, оборудованном лентой с зернистостью 80 grit. Часть обработанных таким образом пластин подвергалась дополнительной ручной шлифовке. В каждом случае для обеспечения достоверности результатов проводили по два измерения. В случае образцов, шлифованных на станке, ввиду необходимости учета анизотропии, вели измерение вдоль и поперек направления, соответствующего движению ленты при шлифовке на станке.

Синтез фосфатных покрытий осуществлялся в термостатированной установке с перемешиванием фосфатирующего раствора. В ходе фосфатирования регистрировались величины pH и температуры с использованием pH-метра pH-150МИ («Измерительная техника», РФ) с комбинированным электродом и термодатчиком.

Шероховатость обработанных пластин определялась с использованием портативного профилометра (Surface Roughness Tester TR220, Shandong IPRE Inspection Technology, КНР). Для проведения измерений прибор устанавливался на измеряемую поверхность, прибором регистрировались микронеровности по мере движения датчика по поверхности. Перед проведением измерений прибор предварительно калибровался по кварцевой пластине (1,257 мкм).

Для исследования структуры образцов методом СЭМ использовался низковакуумный сканирующий электронный растровый микроскоп JSM-6610LV (JEOL, Япония) с приставкой для микроанализа и локальным рентгенофлуоресцентным анализом элементного состава поверхности.

Для испытания полученных покрытий на коррозионную стойкость использовался реактив Акимова (82 г/л  $\text{CuSO}_4$ , 15 г/л NaCl, HCl) (Statsyuk et al., 2020).

**Результаты и обсуждение.** В рамках предварительной оценки был проведен предварительный анализ элементного состава исходных металлических пластин методом сканирующей электронной микроскопии. Результаты исследования элементного состава пластин сведены в Таблице 1.

Таблица 1 – Элементный состав исходных образцов по данным СЭМ

Марка	Содержание элемента, масс. %						
	O	Al	Si	Mn	Fe	Cr	Ni
Ст20	—	0,32	0,28	0,38	99,02	—	—
09Г2С	—	0,21	0,43	1,28	98,09	—	—
12Х18Н10Т	2,22	0,67	0,48	1,43	68,21	18,82	8,18

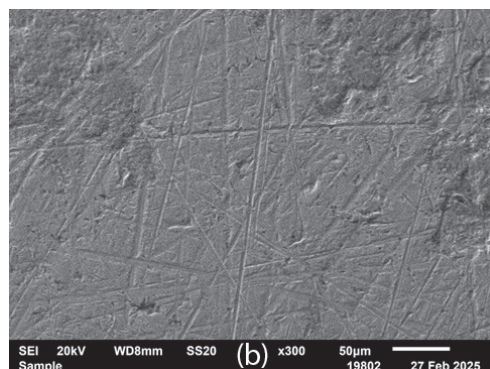
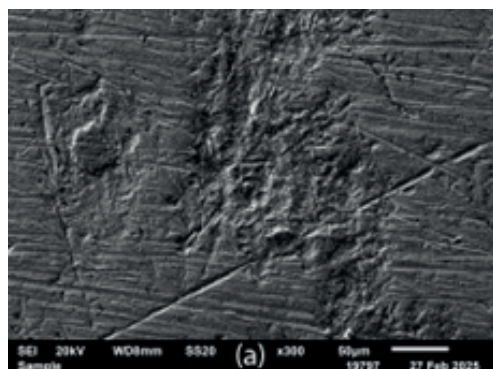
Можно видеть, что химический состав выбранных марок существенно различается по содержанию легирующих элементов. Низкоуглеродистая Ст20 практически лишена легированных добавок; напротив, сталь 09Г2С содержит повышенную долю марганца (~ 1,3% Mn), что обеспечивает большую склонность поверхности к пассивации в кислых средах. Нержавеющая сталь марки 12Х18Н10Т содержит 18% Cr и 10% Ni, образующих плотную пассивную плёнку, поэтому для неё, строго говоря, не требуется дополнительная механическая активация перед нанесением покрытий.

В целях установления подходящих условий подготовки для дальнейшего нанесения фосфатных покрытий с требуемыми характеристиками было проведено исследование влияния способа подготовки исходной стали, для чего подготовлен ряд пластин из различных марок стали и с различной предварительной подготовкой поверхности (вручную – 600, 800 и 1000 grit, на станке – 80 grit). Результаты исследования шероховатости образцов представлены в Таблице 2.

