

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

2025 • 1



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ  
АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

# БАЯНДАМАЛАРЫ

---

## ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»

## REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

**Бас редактор:**

**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 Максат Нұрәділұлы**, 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 Тілекқабыл 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 Росси 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), наноқұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

**БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы**, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фарабиатындағы 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>

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

**ӘБІЛМАҒЖАНОВ Арлан 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>

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

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

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **31.01.2025 ж.** берген № **KZ31VPY0011215** 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>

**ОЛИВЬЕРО 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 Қуантай Авгазыевич**, PhD, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

**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 Жабгаевич**, 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>

**Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»**

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

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство №KZ31VPY0011215 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 **31.01.2025**

Тематическая направленность: *физика, химия*.

Периодичность: 4 раза в год.

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

**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 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>

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

---

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

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

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of Information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. KZ31VPY00111215 issued 31. 01. 2025

Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

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

**T.M. Aldabergenova\*, M.F. Vereshchak, A.S. Dikov, S.B. Kislitsin, 2025.**

Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: tamaramus@inp.kz

**FINE STRUCTURE OF COATING BASED ON HIGH ENTROPY ALLOY  
NITRIDES (ALTIZRYNB)N, DETERMINED BY THE CAMS METHOD ON  
IMPLANTED IRON-57 CORES**

**Vereshchak Michael** – Candidate of physics and mathematics science Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan, email: m.Vereshchak@inp.kz, OrcidID: 0000-0003-3461-9066;

**Aldabergenova Tamara** – PhD, Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan, email: tamaramus@inp.kz, OrcidID: 0000-0001-5276-0042;

**Dikov Alexey** – Candidate of Technical Sciences, Institute of Nuclear Physics, Almaty, Kazakhstan, email: dikov@inp.kz, OrcidID: 0000-0002-5279-694X;

**Kislitsin Sergey** – Candidate of physics and mathematics science, Almaty, Kazakhstan, email: skislitsin@inp.kz, OrcidID: <https://orcid.org/0000-0003-4903-1185>.

**Abstract.** The effect of implanted iron ions with energies on the structure of a coating based on the nitride of the high-entropy alloy Al–Ti–Zr–Y–Nb (HEA) was studied using the method of Mössbauer spectroscopy on  $^{57}\text{Fe}$  nuclei in the electron backscattering geometry (EBS), with the use of X-ray diffraction (XRD) data. The initial structure of the alloy, before the implantation of iron-57, is represented by two fcc structures with lattice parameters corresponding to the nitriles of the elements included in the high-entropy alloy. The implantation of iron-57 ions was carried out at the UKP-2-1 heavy ion accelerator of the Institute of Nuclear Physics (Almaty, Kazakhstan) by irradiation with  $^{57}\text{Fe}$  ions with an energy of 200 keV to a fluence of  $5 \cdot 10^{16}$  ion/cm<sup>2</sup>. The range of iron-57 ions with an energy of 200 keV is  $\sim 150$  nm, KEMS studies provide information on the coating structure from a depth of  $\sim 100$  nm. According to KEMS data, immediately after implantation, the Mössbauer spectrum is significantly broadened and is characteristic of amorphous structures. This is caused by the presence of radiation defects in the implanted layer  $\sim 100$  nm and is a consequence of ion irradiation. Subsequent isochronous annealing of the samples leads to the formation of a singlet characteristic of a cubic structure and a doublet with a crystal structure different from cubic. In this case, the group of elements Al, Ti, and Nb with a cubic structure are responsible for the singlet; and Zr and Y, having a hexagonal close-packed (HCP) lattice, generated a doublet in the surface layers of the coating. It was found that ion irradiation led to restructuring of the coating to a depth corresponding to the range

of implanted ions. Subsequent isochronous annealing leads to the appearance of a new phase with an hcp crystal lattice.

**Keywords:** Mössbauer spectroscopy, high-entropy alloy, Fe<sup>57</sup> ion implantation, isochronous annealing.

**Т.М. Алдабергенова\*, М.Ф. Верещак, А.С. Диков, С.Б. Кислицин, 2025.**

Ядролық физика институты, Алматы Қазақстан.

E-mail: tamaramus@inp.kz

## **ИМПЛАНТАЦИЯЛАНҒАН ТЕМІР-57 ЯДРОЛАРЫНДА КИМС ӘДІСІМЕН АНЫҚТАЛҒАН ЖОҒАРЫ ЭНТРОПИЯЛЫҚ ҚОРЫТПА НИТРИДТЕРІ (ALTiZrYNb) N НЕГІЗІНДЕГІ ЖҰҚА ЖАБЫН ҚҰРЫЛЫМЫ**

**Верещак Михаил** – физика-математика ғылымдарының кандидаты, Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан, email m.Vereshchak@inp.kz, OrcidID: 0000-0003-3461-9066;

**Алдабергенова Тамара** – PhD, Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан, email: tamaramus@inp.kz, OrcidID: 0000-0001-5276-0042;

**Диков Алексей** – техника ғылымдарының кандидаты, Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан, email: dikov@inp.kz, OrcidID: 0000-0002-5279-694X;

**Кислицин Сергей** – физика-математика ғылымдарының кандидаты, Ядролық физика институты, Алматы, Қазақстан, email: skislitsin@inp.kz, OrcidID: <https://orcid.org/0000-0003-4903-1185>.

**Аннотация.** Имплантацияланған темір иондарының энергиялары бар Al-Ti-Zr-Y-Nb (РДА) жоғары энтропиялық қорытпасының нитридi негiзiндегi жабынның құрылымына әсерi электрондардың керi шашырау геометриясын (КЭМС) пайдалана отырып, <sup>57</sup>Fe ядроларындағы Мессбауэр спектроскопиясы әдiсiмен зерттелдi. Қорытпаның бастапқы құрылымы, темір-57 имплантациясына дейiн, жоғары энтропиялық қорытпаға кiретiн элементтердiң нитрилдерiне сәйкес келетiн тор параметрлерi бар екi ГЦК құрылымымен ұсынылған. Темір-57 иондарын имплантациялау Ядролық физика институтының УКП-2-1 ауыр ионды үдеткiшiнде (Алматы, Қазақстан) энергиясы 200 кВ <sup>57</sup>Fe иондарымен 5·10<sup>16</sup> ион/см<sup>2</sup> флюспен сәулелену арқылы жүзеге асырылды. 200 кВ энергиясы бар темір-57 иондарының диапазоны ~ 150 нм, КЭМС зерттеулерi ~ 100 нм тереңдiктен жабын құрылымы туралы ақпарат бередi. КЭМС мәлiметтерi бойынша, имплантациядан кейiн бiрден Мессбауэр спектрi айтарлықтай кеңейедi және аморфты құрылымдарға тән. Бұл имплантацияланған қабатта ~ 100 нм радиациялық ақаулардың болуынан туындайды және иондық сәулеленудiң салдары болып табылады. Үлгiлердiң кейiнгi изохронды күйдiруi текше құрылымның синглет сипаттамасының және кубтықтан өзгеше кристалдық құрылымы бар дублеттiң пайда болуына әкеледi. Бұл жағдайда текше құрылымы бар Al, Ti және Nb элементтер тобы синглет үшiн жауап бередi; және Zr және Y алтыбұрышты тығыз оралған (ГПУ) торы бар, жабынның беткi қабаттарында дублет құрады. Иондық сәулелену жабынның имплантацияланған иондар диапазонына сәйкес тереңдiкте қайта құрылымдауға әкелетiнi анықталды. Кейiнгi изохронды күйдiру ГПУ кристалдық торы бар жаңа фазаның пайда болуына әкеледi.

