

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

2022 • 4

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

# БАЯНДАМАЛАРЫ

---

ДОКЛАДЫ  
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

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

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

**БАС РЕДАКТОР:**

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

**РЕДАКЦИЈАЛЫҚ АЛҚА:**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № KZ93VPY00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

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

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

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

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

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2022

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:**

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»**

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

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы). Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № **KZ93VPY00025418**, выданное 29.07.2020 г.

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

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

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

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

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2022

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

## EDITOR IN CHIEF:

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

## EDITORIAL BOARD:

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

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

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

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

**ABIYEV Rufat**, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia), H = 14

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty). The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. **KZ93VPY00025418**, issued 29.07.2020.

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

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

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

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

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2022

Address of printing house: ST «Aruna», 75, Muratbayev str., Almaty.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483.178>  
Volume 4, 153-163

UDC 544.2:678.026.345  
HTAMP 31.15

**M.K. Skakov, N. Kantay, M. Nurizinova, B. Tuyakbayev, M. Bayandinova\***

S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.  
E-mail: shohmanova\_m@mail.ru

**INFLUENCE OF SILICON OXIDE AND DIABASE POWDERS ON THE DEGREE OF CRYSTALLIZATION AND CHEMICAL STRUCTURE OF A POLYMER (UHMWPE) COATING PRODUCED BY THE METHOD OF GAS THERMAL SPRAYING**

**Abstract.** The polymer coating layer was obtained by adding SiO<sub>2</sub> powder and diabase to the composition of ultra-high molecular weight polyethylene and spraying it with a gas flame. The effect of mineral additives on the chemical composition and phase transition of the obtained coatings was explained by the methods of X-ray phase and infrared spectral analysis. X-ray phase analysis showed that the polymer consists of an orthorhombic network, peaks (110) and (200), characteristic of the polymer, appear, the intensity of the line (110) of the phase in the initial pure state of the polymer coating reached 14000; decreased to 2500, with an increase in the amount of continuous SiO<sub>2</sub> to 40%, it can be seen that the intensity of the polymer lines decreased to 2000, on the contrary, the intensity of the lines of the hexagonal lattice (101) SiO<sub>2</sub> increased from 500 to influence on the intensity of polymer lines. In general, analyzing the lines of the diffraction pattern, it can be seen that the polymer melts up to 200 °C, and given the fact that SiO<sub>2</sub>, as an individual mineral substance, melts at a very high temperature, it was proved by analyzing the literature and experiments confirming the absence of phase exchange between the polymer and the mineral powder consisting of SiO<sub>2</sub>. It has been established that spraying with the addition of 10-40% silicon oxide to the polymer composition, the absence of mutual phase exchange between the polymer and the mixture added to it does not significantly affect the crystalline structure of the coating and the degree of crystallization, the degree of crystallization is (64 ± 3)%. The results of the study of the infrared spectrum showed that the chemical structure of the polymer coating with the addition of SiO<sub>2</sub> in an amount of 10-40% does not change, compared to the original polymer (UHMWPE). This showed that the SiO<sub>2</sub> did not adversely affect the chemical structure of the polymer and that the polymer did not degrade, when it sprayed with a gas flame.

**Key words:** Ultra High Molecular Weight Polyethylene (UHMWPE), gas spraying, phase, crystallinity, SiO<sub>2</sub> powder.

**М. Скаков, Н. Кантай, М. Нуризинова, Б. Туякбаев, М. Баяндинова\***

«Сарсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті»,

Өскемен, Қазақстан.