Таблица 2 – Результаты исследования шероховатости шлифованных пластин

Марка стали	Обработка	Направление	Шероховатость, мкм		
			Опыт 1	Опыт 2	Среднее
Ст20	600	—	0,696	0,454	0,575
	600	—	0,595	0,592	0,594
	800	—	0,505	0,505	0,505
	1000	—	0,180	0,162	0,171
	80	вдоль	1,720	2,158	1,939
		поперек	4,033	3,412	3,723
	80 + 800	вдоль	1,490	1,512	1,501
		поперек	3,419	3,009	3,214
80 + 1000	вдоль	0,873	0,673	0,773	
	поперек	1,833	2,139	1,986	
09Г2С	600	—	0,823	0,730	0,777
	600	—	0,654	0,753	0,704
	800	—	0,228	0,239	0,234
	80	вдоль	1,920	1,103	1,512
		поперек	2,555	2,691	2,623
	80 + 800	вдоль	1,277	0,729	1,003
		поперек	2,513	3,187	2,850
	80 + 1000	вдоль	0,397	0,595	0,496
поперек		1,007	1,831	1,419	
12Х18Н10Т	б/обр.	—	0,156	0,250	0,203
	1000	—	0,206	0,220	0,213

На Рисунке 1 представлены микрофотографии образцов, полученные методом сканирующей электронной микроскопии.



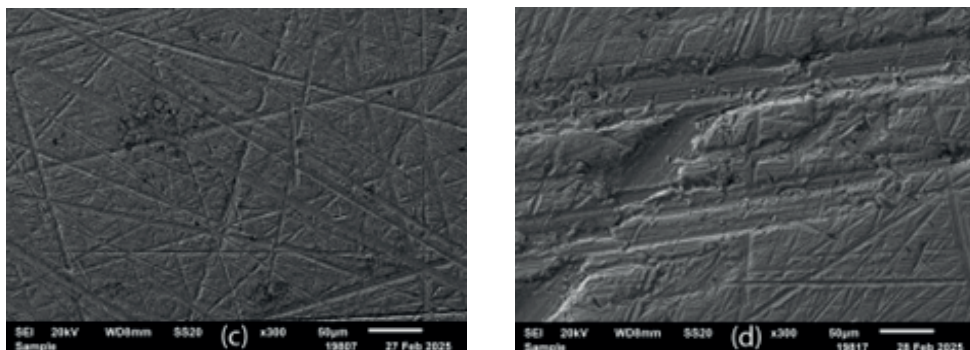


Рисунок 1 – Микрофотографии образцов поверхности ( $\times 300$ ) пластин марки Ст20 после обработки: вручную, 600 grit (a); 800 grit (b); 1000 grit (c); на станке, 80 grit (d)

Количественную связь между морфологией поверхности и зернистостью применяемой шлифовальной бумаги иллюстрируют результаты измерения шероховатости: по мере увеличения зернистости бумаги при ручной обработке шероховатость уменьшается (Рисунок 2).

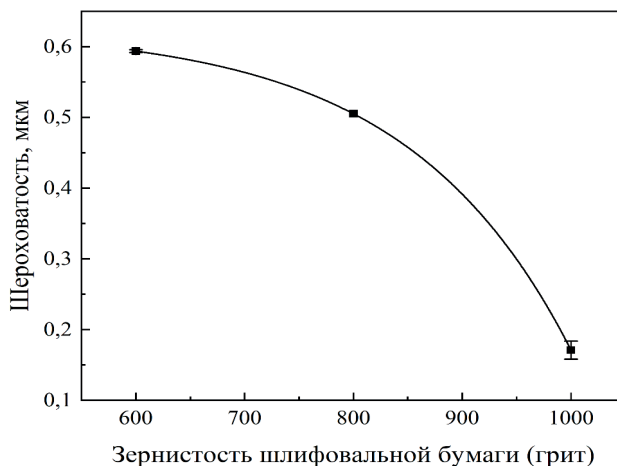


Рисунок 2 – Влияние зернистости шлифовальной бумаги на шероховатость поверхности образцов марки Ст20, обработанных вручную

Наиболее резкое уменьшение  $Ra$  ( $\sim 60\%$ ) наблюдается при доводке до 1000 grit; переход 600  $\rightarrow$  800 grit снижает шероховатость на  $\sim 15\%$ .