**Түйін сөздер:** Мессбауэр спектроскопиясы, жоғары энтропиялық қорытпа, Fe<sup>57</sup> ионын имплантациялау, изохронды күйдіру.

**Т.М. Алдабергенова\*, М.Ф. Верещак, А.С. Диков, С.Б. Кислицин, 2025.**

Институт Ядерной Физики, Алматы, Казахстан.

E-mail: tamaramus@inp.kz

## **ТОНКАЯ СТРУКТУРА ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ НИТРИДОВ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА (ALTiZRYNb)N, ОПРЕДЕЛЕННАЯ КЭМС МЕТОДОМ НА ЯДРАХ ИМПЛАНТИРОВАННОГО ЖЕЛЕЗА-57**

**Верещак Михаил** – кандидат физико-математических наук, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан, E-mail: m.Vereshchak@inp.kz, ORCID ID: 0000-0001-5276-0042;

**Алдабергенова Тамара** – PhD, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан, E-mail: tamaramus@inp.kz, ORCID ID: 0000-0001-5276-0042;

**Диков Алексей** – кандидат технических наук, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан, E-mail: dikov@inp.kz, ORCID ID: 0000-0002-5279-694X;

**Кислицин Сергей** – кандидат физико-математических наук, Институт ядерной физики, Алматы, Казахстан, E-mail: skislitsin@inp.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4903-1185>.

**Аннотация.** Методом Мессбауэровской спектроскопии в ядрах <sup>57</sup>Fe в геометрии обратного рассеяния по электронному каналу (КЭМС), с привлечением данных по рентгеновской дифракции (РДА), исследовано влияние имплантированных ионов железа с энергией на структуру покрытия на основе нитрида высокоэнтропийного сплава Al – Ti – Zr – Y – Nb (ВЭС). Исходная структура сплава, до имплантации железа-57, представлена двумя ГЦК-структурами с параметрами решётки, соответствующими нитридам элементов, входящих в состав высокоэнтропийного сплава.

Имплантацию ионов железа-57 осуществляли на ускорителе тяжёлых ионов УКП-2-1 ИЯФ (Алматы, Казахстан) облучением ионами <sup>57</sup>Fe с энергией 200 кэВ до флюенса  $5 \cdot 10^{16}$  ион/см<sup>2</sup>. Пробег ионов железа-57 с энергией 200 кэВ составляет ~150 нм, КЭМС-исследования предоставляют информацию о структуре покрытия с глубины ~100 нм.

По данным КЭМС следует, что непосредственно после имплантации мессбауэровский спектр значительно уширен и характерен для аморфных структур. Это вызвано присутствием радиационных дефектов в имплантированном слое (~100 нм) и является следствием ионного облучения. Последующий изохронный отжиг образцов приводит к образованию синглета, характерного для кубической структуры, и дублета с кристаллической структурой, отличной от кубической. При этом группа элементов Al, Ti и Nb с кубической структурой ответственна за синглет, а Zr и Y, имеющие гексагональную плотноупакованную (ГПУ) решётку, породили дублет в приповерхностных слоях покрытия.

Установлено, что ионное облучение привело к перестройкам структуры покрытия на глубину, соответствующую пробегу имплантированных ионов.

Последующий изохронный отжиг приводит к появлению новой фазы с ГПУ-кристаллической решёткой.

**Ключевые слова:** Мёссбауэровская спектроскопия, высокоэнтропийный сплав, имплантация ионов Fe<sup>57</sup>, изохронный отжиг.

*Финансирование.* Работа выполнена за счет средств Программы целевого финансирования Министерства науки и образования РК № BR 20280986.

**Введение.** В конце прошлого века был открыт (Zhang, 2014: 2; Firstov, 2011:6) новый класс материалов, получивший название «высокоэнтропийные сплавы» (ВЭС). Патент зарегистрирован на имя тайваньского ученого J-W. Yeh, за материалы такого типа в 2002 году (Krause-Rehberg, 2013:675). Состав таких сплавов представлен, как правило, 5 - 6 элементами. Содержание каждого элемента составляет от 5 до 35 %.

За короткий период опубликовано более 5000 научных работ. Исследование существующих ВЭС и разработка новых осуществляется во всех экономически развитых странах. Такой большой интерес к исследованию ВЭС обусловлен уникальными свойствами этих материалов, такими как долговечность, пластичность, износостойкость, коррозионная стойкость и другие (Firstov, 2011; Gorban, 2017:25). До синтеза ВЭС, в основном изучались металлические сплавы, состоящие из одного или двух основных компонентов и с меньшим количеством других легирующих элементов. Одной из особенностей новых материалов является то, что в этих сплавах нет понятия «базовый». Все содержащиеся элементы являются базовыми. Одной из глобальных идей развития ВЭС является получение однофазной структуры в виде неупорядоченного твердого раствора замещения. Стабильность ВЭС зависит от свободной энергии Гиббса (изобарно-изотермического потенциала):

$$G=H-T \cdot S, \quad (1)$$

где H – энтальпия; T-абсолютная температура; S – энтропия.

Система находится в устойчивом термодинамическом равновесии при постоянных давлении и температуре, т.е. когда G имеет минимальные значения. Таким образом, ВЭС представляют собой новый класс материалов с повышенной энтропией смешивания. Высокая энтропия смесей таких систем препятствует образованию интерметаллических фаз и твердых растворов внедрения в процессе кристаллизации. Идея ВЭС основана на простом утверждении, что пять и более компонентов, взятых в равных или близких пропорциях, могут образовывать однофазный кристаллический сплав. Равное количество компонентов ВЭС является обязательным. Возникает вопрос: почему такая простая идея не была реализована раньше? Объяснение можно найти в (Pogrebniak, 2013: 1135; Sobol, 2012: 168). Первая причина связана со сложностью изучения многокомпонентных систем. Вторая причина – интуитивное ожидание, что чем больше компонентов



содержится в сплаве, тем больше фаз образуется согласно фундаментальному правилу Гиббса (Yeh J.-W, 2015: 2254)..

Исследования кристаллической структуры нитридных покрытий на основе ВЭС представляют собой перспективное направление исследований, т.к. они обладают прекрасными прочностными свойствами (высокие значения модуля Юнга), трибологическими свойствами (износостойкость, низкий коэффициент трения и др.), демонстрируют высокую термическую стабильность (Yeh J.-W, 2007:5Miracle D.B, 2019 б:7).