E-mail: shohmanova\_m@mail.ru

### **КРЕМНИЙ ОКСИДІ МЕН ДИАБАЗ ҰНТАҒЫНЫҢ ГАЗОТЕРМИЯЛЫҚ ТОЗАҢДАУ ӘДІСІМЕН АЛЫНҒАН ПОЛИМЕР (АЖМПЭ) ЖАБЫННЫҢ КРИСТАЛДАНУ ДӘРЕЖЕСІНЕ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМЫНА ӘСЕРІ**

**Аннотация.** Ультра жоғары молекулалық салмақты полиэтилен құрамына SiO<sub>2</sub> ұнтағы және диабазды қосып, оны газжалынды тозаңдау арқылы полимерлі жабын қабаты алынды. Алынған жабындардың химиялық құрамымен фазалық өзгерісіне минералды қоспалардың әсері рентген-фазалық және инфрақызыл спектрлік талдау арқылы түсіндірілді. Рентген-фазалық талдау полимердің орторомбылы тордан тұратындығын көрсетті, полимерге тән (110) және (200) шыңдары пайда болды, полимердің бастапқы таза жабын күйіндегі фазаның (110) сызығының интенсивтілігінің 14000-ға дейін жеткендігін, құрамына 10-20%-ға дейін SiO<sub>2</sub> қосқанда интенсивтілігі 2500-ға дейін азайды, жалғасты SiO<sub>2</sub>-дің мөлшерін 40%-ға дейін арттырғанда полимердің сызықтарының интенсивтілігі 2000-ға дейін төмендегенін, керісінше SiO<sub>2</sub>-дің гексагоналды торының (101) сызықтарының интенсивтілігі 500 ден 2000 ға дейін өскендігін көруге болады. Дифрактограмма сызықтарына қарай отырып кремний оксидінің интенсивтілігінің мөлшерінің артуы полимердің сызықтарының интенсивтілігіне айтарлықтай әсер ететіні анықталды. Жалпы бұл дифрактограмма сызықтарына талдау жасап қарай отырып, полимердің 200 °С-қа дейін еріп балқып кететіндігін көруге болады, ал SiO<sub>2</sub> жеке минерал зат ретінде өте жоғары температурада балқытындығын ескеріп салыстырып, полимермен SiO<sub>2</sub> оксидінен тұратын минерал ұнтақ арасында фазалық алмасу жүрмейтіндігіне әдебиеттік талдаулармен эксперименттер арқылы дәлелдедік. Полимердің құрамына 10-40%-ға дейін қосымша кремний оксидін қосып тозаңдау, полимермен оған қосқан қоспа арасында өзара фазалық алмасу жүрмейтіндігі, жабынның кристалдық құрылымына және кристалдану дәрежесіне айтарлықтай әсер етпейтіні яғни кристалдану дәрежесі (64±3) % мөлшерінде екені анықталды. Инфрақызыл спектрлі зерттеу нәтижелері 10-40% мөлшерінде SiO<sub>2</sub> қосылған полимер жабынының химиялық құрылымын бастапқы полимермен (СВМПЭ) салыстырғанда өзгермейтіні анықталды. Бұл

SiO<sub>2</sub> оксидінің полимердің химиялық құрылымына кері әсер етпейтінін және полимер газжалынмен тозаңдау кезінде бұзылуға ұшырамайтынын көрсетті.

**Түйін сөздер:** өте жоғары молекулалық полиэтилен (УНМWPE), газотермиялық тозаңдау, фаза, кристалдылық, SiO<sub>2</sub> ұнтағы.

**М. Скаков, Н. Кантай, М. Нуризинова, Б. Туякбаев, М. Баяндинова\***

«Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова», Усть-Каменогорск, Казахстан.

E-mail: shohmanova\_m@mail.ru

### **ВЛИЯНИЕ ОКСИДА КРЕМНИЯ И ПОРОШКА ДИАБАЗА НА СТЕПЕНЬ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ХИМИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ ПОКРЫТИЯ ПОЛИМЕРОМ (СВМПЭ), ПОЛУЧЕННЫМ МЕТОДОМ ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ**

**Аннотация.** В состав сверхвысокомолекулярного полиэтилена был добавлен порошок SiO<sub>2</sub> и диабаз, а также получен слой полимерного покрытия путем его газопылевого напыления. Влияние минеральных примесей на фазовое изменение химического состава полученных покрытий объяснялось рентгенофазным и инфракрасным спектральным анализом. Рентген-фазовый анализ показал, что полимер состоит из орторомбической решетки, образовались пики (110) и (200), что интенсивность линии фазы (110) в исходном состоянии чистого покрытия полимера достигла 14000, с добавлением SiO<sub>2</sub> до 10-20% к составу интенсивность уменьшилась до 2500, продолжались. При увеличении до 40% можно увидеть, что интенсивность линий полимера снизилась до 2000, а интенсивность линий гексагональной решетки (101) SiO<sub>2</sub>, наоборот, увеличилась с 500 до 2000.