В случае проведения предварительного шлифования на станке (80 grit) на поверхности образцов образуются глубокие борозды, вызванные трением о бумагу при высокой скорости. Эти борозды, параллельные движению бумаги на станке, образуют глубокие впадины на поверхности образцов, ведя к повышенной шероховатости в различных направлениях. Обработка на станке обуславливает также высокие значения коэффициентов анизотропии  $K_a$ , рассчитываемых как:

$$K_a = Ra_{\parallel} / Ra_{\perp}, \quad (1)$$

где  $Ra_{\parallel}$  – шероховатость вдоль направления прокатки,  $Ra_{\perp}$  – шероховатость поперек прокатки.

На Рисунках 3 и 4 приведены значения шероховатости в зависимости от зернистости применяемой шлифовальной бумаги при ручной обработке после исходной обработки на станке, на Рисунке 5 приведены усредненные значения коэффициентов анизотропии в зависимости от зернистости применяемой шлифовальной бумаги при ручной обработке после исходной обработки на станке.

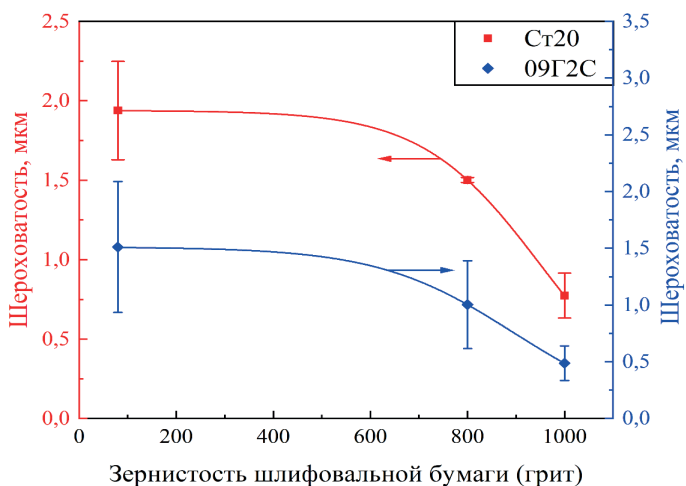


Рисунок 3 – Влияние зернистости бумаги на шероховатость поверхности образцов марок Ст20 и 09Г2С, обработанных на станке с последующей обработкой вручную, вдоль направления прокатки

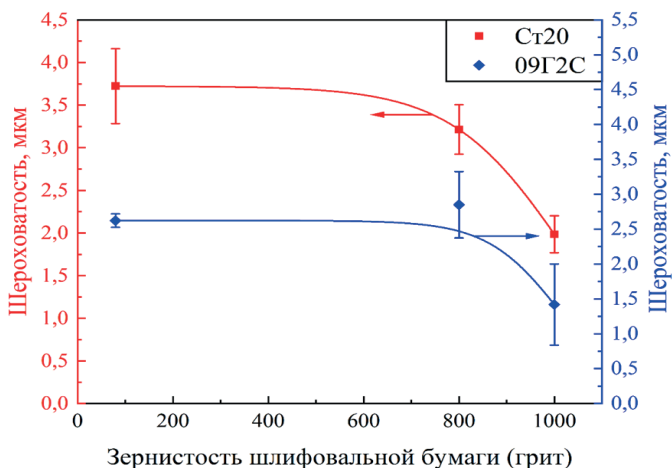


Рисунок 4 – Влияние зернистости бумаги на шероховатость поверхности образцов марок Ст20 и 09Г2С, обработанных на станке с последующей обработкой вручную, поперек направления прокатки

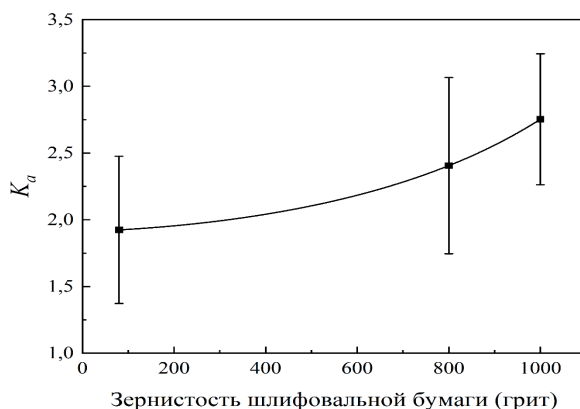


Рисунок 5 – Влияние зернистости шлифовальной бумаги на коэффициент анизотропии шероховатости поверхности образцов, обработанных на станке с последующей обработкой вручную