Обобщая сказанное, следует заметить, что смещение пяти и более элементов приводит к образованию стабильного твердого раствора замещения с относительно простыми кубическими (ГЦК или ОЦК) или гексагональными кристаллическими решетками. Интерметаллические или многофазные структуры, как в случае традиционных многоэлементных систем (Yum-Roseri, 1965:203; Wang, Huang, 2015:28), отсутствуют.

Целью настоящей работы являются изучение радиационно – индуцированных процессов в приповерхностных слоях нитридных покрытий (AlTiZrYNb)N, имплантированных ионами  $^{57}\text{Fe}$ . Получение экспериментальных данных из зоны влияния этих ионов на структурно фазовое состояние имплантированных образцов и установление эволюции структуры покрытий из ВЭС при последовательных изохронных отжигах.

**Материалы и методы исследования.** В настоящей работе исследовано влияние изохронного отжига на структуру и свойства покрытия из нитридов ВЭС (TiZrAlYNb)N, полученных методом вакуумно-дугового испарения катода. Катоды из высокоэнтропийных сплавов системы Ti-Zr-Al-Y-Nb изготавливались методом вакуумно-дуговой плавки в атмосфере высокочистого аргона. В таблице 1 приведен элементный состав покрытий. (O.V.Sobol, 2012:168)

Таблица 1.

Материал	Концентрация/погрешность измерений, at. %					
	N	Ti	Zr	Al	Y	Nb
(TiZrAlYNb)N	46.00	15.55	11.47	10.28	10.74	5.96
	±0.12	±0.05	±0.16	±0.03	±0.17	±0.15

Покрытия были получены при использовании вакуумно-дуговой установки «Булат-б» по методике, изложенной в (Sobol, 2012). В качестве подложки была взята ферритно-мартенситная сталь (Fe-12%Cr). Для изучения ВЭС использовалась в качестве основного метода мессбауэровская спектроскопия в режиме обратного рассеивания по электронному каналу (КЭМС). Следует заметить, что мессбауэровская спектроскопия в режиме на пропускание (МС) не пользуется большой популярностью среди исследователей, занимающихся проблемами ВЭС. Это связано с тем, что ВЭС являются разупорядоченными твердыми растворами замещения с неярко выраженной (аморфной) структурой. Метод КЭМС в сравнение с МС имеет ряд положительных особенностей. В случае

КЭМС с поглотителем из железа энергия конверсионных электронов равна 7.3 кэВ, что соответствует толщине эффективного слоя порядка 100нм. Это значит, что можно исследовать относительно тонкие приповерхностные слои образцов, т.е. существенно расширить по сравнению с методом МС круг решаемых научных и прикладных задач. Еще одна важная особенность метода КЭМС состоит в том, что этот метод не вызывает искажение резонансных линий при сколь угодно больших толщинах образца и более чем на два порядка повышает чувствительность метода ядерного гамма-резонанса.

Поскольку для применения эффекта Мессбауэра нужны мессбауэровские ядра в образцах, то была выполнена имплантация ионов  $Fe^{57}$  с энергией 200кэВ до флюенса

$5 \cdot 10^{16} \text{см}^{-2}$ . Программа SRIM - 2008 (Gasan, 2019:15; Krapivka, 2015:57) в режиме QuickCalculation использовалась для оценки степени воздействия ионного пучка на кристаллическую решетку имплантированных материалов. Рассчитана концентрация имплантированных ионов  $Fe^{57}$  в мишени, концентрация вакансий в матрице; оценено количество обратно рассеянных ионов  $Fe^{57}$ . Пробег ионов  $Fe^{57}$  150 нм, что соизмеримо с пробегом конверсионных электронов. КЭМС метод позволяет получить информацию о структуре приповерхностного слоя покрытия такой толщины. Облучение выполняли током ионного пучка  $\sim 100$  нА на ускорителе тяжелых ионов УКП-2 -1 Института ядерной физики (Алматы Казахстан). Мишенная камера дополнительно была оснащена магнитноразрядным насосом, что позволяло получить вакуум  $\sim 1,5 \times 10^{-7}$  мм рт. ст. и минимизировать скорость нагорания углеродной пленки на мишени при имплантации. Температура мишени при выбранных режимах облучения не превышала 60<sup>0</sup>С.

Последовательные изохронные двухчасовые отжиги проводили в вакуумной печи при 870К,1070К,1170К,1220К,1270К. После каждого из этапов отжига выполняли исследования структуры покрытия.

Элементный состав синтезированных образцов определяли с помощью сканирующего электронного микроскопа HITACHI 4000, оснащенного энергодисперсионным анализатором IncaX-act с разрешением 3 нм при ускоряющем напряжении 5-15 кВ. Изменения кристаллической структуры исследуемых материалов до и после имплантации регистрировали на дифрактометре BrukerD8 ADVANCE с Cu-K $\alpha$ - излучателем в геометрии Брэгга-Брентано. Фазы идентифицировали с помощью картотеки ASTM и TCPDS.

Электронное окружение атомов  $Fe^{57}$  после завершения процесса имплантации оценивали КЭМС методом. Мессбауэровские исследования проводили на спектрометре МС-1104Эм при комнатной температуре, источником  $\gamma$ -квантов служил  $Co^{57}$  в матрице хрома. Обработку мессбауэровских спектров осуществляли методом модельной расшифровки с помощью программы Spectr Relax (Gu, 2019:289).

**Результаты и обсуждение.** Известно, что разнородные атомы могут образовывать твердые растворы замещения в случае выполнения четырех критериев, разработанных Юм-Розери (Yum-Roseri, 1965:203). Первое правило

– размерный фактор. Размеры атомов компонентов не должны отличаться более чем на 14%. Второй фактор – электрохимический. Электроотрицательности атомов должны быть близки. Третий и четвертый критерии состоят в том, что расширению области твердого раствора способствуют близкие валентности и одинаковые кристаллические структуры компонентов сплава. Дополнительно для ВЭС был предложен энтальпийный критерий (Yeh J.-W, 2015:2254), согласно которому образуется неупорядоченный твердый раствор.

Ранее был выполнен цикл работ (Kislitsin, 2013:22; Manakova, 2021: a:17) по исследованию влияния имплантации ионов Fe<sup>57</sup> на структуру и свойства ряда металлов, в том числе и содержащихся в ВЭС (Al, Ti, Zr, Y, Nb). Результаты этих исследований сведены в таблице 1.

Таблица 2. Мессбауэровские параметры твердых растворов железа в металлических матрицах.

Компоненты матрицы	Тип решетки	Изомерный сдвиг $\delta$ , мм/с	Квадрупольное расщепление $\Delta$ , мм/с	Атомный радиус R, нм	Валентность	Литература
Al	ГЦК	0,24	-	0,143	3 <sup>+</sup>	[16]
Ti	ОЦК	0,47	-	0,146	2,3 <sup>+</sup> 4 <sup>+</sup>	[17]
Zr	ГПУ	-0,34	0,85	0,160	4 <sup>+</sup>	[18]
Y	ГПУ	-0,12	0,70	0,181	3 <sup>+</sup>	[20]
Nb	ОЦК	-0,025	-	0,145	4 <sup>+</sup> ,5 <sup>+</sup>	[19]
Ta	ОЦК	0,04	0,54			[18]
Mo	ОЦК	0,04	0,30			[18]

$\delta$ : изомерный сдвиг относительно металлического железа при 300 К;  $\Delta$ : квадрупольное расщепление.

Параметры решетки бинарных нитридов образованных покрытий при осаждении ВЭС (TiZrAlYNb)N.

Таблица 3. Параметры решетки, образования бинарных нитридов (Погребняк, 2015:72)

Параметры решетки, мм	TiN	ZrN	AlN	YN	NbN
	0,4242	0,4578	0,436	0,4877	0,4394
Энтродия образования, J/mole grad	0,31	8,93	0,93	6,05	3,96
Энтальпия образования, kJ/mole	36,62	65,51	20,29	99,36	37,81

Из таблицы 2 видно, что ВЭС ((TiZrAlYNb)N) состоит из двух групп элементов. Элементы первой группы (Al, Ti, Nb) имеют кубическую ГЦК и ОЦК структуру; вторая группа (Zr, Y), имеют гексагональную плотноупакованную (ГПУ) решетку.

Гексагональная плотноупакованная кристаллическая решетка представляет сложную структуру в виде шестигранной призмы. Элементарная ячейка содержит 17 атомов. 14 атомов из этого числа располагаются в узлах каждого основания призмы. Три атома располагаются в середине призмы, образуя равносторонний треугольник. Кристаллическая ГПУ решетка вытянута вдоль оси С, отклоняясь от кубической симметрии. Поэтому мессбауэровские спектры соединений с ГПУ структурой представляют квадрупольный дублет. Т.е. если резонансный атом

(в данном случае  $Fe^{57}$ ) находится в не кубическом окружении, то вокруг ядра возникает градиент электрического поля (ГЭП), как мера отклонения электронного окружения ядра от кубической симметрии.

В работе (Погребняк, 2015) представлены результаты исследования распределения элементов по поверхности покрытия ВЭС ( $TiZrALYNb$ )N. Показано, что элементы покрытия распределены равномерно. Также показано, что важным условием стабильности покрытия является постоянство давления газа (N) при напылении.

На рис.1 приведены КЭМС спектры покрытий на основе нитридов ВЭС. Результаты обработки этих спектров сведены в таблице 4.

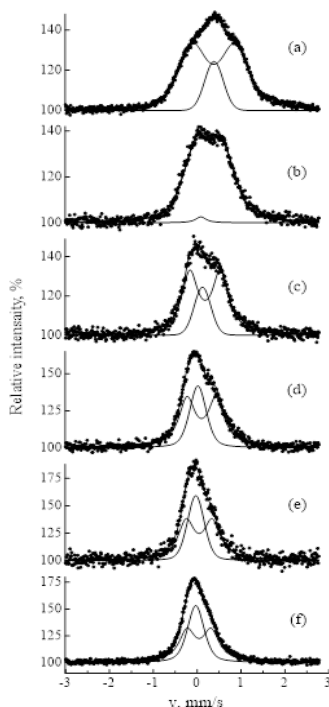


Рисунок 1. КЭМС спектры покрытий на основе нитридов до (а) и после отжига при 600°C (б), 800°C (в), 900°C (г), 950°C (д) и 1000°C (е).

Таблица 4 Мессбауэровские параметры покрытия на основе нитридов ВЭС

T, °C	ГЦК и ОЦК		ГПУ		
	I, %	$\delta$ , мм/с	I, %	$\delta$ , мм/с	$\Delta$ , мм/с
20	16.7	0.39	83.3	0.38	0.42
600	2.0	0.09	98.0	0.28	0.30
800	22.0	0.13	78.0	0.19	0.35
900	34.7	0.02	65.3	0.11	0.33
950	39.5	-0.02	60.5	0.05	0.30
1000	44.0	-0.03	56.0	0.04	0.27

I: относительная спектральная область.

Это упрощенный вариант обработки мессбауровских спектров. Действительная картина по всей видимости гораздо сложнее. Пять элементов в составе покрытия с близким количеством и равной вероятностью могут дать как минимум 5 подспектров. Кроме того при напылении покрытия под давлением азота образуются нитриды (см.таблицу 3). Поэтому предстоит детальный анализ полученных экспериментальных данных.

В работе (Vereshak, 2023: а: 127) проведены мессбауэровские и рентгеновские исследования радиционно-индуцированных процессов в Nb (элемент первой группы покрытия ВЭС с кубической структуры). А в работе (Manakova, 2021:127) похожие исследования проведены с Zr (вторая группа с ГПУ структурой). Установлено что в результате облучения Nb и Zr ионами  $Fe^{57}$  образуются пересыщенные твердые растворы замещения Nb ( $Fe^{57}$ ) и Zr ( $Fe^{57}$ ). Кроме синглетов в спектрах присутствовали дублеты, вызванные интерметаллидами  $Nb_2 Fe^{57}$ ,  $Zr_3 Fe^{57}$  и  $Zr Fe^2$ .

При облучении Nb и Zr ионами  $Fe^{57}$  в результате рекомбинации вакансий и межузельных атомов, происходит формирование интерметаллидов  $Nb_2Fe, Zr_3Fe, ZrFe_2$  и твердых растворов Nb (Fe) и Zr (Fe) равновесного состава.

**Заключение.** Методами ядерной гамма-резонансной спектроскопии на ядрах  $Fe^{57}$  в режиме обратного рассеивания по электродному каналу (КЭМС) и рентгеновской дифракции (РДА) проведены исследования покрытия из высокоэнтропийных сплавов (Al, Ti, Zr, Y, Nb)N, полученных вакуумно-дуговым испарением катода в парах азота. Приготовленные образцы ВЭС были имплантированы ионами  $Fe^{57}$ , что позволило получать информацию о структуре приповерхностного слоя покрытия толщиной, соизмеримой с пробегом конверсионных электронов.

Проведено исследование влияния изохронного отжига образцов на кристаллическую структуру ВЭС. Показано, что до отжига покрытия на основе нитридов ВЭС представлено значительно уширенной парамагнитной линией. Это указывает на сильное искажение электронной структуры в области примесного атома Fe, приводящее к аморфизационному состоянию структуры ВЭС. Изохронный отжиг приводил к монотонному уменьшению ширин резонансных линий. На последнем этапе процесса отжига ( $T=1270K$ ) образец демонстрирует неупорядоченный твердый раствор замещения. Признаков твердого раствора внедрения и интерметаллидных фаз не обнаружено. Показаны возможности метода КЭМС на примесных (имплантированных) атомах Fe в исследовании ВЭС.