Вероятное увеличение коэффициента анизотропии шероховатости поверхности с ростом зернистости шлифовальной бумаги объясняется различной природой обработки: образованные при обработке на станке направленные структуры при переходе на более зернистую бумагу сглаживаются, но, как свидетельствуют микрофотографии СЭМ (Рисунок 1), в значительно меньшей степени в продольном направлении, т.к. этому мешает образованный на станке рельеф. При грубой обработке на станке обработка идет за счет срезания приповерхностных слоев материала, а при мелкозернистой доводке – за счет пластической деформации поверхности, и мелкие абразивы не снимают материал равномерно, но выравнивают поверхность в одном направлении, усиливая анизотропию. Величина коэффициента анизотропии по полученным данным не зависит от типа применяемой стали.

В случае нержавеющей стали (12Х18Н10Т) исходная поверхность имеет меньшую среднюю шероховатость, чем при обработке даже при 1000 грит. Это обуславливает отсутствие необходимости ее обработки.

Для проверки влияния механической обработки на свойства покрытий вели фосфатирование подготовленных описанным выше образом металлических пластин (сталь Ст20; 600, 800, 1000 и 80 грит) и использованием стандартного фосфатирующего раствора (4,10 г/кг  $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ , 1,47 мл/кг 85%  $H_3PO_4$ , 0,30 мл/кг 65%  $HNO_3$ , 0,52 г/кг  $NaOH$ , остальное – вода). Температура нанесения – 70°C, начальная величина pH – 3,00, продолжительность нанесения – 10–15 мин. Фосфатные покрытия характеризовали гравиметрическим методом с использованием электронных весов (цена деления 0,001 г, три измерения массы). Величины привеса покрытий относили к расчетной поверхности пластин (0,0025 м<sup>2</sup> для пластин размером 5,0×2,5 см).

Результаты измерения масс покрытий в виде удельных привесов пластин даны на Рисунке 6.

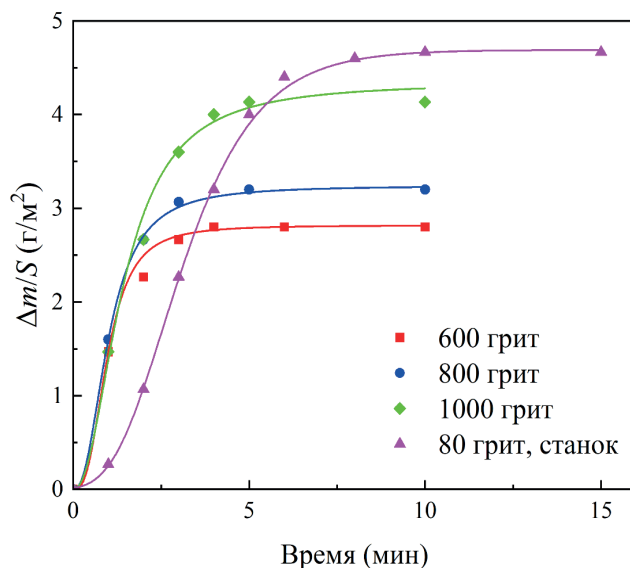


Рисунок 6 – Удельный привес фосфатных покрытий во времени в зависимости от предварительной механической обработки пластин (70°C, pH<sub>0</sub> 3,00, 1000 об/мин, пластины 2,5×5,0 см)

Наблюдаемые профили изменения привеса при разных способах обработки пластин носят схожий характер. Кривые можно условно подразделить на две стадии: начальная стадия зародышеобразования, на которой возникают кристаллы фосфатных солей на поверхности, и последующая стадия роста кристаллов до достижения динамического равновесия между возникновением кристаллов и их перерасторением (Narayanan, 2005; Jiang et al., 2020, Herbáth et al., 2023). В общем виде наблюдаемые кривые хорошо описываются экспоненциальными зависимостями.