#### References

- Zhang Y, Zuo T.T., Tang Z., Gao M.C, Dahmen K.A, Liaw P.K., Lu Z.P. (2014) Microstructures and properties of high-entropy alloys Prog. Mater. Sci. Vol. 61. P. 1-93. (in English)
- Firstov S.A., Gorban V.F., Krapivka N.A., Pechkovsky E.P. (2011) Composites and Nanostructures. № 2. P. 5-20. (in English)
- Krause-Rehberg R., Pogrebnyak A.D., Borisyuk V.N., Kaverin M.V., Ponomarev A.G., Bilokur M.A., Oyoshi K., Takeda Y., Beresnev V.M., Sobol' O.V. (2013) Phys. Met. Metallogr. Vol. 114. N 8. С. 672-680. (in English)
- Gorban V.F., Krapivka N.A., Firstov S.A. (2017) High-entropy alloys-electron concentration-phase composition-lattice parameter-properties. FMM. Vol.118. No.10. .P.1017-1029 (in English)

Pogrebnyak A.D., Bratishka S.N., Beresnev V.M., Levintant-Zaioints N. Russ. Chem. Rev. (2013) Shape memory effect and superelasticity of titanium nickelide alloys implanted with constant doses of ions Vol. 82, N 12. P. 1135-1159. (in English)

Sobol O.V., Andreev A.A., Stolbovoi V.A., Filchikov V.E. (2012). Effect of bias potential on the phase composition, structure, substructure and mechanical properties of the TiN/ZrN multilayer system obtained by vacuum arc evaporation. *Tech.phys.lett.* 38№2,168. (in English)

Yeh J.-W. (2015) Physical metallurgy of high-entropy alloys *JOM*. V. 67. N° 10. P. 2254-2261. (in English)

Yeh J.-W., Chen Y.-L., Lin S.-J., Chen S. - K. (2007). High-entropy alloys—a new era of exploration. *Mater. Sci. Forum*. V. 560. P. 1-9 (in English)

Miracle D.B. (2019) High entropy alloys as a bold step forward in alloy development. *Nature Communications*. V. 10. P. 1805. (in English)

Yum-Roseri V. (1965). Introduction to physical material science. M.: Metallurgy, 203 p. (in English)

Zhang Y., Zuo T.T., Tang Z., Gao M.C., Dahmen K.A., Liaw P.K., Lu Z.P. (2014) Microstructures and properties of high-entropy alloys. *Progress in Mater. Sci.* V. 61. P. 1-93. (in English)

Wang Z., Huang Y., Yang Y., Wang J., Liu C.T. (2015) Atomic-size effect and solid solubility of multicomponent alloys. *Scripta Mater.* V. 94 P. 28-31. (in English)

Gasan H., Ozcan A. (2019) New eutectic high-entropy alloys based on Co-Cr-Fe-Mo-Ni-Al: design, characterization and mechanical properties. *Met. Mater. International*. P. 1-16. <https://doi.org/10.1007/s12540-019-00515-9> (in English)

Krapivka N.A., Firstov S.A., Karpets M.V., Myslivchenko A.N., Gorban V.F. (ФММ. 2015). Features of phase formation and structure formation in high-entropy alloys of the system AlCrFeCoNiCu, (x = 0; 0.5; 1.0; 2.0; 3.0) // *T*. 116. N° 5. P. 496-504.

Gu J., Ni S., Liu Y., Song M. (2019) Regulating the strength and ductility of a cold rolled FeCrCoMnNi high-entropy alloy via annealing treatment. *Mater. Sci. Eng. A*. V. 755. P. 289-294. (in English)

Kislitsin S.B.; Vereshchak M.F., Manakova I.A., Ozernoi A.N., Satpaev D.A., Tuleushev Y.Z. (2013) Blistering and  $\alpha \rightarrow \gamma$  phase transitions at annealing of stainless steel C12Cr18Ni0Ti irradiated by low energy alpha-particles. *Probl. At. Sci. Tech.* 2, 17-22. (in English)

Kadyrzhanov K.K., Vereshchak M.F., Manakova I.A., Ozernoy A.N., Rusakov V.S. (2013) Structure-phase transformations in the Be-Fe-Be layered system subjected to irradiation and thermal treatment. *Phys. Chem. Solids* 74, 1078-1085. Aluminum influence on fine structure and distribution of chemical elements in highly entropic alloys Al,FeNiCoCuCr. ФММ. (in English)

Andrianov V.A., Bedelbekova K.A., Ozernoi A.N., Vereshak M.F. and Manakova I.A. (2020) *Nukl. Instrum.Methods Phys. Res., B* 475 71-76. Mossbauer and x-ray of radiation-induced processes Al alloy implanted with  $^{57}\text{Fe}$  ions. (in English)

Vereshak M.F., Manakova I.A. and Shokanov A.K. (2023) Mossbauer and x-ray of radiation-induced processes in nb-zr alloy implanted with  $^{57}\text{Fe}$  ions. *Materials* 16 (10) 3813(in English)

Manakova I.A., Vereshchak M.F., Shokanov A.K., Suslov E.E., Tleubergenov Z.K., Smikhan E.A. (2021) Study of structural transformations in metallic zirconium irradiated with high-energy  $^{57}\text{Fe}$  ions. In *International Conference on the Applications of the Mössbauer Effect. Book of Abstracts: Brasov, Romania*, p. 127. (in English)

Pogrebnyak A.D., Yakushchenko I.V., Sobol O.V. et al. (2015) Effect of residual pressure and ion implantation on the structure, elemental composition, and properties of (TiZrAlYNb)N nitrides. *Journal of Technical Physics* Vol. 85, Issue 8, pp. 72-79. (in English)

## CONTENTS

## PHYSICS

<b>B.Zh. Abdikarimov, A.Zh. Seitmuratov, B.K. Kaliev, A.G. Ganiulla, T.M. Karabala</b> VISCOSITY PROPERTIES OF THE ISOBUTYRIC ACID-WATER SOLUTION NEAR THE CRITICAL SEPARATION TEMPERATURE.....	5
<b>D.T. Agishev, S.A. Khokhlov, A.T. Agishev, N.L. Vaidman, A.T. Agishev</b> THE STUDY OF RADIATIVE AND CONVECTIVE TRANSPORT IN CLOSE BINARY SYSTEMS WITH LOW ACCRETION RATES.....	17
<b>T.M. Aldabergenova, M.F. Vereshchak, A.S. Dikov, S.B. Kislitsin</b> FINE STRUCTURE OF COATING BASED ON HIGH ENTROPY ALLOY NITRIDES (ALTiZrYNb)N, DETERMINED BY THE CAMS METHOD ON IMPLANTED IRON-57 CORES.....	29
<b>E. Bondar, A. Shongalova, A. Fedosimova, S. Ibraimova, A. Kemelbekova</b> ENHANCING HYDRONIUM ION MOBILITY IN GRAPHENE OXIDE-BASED PROTON EXCHANGE MEMBRANES.....	39
<b>N.N. Zhanturina, G.K. Beketova, Z.K. Aimaganbetova, K.B. Bizhanova</b> MODERN PEROVSKITE SOLAR CELLS: INNOVATIONS IN MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR ENHANCED EFFICIENCY.....	50
<b>U.K. Zhapbasbayev, G.I. Ramazanova, M.A. Pakhomov</b> TURBULENT FLOW OF VISCOPLASTIC FLUID IN A PIPE WITH SUDDEN EXPANSION.....	64
<b>D.M. Zazulin, S.E. Kemelzhanova, N.A. Beissen, A.Sh. Tursumbekov, M.O. Alimkulova</b> GEOMETROTHERMODYNAMICS OF A HOLOGRAPHIC SYSTEM WITH ZERO SOUND.....	78
<b>Y. Myrzakulov, A. Altaibayeva, A. Bulanbayeva</b> PHASE TRANSITIONS AND THERMODYNAMIC BEHAVIOR OF AdS BLACK HOLES COUPLED WITH NONLINEAR ELECTRODYNAMICS.....	89
<b>Sh.A. Myrzakulova, A.A. Zhadyranova</b> INVESTIGATION OF F(G) GRAVITY USING NOETHER SYMMETRY.....	101

**D.A. Tolekov, D.M. Zharylgapova, A.M. Mukhambetzhan, A.A. Almagambetova, U.A. Abitaeva**  
ELECTRON-HOLE TRAPPING CENTERS IN ULTRA-VIOLET IRRADIATED  
LI<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Mn CRYSTALS.....115

**S.U. Sharipov, I.F. Spivak-Lavrov**  
ELECTROSTATIC CHARACTERISTICS OF THE EDGE FIELD BETWEEN  
THE DEFLECTOR PLATES AND THE GROUNDED SCREEN.....125

**L.I. Shestakova, A.V. Serebryanskiy, Spassiyuk Ruslan, Ch.T. Omarov**  
SEARCH FOR COMETARY-METEORITIC DUST IN THE INNER REGION OF  
THE SOLAR SYSTEM: THERMAL EMISSION IN THE DUST CORONA.....138

### **CHEMISTRY**

**R.S. Abzhalov, Sh.T. Koshkarbayeva, A.K. Dikanbayeva, M.S. Satayev, B.S. Serikbayeva**  
STUDY OF THE OBTAINING OF SILVER NANOPARTICLES ON THE  
POLYMER SURFACE USING PHOTOCHEMICAL ACTIVATION.....147

**K.T. Arynov, A.P. Auyeshov, Ch.Z. Yeskibayeva, A.K. Dikanbayeva, A.M. Ibrayeva**  
X-RAY PHASE AND THERMOANALYTICAL STUDY OF NEMALITE FROM  
THE ZHITIKARINSKOE DEPOSIT (KAZAKHSTAN).....160

**G.Zh. Baisalova, A.S. Zhumadil, B.B. Torsykbaeva, D.T. Sadyrbekov, K.T. Umerdzhanova**  
CHEMICAL COMPOSITION OF FRUITS OF ELEAAGNUS  
ANGUSTIFOLIA.....173

**N.N. Zhanikulov, D.K. Zhurgarayeva, G. Mukhtarhanova**  
INVESTIGATION OF THE SUITABILITY OF HEAP LEACHING WASTE FROM  
THE PROCESSING OF GOLD-BEARING ORE AS A RAW MATERIAL  
FOR PORTLAND CEMENT.....184

**A.A. Zheldybaeva, A.CH. Katashova, K.A. Iskakov, D.E. Nurmukhanbetova, A. Azamatkyzy**  
NATURAL CRITERIA OF VEGETABLE JUICES AND THEIR QUALITY  
DETERMINATION.....196

**A.B. Issayeva, A.A. Sharipova, M.O. Issakhov, G.A. Kadyrbekova**  
ROLE OF MICROENCAPSULATED HUMIC ACID BASED ON BIOPOLYMERS  
IN PLANT GROWTH STIMULATION.....205



- A.T. Massenova\*, A.S. Zhumakanova, I.I. Torlopov, K.S. Rakhmetova, A.Z. Abilmagzhanov, 2025.**  
HIERARCHICAL ZEOLITES BASED ON SYNTHETIC ZEOLITES ZSM-5, HY AND BEA FOR ALKYLATION OF AROMATIC HYDROCARBONS.....219
- A.K. Nurlybekova, A.A. Minkayeva, E. Shybyrai, H.A. Aisa, J. Jenis**  
GC-MS STUDY OF ORGANIC AND MINERAL COMPONENTS IN ARTEMISIA SPECIES FROM KAZAKHSTAN.....233
- T.S. Khosnutdinova, A.O. Sapieva, N.G. Gemedzhieva, Zh.Zh. Karzhaubekova, N.A. Sultanova**  
DEVELOPMENT OF A BIOLOGICALLY ACTIVE COMPLEX FROM THE ROOTS OF *FERULA FOETIDA* (BUNGE) REGEL EXHIBITING ANTIOXIDANT ACTIVITY.....252

## МАЗМҰНЫ

### ФИЗИКА

- Б.Ж. Әбдікәрімов, А.Ж. Сейтмұратов, Б.К. Калиев, Ә.Ғ. Ғаниұлла,  
Т.М. Қарабала**  
СЫНДЫҚ ТЕМПЕРАТУРА МАҢЫНДАҒЫ ИЗОМАЙ ҚЫШҚЫЛЫ – СУ  
ЕРІТІНДІСІНІҢ ТҰТҚЫРЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....5
- Д.Т. Агишев, С.А. Хохлов, А.Т. Агишев, Н.Л. Вайдман, А.Т. Агишев**  
АККРЕЦИЯ ҚАРҚЫНЫ ТӨМЕН ТЫҒЫЗ ҚОС ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ  
РАДИАЦИЯЛЫҚ ЖӘНЕ КОНВЕКТИВТІ ТАСЫМАЛДАУДЫ ЗЕРТТЕУ.....17
- Т.М. Алдабергенова, М.Ф. Верещак, А.С. Диков, С.Б. Кислицин**  
ИМПЛАНТАЦИЯЛАНҒАН ТЕМІР-57 ЯДРОЛАРЫНДА КИМС ӘДІСІМЕН  
АНЫҚТАЛҒАН ЖОҒАРЫ ЭНТРОПИЯЛЫҚ ҚОРЫТПА НИТРИДТЕРІ  
(ALTIZYNB) N НЕГІЗІНДЕГІ ЖҰҚА ЖАБЫН ҚҰРЫЛЫМЫ.....29
- Е. Бондарь, А. Шонғалова, А. Федосимова, С. Ибраимова, А. Кемелбекова**  
ГРАФЕН ОКСИДІ НЕГІЗІНДЕГІ ПРОТОН АЛМАСУ МЕМБРАНАЛАРЫНДА  
ГИДРОНИЙ ИОНДАРЫНЫҢ ҚОЗҒАЛҒЫШТЫҒЫН АРТТЫРУ.....39
- Н.Н. Жантурина, Г.К. Бекетова, З.К. Аймаганбетова, К.Б. Бижанова,  
Л.У. Таймуратова**  
ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ПЕРОВСКИТТІ КҮН БАТАРЕЯЛАРЫ: ТИІМДІЛІКТІ  
АРТТЫРУҒА АРНАЛҒАН МАТЕРИАЛДАР МЕН ТЕХНОЛОГИЯЛАРДАҒЫ  
ИННОВАЦИЯЛАР.....50
- Ұ.Қ. Жапбасбаев, Г.І. Рамазанова, М.Ф. Пахомов**  
КЕНЕТТЕН КЕҢЕЮІ БАР ҚҰБЫРДАҒЫ ТҰТҚЫР-ПЛАСТИКАЛЫҚ  
СҰЙЫҚТЫҚТЫҢ ТУРБУЛЕНТТІК АҒЫНЫ.....64
- Д.М. Зазулин, С.Е. Кемелжанова, Н.Ә. Бейсен, А.Ш. Турсумбеков,  
М.О. Алимқулова**  
НӨЛДІК ДЫБЫСЫ БАР ГОЛОГРАФИЯЛЫҚ ЖҮЙЕНІҢ  
ГЕОМЕТРОТЕРМОДИНАМИКАСЫ.....78
- Е.М. Мырзакулов, А.Б. Алтайбаева, А.С. Бұланбаева**  
СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ЭЛЕКТРОДИНАМИКАМЕН БАЙЛАНЫСҚАН AdS ҚАРА  
ҚҰРДЫМДАРДЫҢ ФАЗАЛЫҚ АУЫСУЛАРЫ МЕН ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ  
СИПАТТАМАЛАРЫ.....89