Можно наблюдать, что в случае ручной обработки исходных пластин шлифовальной бумагой кривые носят идентичный характер за исключением изменения предельной величины удельного привеса: от 2,8 г/м<sup>2</sup> для 600 grit до 4,1 г/м<sup>2</sup> для 1000 grit. Рост этой величины с увеличением зернистости шкурки и, соответственно, уменьшением шероховатости объясняется тем, что мелкие поперечные царапины, образуемые при ручной шлифовке, дают на поверхности плотную сеть микродефектов (Рисунок 1), которые являются хорошими центрами зародышеобразования. Чем меньше шероховатость, тем мельче эти центры и, соответственно, тем более плотный слой покрытия образуется. Этот результат хорошо согласуется с данными литературы (Nivart et al., 2003; Kim et al., 2020).

Обработка пластин на станке (80 grit) ведет к резкой деформации поверхности за счет возникновения «задиоров» – образуется грубый рельеф с замкнутыми впадинами, где pH большее время сохраняет сравнительно низкие значения, и реакция начинается несколько позднее. Другой возможной причиной наличия индукционного эффекта, вероятно, является пассивация поверхности (налеп)

после механической деформации. После прохождения индукционного периода начинается резкий рост привеса покрытия до более высокого предельного значения ( $4,7 \text{ г/м}^2$ ), что обусловлено, предположительно, более высокой поверхностью образованного покрытия даже после разрушения наклепа и, соответственно, большим числом зародышей на единицу массы.

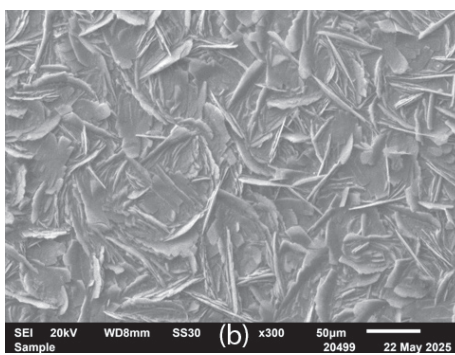
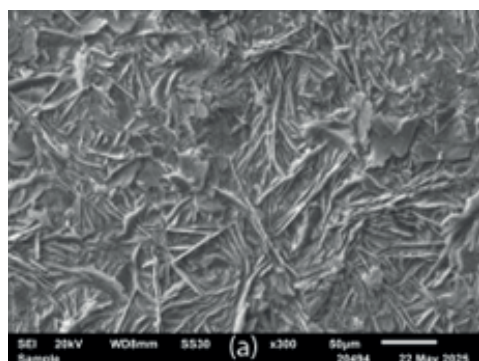
Для объективной оценки защитных свойств сформированных плёнок был применён быстрый капиллярно-коррозионный тест по Акимову, имитирующий действие влажной атмосферы: время визуального появления пятен меди принимается за момент «прорыва» и характеризует стойкость сформированного покрытия. Такой подход чувствителен к морфологии и пористости слоя, а не только к его интегральной толщине. Результаты исследования представлены в Таблице 3.

Таблица 3 – Результаты исследования свойств покрытий по методу Акимова ( $70^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH}_0$  3,00, 1000 об/мин, пластины  $2,5 \times 5,0$  см)

Образец	Стойкость по Акимову, с
600 grit	43
800 grit	46
1000 grit	30
80 grit, станок	59

Сопоставление полученных данных указывает на то, что величина привеса не является прямым индикатором коррозионной стойкости. Образец 1000 grit имеет наибольший привес среди образцов, обработанных вручную, но минимальное время до прорыва по Акимову (30 с). Доводка поверхности шлифовальной бумагой с зернистостью 600 и 800 grit дает большие значения времени до прорыва, хотя и меньшие величины интегрального привеса.

Для анализа полученных закономерностей и объяснения наблюдаемого несоответствия результатов гравиметрического метода и метода Акимова, согласно которым покрытия с большей массой характеризуются меньшей стойкостью к коррозии, было проведено исследование поверхности сформированных покрытий методом СЭМ (Рисунок 7).



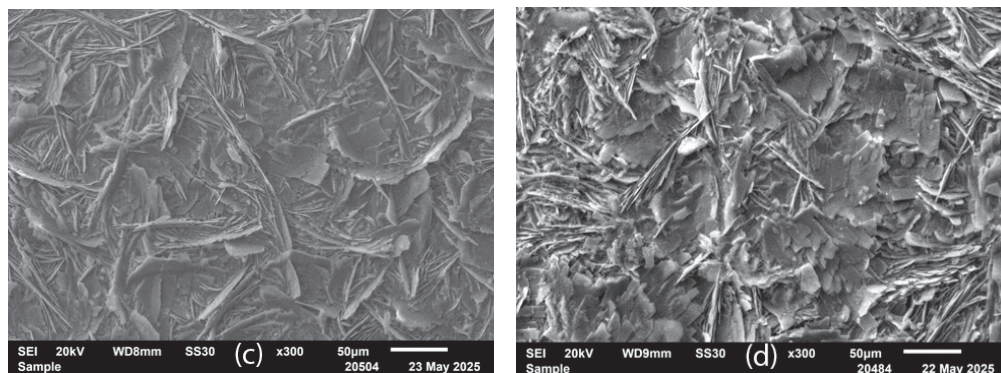


Рисунок 7 – Микрофотографии образцов поверхности ( $\times 1000$ ) пластин марки Ст20 после обработки и фосфатирования: вручную, 600 grit (a); 800 grit (b); 1000 grit (c); на станке, 80 grit (d)

На микрофотографии СЭМ образцов, подготовленных вручную с использованием шлифовальной бумаги различной зернистости (Рисунок 7, а–с), наблюдаются характерные протяженные образования листовой формы: в случае 600 grit они составляют 10–40 мкм в длину и 1–2 мкм в толщину. Переход к 800 и 1000 grit соответственно ведет к увеличению числа частиц с увеличением их длины и уменьшением диаметра за счет роста анизотропии шероховатости. При 1000 grit образуется плотное сплошное покрытие из мелких кристаллов, предположительно, ввиду увеличения числа центров зародышеобразования. Вероятно, данное покрытие дает микрокапиллярный слой, характеризующийся меньшей устойчивостью по Акимову, чем покрытия, подготовленные при 600 и 800 grit.

В отличие от покрытий, подготовленных вручную, в случае образца, подготовленного на станке, на микрофотографии (Рисунок 7, d) наблюдается образование несколько отличающегося покрытия, образованного одновременно тонкими игольчатыми кристаллами и частицами чешуйчато-пластинчатой формы. Это может объясняться предпочтительным формированием кристаллов определенной морфологии в разных местах покрытия за счет наличия толстых борозд, определяющих наличие зон локальных пересыщений соответственно на дне борозд и на гребнях. Предположительно, достигнутая таким образом морфология покрытия обеспечивает большую его устойчивость за счет отсутствия открытых каналов к поверхности металла, что позволяет судить о возможности управления качеством фосфатных покрытий за счет предварительной механической обработки исходных пластин металла.

**Заключение.** В ходе работы установлено, что последовательная ручная шлифовка от 600 до 1000 grit понижает шероховатость стали Ст20, одновременно увеличивая повышая удельный привес фосфатного слоя. Несмотря на рост массы, стойкость по методу Акимова уменьшается, что связано с переходом от разреженной пластинчатой морфологии к мелкопористой губчатой поверхности,

что ускоряют капиллярное проникновение электролита в ходе испытания по Акимову. Грубая станочная обработка (80 grit) формирует направленные борозды; при фосфатировании в этом случае зарождение кристаллов протекает преимущественно на гребнях, образуя крупные пластины и полузамкнутые полости. Такое сочетание обеспечивает максимальный привес покрытия при наибольшей стойкости по Акимову. Из полученных данных можно утверждать, что ключевым фактором формирования стойких антикоррозионных покрытий является топология пор, которую можно регулировать с помощью методики шлифования.