<b>Ш.А. Мырзакулова, А.А. Жадыранова</b> НЕТЕР СИММЕТРИЯСЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, F(G) ГРАВИТАЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ.....	101
<b>Д.А. Төлеков, Д.М. Жарылғапова, А.М. Мұхамбетжанова, А.А. Алмағамбетова, Ұ.Ә. Әбітаева</b> УЛЬТРА-КҮЛГІНМЕН СӘУЛЕЛЕНГЕН $Li_2SO_4$ -Mn-дегі ЭЛЕКТРОНДЫ- КЕМТІКТІ ҚАРМАУ ОРТАЛЫҚТАРЫ.....	115
<b>С.У. Шарипов, И.Ф. Спивак-Лавров</b> ДЕФЛЕКТОРЛЫҚ ПЛАСТИНАЛАР МЕН ЖЕРГЕ ТҰЙЫҚТАЛҒАН ЭКРАН АРАСЫНДАҒЫ ШЕТТІК ӨРІСТІҢ ЭЛЕКТРОСТАТИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ.....	125
<b>Л.И. Шестакова, А.В. Серебрянский, Р.Р. Спасюк, Ч.Т. Омаров</b> КҮН ЖҮЙЕСІНІҢ ШІКІ АЙМАҒЫНДАҒЫ КОМЕТАЛЫҚ-МЕТЕОРЛЫҚ ШАҢДЫ ІЗДЕУ: ШАҢДЫ КОРОНАДАҒЫ ЖЫЛУ ЭМИССИЯСЫ.....	138
<b>ХИМИЯ</b>	
<b>Р.С. Абжалов, Ш.Т. Кошкарбаева, А.К. Диканбаева, М.С. Сатаев, Б.С. Серикбаева</b> ФОТОХИМИЯЛЫҚ АКТИВТЕНДІРУ АРҚЫЛЫ ПОЛИМЕР БЕТІНЕН КҮМІС НАНОБӨЛШЕКТЕРДІ АЛУДЫ ЗЕРТТЕУ.....	147
<b>К. Арынов, А. Ауешов, Ч. Ескибаева, А. Диканбаева, А. Ибраева</b> ЖІТІҚАРА КЕНОРНЫНЫҢ НЕМАЛИТҚҰРАМДАС ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТІН РЕНТГЕНОФАЗАЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕРМОАНАЛИТИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	160
<b>Г.Ж. Байсалова, Ә.С. Жұмаділ, Б.Б. Торсыкбаева, Д.Т. Садырбеков, К.Т. Умерджанова</b> ELAEAGNUS ANGUSTIFOLIA ЖЕМІСТЕРІНІҢ ХИМИЯЛЫҚ КОМПОНЕНТТЕРІ.....	173
<b>Н.Н. Жаникулов, Д.К. Жургараева, Г. Мұхтарханова, А.С. Байлен, А.К. Свицерский</b> ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ АЛУ ҮШІН АЛТЫН КЕНІН ӨҢДЕУДЕН АЛЫНҒАН ҮЙІНДІ ШАЙМАЛАУ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ШИКІЗАТ РЕТІНДЕ ЖАРАМДЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ.....	184
<b>А.А. Жельдыбаева, А.Ч. Каташева, К.А. Искаков, Д.Е. Нурмуханбетова, А. Азаматқызы</b> КӨКӨНІС ШЫРЫНДАРЫНЫҢ ТАБИҒИ КРИТЕРИЙЛЕРІ МЕН САПАСЫН АНЫҚТАУ.....	196

- А.Б. Исаева, А.А. Шарипова, М.О. Исахов, Г.А. Кадирбекова**  
БИОПОЛИМЕРЛЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН МИКРОКАПСУЛДАНҒАН  
ГУМИН ҚЫШҚЫЛЫНЫҢ ӨСІМДІКТЕРДІҢ ӨСУІН ЫНТАЛАНДЫРУДАҒЫ  
РӨЛІ.....205
- А.Т. Масенова, А.С. Жумақанова, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова,  
А.З. Абильмагжанов**  
АРОМАТТЫ КӨМІРСУТЕКТЕРДІ АЛКИЛДЕУГЕ АРНАЛҒАН ZSM-5, НҮ  
ЖӘНЕ ВЕА СИНТЕТИКАЛЫҚ ЦЕОЛИТТЕРІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН  
ИЕРАРХИЯЛЫҚ ЦЕОЛИТТЕР.....219
- А.К. Нурлыбекова, А.А. Минкаева, Е. Шыбырай, Х.А. Айса, Ж. Жеңіс**  
ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ *ARTEMISIA* ТҮРЛЕРІНІҢ ОРГАНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ  
МИНЕРАЛДЫ ҚҰРАМЫН ГХ-МС АРҚЫЛЫ ЗЕРТТЕУ.....233
- Т.С. Хоснутдинова, А.О. Сәпиева, Н.Г. Гемеджиева, Ж.Ж. Қаржаубекова,  
Н.А. Сұлтанова**  
FERULA FOETIDA (BUNGE) REGEL ТАМЫРЫНАН АНТИОКСИДАНТТЫҚ  
БЕЛСЕНДІЛІГІ БАР БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ КЕШЕНДІ АЛУ.....252