### Литература

- Burduhos-Nergis D.P., Sandu A.V. Burduhos-Nergis D.D., Vizureanu P., Bejinariu C. (2023) Phosphate conversion coating – A short review, *Arch Metall Mater*, 68:1029-1034. DOI: 10.24425/amm.2023.145471
- Herbáth B., Kovács K., Jakab M., Makó É. (2023) Crystal structure and properties of zinc phosphate layers on aluminum and steel alloy surfaces, *Crystals*, 13(3):369. DOI: 10.3390/cryst13030369
- Hivart P., Bricout J.P. (2003) Influence of cleaning pretreatments on tribological properties of zinc phosphated steels, *Ind Lubr Tribol*, 55(2):90–96. DOI: 10.1108/00368790310470921
- Jiang C., Gao Z., Pan H., Cheng X. (2020) The initiation and formation of a double-layer phosphate conversion coating on steel, *Electrochem Commun*, 114:106676. DOI: 10.1016/j.elecom.2020.106676
- Kim H.Y., Noh Y.T., Jeon J.H., Byoun Y.M., Kang H.S., Hyun S.K. (2020) Effect of surface roughness on crystal size of manganese phosphate coating of carbon steel, *J Nanosci Nanotechnol*, 20(7):4312–4317. DOI: 10.1166/jnn.2020.17551
- Narayanan T.S.N.S. (2005) Surface pretreatment by phosphate conversion coatings – A review, *Rev Adv Mater Sci*, 9:130–177.
- Папиров Р.В. (2018) Разработка процессов низкотемпературного кристаллического фосфатирования: дисс. ... к.т.н. – Москва: ПХТУ, 136 с.
- Rumyantseva V., Konovalova V., Narmaniya B. (2021) Modified phosphate coatings applied to steel by cold method, *J Phys Conf Ser*, 2131(4):042027. DOI: 10.1088/1742-6596/2131/4/042027
- Statsyuk V., Fogel L., Bold A., Sultanbek U., Ait S., Sassykova L. (2020) Protective properties of phosphate coatings based on rust converters, *J Chem Technol Metall*, 55(6):2151–2157
- Старикова Е.Ю., Фейлер Л.А. (2020) Защитные фосфатные покрытия металлов, *Вестник КузГТУ*, (6):46-50. DOI: 10.26730/1999-4125-2020-6-46-50

### References

- Burduhos-Nergis D.P., Sandu A.V. Burduhos-Nergis D.D., Vizureanu P., Bejinariu C. (2023) Phosphate conversion coating – A short review, *Arch Metall Mater*, 68:1029-1034. DOI: 10.24425/amm.2023.145471 (in Eng.)
- Herbáth B., Kovács K., Jakab M., Makó É. (2023) Crystal structure and properties of zinc phosphate layers on aluminum and steel alloy surfaces, *Crystals*, 13(3):369. DOI: 10.3390/cryst13030369 (in Eng.)
- Hivart P., Bricout J.P. (2003) Influence of cleaning pretreatments on tribological properties of zinc phosphated steels, *Ind Lubr Tribol*, 55(2):90–96. DOI: 10.1108/00368790310470921 (in Eng.)
- Jiang C., Gao Z., Pan H., Cheng X. (2020) The initiation and formation of a double-layer phosphate conversion coating on steel, *Electrochem Commun*, 114:106676. DOI: 10.1016/j.elecom.2020.106676 (in Eng.)
- Kim H.Y., Noh Y.T., Jeon J.H., Byoun Y.M., Kang H.S., Hyun S.K. (2020) Effect of surface roughness on crystal size of manganese phosphate coating of carbon steel, *J Nanosci Nanotechnol*, 20(7):4312–4317. DOI: 10.1166/jnn.2020.17551 (in Eng.)
- Narayanan T.S.N.S. (2005) Surface pretreatment by phosphate conversion coatings – A review, *Rev Adv Mater Sci*, 9:130–177. (in Eng.)
- Papirov R.V. (2018) Razrabotka protsessov nizkotemperaturnogo kristallicheskogo fosfatirovaniya

[Development of low-temperature crystalline phosphating processes]: Diss. ... Cand. Tech. Sci – Moscow: RCTU, 136 p. (in Russ.)

Rumyantseva V., Konovalova V., Narmaniya B. (2021) Modified phosphate coatings applied to steel by cold method, *J Phys Conf Ser*, 2131(4):042027. DOI: 10.1088/1742-6596/2131/4/042027 (in Eng.)

Starikova Ye.Yu., Feyler L.A. (2020) Zashchitnye fosfatnye pokrytiya metallov [Protective phosphate coatings on metals], *Vestn KuzGTU*, (6):46–50. DOI: 10.26730/1999-4125-2020-6-46-50 (in Russ.)

Statsyuk V., Fogel L., Bold A., Sultanbek U., Ait S., Sassykova L. (2020) Protective properties of phosphate coatings based on rust converters, *J Chem Technol Metall*, 55(6):2151–2157 (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](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](http://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 3.09.2025.

Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
18,0 п.л. Заказ 3.