## СОДЕРЖАНИЕ

## ФИЗИКА

- Б.Ж. Абдикаримов, А.Ж. Сейтмуратов, Б.К. Калиев, А.Г. Ганиулла, Т.М. Карабала**  
СВОЙСТВА ВЯЗКОСТИ РАСТВОРА ИЗОМАСЛЯНАЯ КИСЛОТА – ВОДА ВБЛИЗИ КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ РАССЛОЕНИЯ.....5
- Д.Т. Агишев, С.А. Хохлов, А.Т. Агишев, Н.Л. Вайдман, А.Т. Агишев**  
ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОГО И КОНВЕКТИВНОГО ПЕРЕНОСА В ТЕСНЫХ ДВОЙНЫХ СИСТЕМАХ С МАЛЫМ ТЕМПОМ АККРЕЦИИ ВЕЩЕСТВА.....17
- Т.М. Алдабергенова, М.Ф. Верещак, А.С. Диков, С.Б. Кислицин**  
ТОНКАЯ СТРУКТУРА ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ НИТРИДОВ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА (ALTiZrYn<sub>3</sub>)N, ОПРЕДЕЛЕННАЯ КЭМС МЕТОДОМ НА ЯДРАХ ИМПЛАНТИРОВАННОГО ЖЕЛЕЗА-57.....29
- Е. Бондарь, А. Шонгалова, А. Федосимова, С. Ибраимова, А. Кемелбекова**  
ПОВЫШЕНИЕ ПОДВИЖНОСТИ ИОНОВ ГИДРОНИЯ В ПРОТОНООБМЕННЫХ МЕМБРАНАХ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ГРАФЕНА....39
- Н.Н. Жантурина, Г.К. Бекетова, З.К. Аймаганбетова, К.Б. Бижанова, Л.У. Таймуратова**  
СОВРЕМЕННЫЕ ПЕРОВСКИТНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ: ИННОВАЦИИ В МАТЕРИАЛАХ И ТЕХНОЛОГИЯХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ.....50
- У.К. Жапбасбаев, Г.И. Рамазанова, М.А. Пахомов**  
ТУРБУЛЕНТНОЕ ТЕЧЕНИЕ ВЯЗКОПЛАСТИЧНОЙ ЖИДКОСТИ В ТРУБЕ С РЕЗКИМ РАСШИРЕНИЕМ.....64
- Д.М. Зазулин, С.Е. Кемелжанова, Н.А. Бейсен, А.Ш. Турсумбеков, М.О. Алимкулова**  
ГЕОМЕТРОТЕРМОДИНАМИКА ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С НУЛЕВЫМ ЗВУКОМ.....78
- Е.М. Мырзакулов, А.Б. Алтайбаева, А.С. Буланбаева**  
ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ AdS ЧЕРНЫХ ДЫР СВЯЗАННЫХ С НЕЛИНЕЙНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКОЙ....89

**Ш.А. Мырзакулова, А.А. Жадыранова**  
ИССЛЕДОВАНИЕ  $F(G)$  ГРАВИТАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИММЕТРИИ  
НЁТЕР.....101

**Д.А. Толеков, Д.М. Жарылгапова, А.М. Мухамбетжанова,  
А.А. Алмагамбетова, У.А. Абитаева**  
ЭЛЕКТРОННО-ДЫРОЧНЫЕ ЦЕНТРЫ ЗАХВАТА В ОБЛУЧЕННОМ  
УЛЬТРА-ФИОЛЕТОМ-КРИСТАЛАХ  $Li_2SO_4$ -Mn.....115

**С.У. Шарипов, И.Ф. Спивак-Лавров**  
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРАЕВОГО ПОЛЯ МЕЖДУ  
ДЕФЛЕКТОРНЫМИ ПЛАСТИНАМИ И ЗАЗЕМЛЕННЫМ ЭКРАНОМ.....125

**Л.И. Шестакова, А.В. Серебрянский, Р.Р. Спасюк, Ч.Т. Омаров**  
ПОИСК ПЫЛИ КОМЕТНО-МЕТЕОРНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ВО  
ВНУТРЕННЕЙ ОБЛАСТИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ: ТЕПЛОВАЯ  
ЭМИССИЯ В ПЫЛЕВОЙ КОРОНЕ.....138

#### **ХИМИЯ**

**Р.С. Абжалов, Ш.Т. Кошкарбаева, А.К. Диканбаева, М.С. Сатаев,  
Б.С. Серикбаева**  
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА НА  
ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИМЕРА С ПОМОЩЬЮ ФОТОХИМИЧЕСКОЙ  
АКТИВАЦИИ.....147

**К.Т. Арынов, А.П. Ауешов, Ч.З. Ескибаева, А.К. Диканбаева, А.М. Ибраева**  
РЕНТГЕНОФАЗОВОЕ И ТЕРМОАНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
НЕМАЛИТА ЖИТИКАРИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
(КАЗАХСТАН).....160

**Г.Ж. Байсалова, А.С.Жумадил, Б.Б. Торсыкбаева, Д.Т. Садырбеков,  
К.Т. Умерджанова**  
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ *ELAEAGNUS ANGUSTIFOLIA*.....173

**Н.Н. Жаникулов, Д.К. Жургараева, Г. Мухтарханова, А.С. Байлен,  
А.К. Свидерский**  
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИГОДНОСТИ ОТХОДОВ КУЧНОГО  
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД В  
КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА.....184

<b>А.А. Жельдыбаева, А.Ч. Каташева, К.А. Искаков, Д.Е. Нурмуханбетова, А. Азаматкызы</b> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ КРИТЕРИЕВ И КАЧЕСТВА ОВОЦНЫХ СОКОВ.....	196
<b>А.Б. Исаева, А.А. Шарипова, М.О. Исахов, Г.А. Кадирбекова</b> РОЛЬ МИКРОКАПСУЛИРОВАННОЙ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ОСНОВЕ БИОПОЛИМЕРОВ В СТИМУЛЯЦИИ РОСТА РАСТЕНИЙ.....	205
<b>А.Т. Масенова, А.С. Жумаканова, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова, А.З. Абильмагжанов</b> ИЕРАРХИЧЕСКИЕ ЦЕОЛИТЫ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТОВ ZSM-5, HY И BEA ДЛЯ АЛКИЛИРОВАНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ.....	219
<b>А.К. Нурлыбекова, А.А. Минкаева, Е. Шыбырай, Х.А. Айса, Ж. Женис</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ ВИДОВ <i>ARTEMISIA</i> ИЗ КАЗАХСТАНА МЕТОДОМ ГХ-МС.....	233
<b>Т.С. Хоснутдинова, А.О. Сапиева, Н.Г. Гемеджиева, Ж.Ж. Каржаубекова, Н.А. Султанова</b> ПОЛУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО КОМПЛЕКСА ИЗ КОРНЕЙ <i>FERULA FOETIDA</i> (BUNGE) REGEL, ОБЛАДАЮЩЕГО АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТЬЮ.....	252

## **Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

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

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

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

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

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

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

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

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

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

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

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

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

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 31.03.2025.

Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.

18,0 п.л. Заказ 1.