Установлено, что увеличение величины интенсивности оксида кремния в зависимости от линий дифрактограммы существенно влияет на интенсивность линий полимера. В целом, проанализировав эти дифрактограммные линии, можно увидеть, что полимер плавится до 200 °С, а SiO<sub>2</sub> как отдельное минеральное вещество, плавится при очень высоких температурах, сравнили с полимером на предмет того, что фазовый обмен между порошком минерала, состоящего из оксида SiO<sub>2</sub>, не происходит. Установлено, что в состав полимера включено до 10-40% дополнительного оксида кремния, взаимный фазовый обмен между добавкой к нему с полимером не происходит, что существенно не влияет на кристаллическую структуру покрытия и степень кристаллизации, т.е. степень кристаллизации (64±3)%. Результаты исследований инфракрасного спектра показали, что химическая структура полимерного покрытия с добавлением SiO<sub>2</sub> в количестве 10-40% не изменяется

по сравнению с исходным полимером (СВМПЭ). Это показало, что оксид  $\text{SiO}_2$  не оказывает негативного влияния на химическую структуру полимера и не подвержен разрушению при распылении полимера газовым баллоном.

**Ключевые слова:** сверхвысокомолекулярный полиэтилен (СВМПЭ), газовое напыление, фаза, кристалличность, порошок  $\text{SiO}_2$ .

**Introduction.** Ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE) is a polyethylene resin (gum) with a high degree of polymerization. Its molecular weight is (from 3 to  $8 \cdot 10^6$  g/mol), about ten times more than high molecular weight polyethylene (HDPE) resins (Maksimkin et al., 2013). UHMWPE polymer materials have the highest wear resistance and impact resistance. Along with these characteristics, UHMWPE polymer has a low coefficient of friction. In addition, UHMWPE has weak water absorption, good chemical and corrosion resistance, biocompatibility and stability in the body. Its average crystallinity is about 45% (Zhang et al., 2015).

In recent years, high energy ball mills include re-mixing, crushing and recombination of powder particles (Forster et al., 2019; Tai et al., 2012). This mechanical method is widely used for metallic systems, but recently Smith et al. (Pelto et al., 2019; Khasraghi et al., 2015).

have been extensively studied using polymer blends because the combination of shearing, stretching, tearing and cold bonding (welding) of the polymer powder results in chain breakage or hydrogen evolution, which can lead to the formation of free radicals. This ensures the mixing of immiscible polymers. Castricum et al. (Lucas et al., 2011). observed in their work possible physical, chemical changes in polyethylene glycol after mechanical grinding and indicated that with increasing grinding time, the proportion of the monoclinic crystalline phase also increases. In general, two main types of polyethylene lattice are shown: orthorhombic and monoclinic. The orthorhombic lattice is the most common. This is a cube, each of its axes has a different length and the angles formed by adjacent faces are  $90^\circ$  (An, Y., Bao et al., 2013). The monoclinic lattice is a metastable phase formed from orthorhombic lattices under conditions of tension and deformation. It may be present in small amounts in commercial samples, from 5 to 10% (Zhao et al., 2017). Increasing the temperature by  $60\text{--}70^\circ\text{C}$  transforms the polymer back into the orthorhombic form (An, Y., Bao et al., 2013). Kiho et al. (Doucet et al., 2013), after Seto et al. (Zhang et al., 2019). studied the phase transformation of polyethylene. They suggested that phase transformation is one of the most important types of deformation and that under certain conditions it takes precedence over other plastic deformation processes. It is also assumed that the monoclinic phase is formed from the orthorhombic phase, in which a reversible process occurs without diffusion. The most noticeable diffraction of the orthorhombic phase is approximately  $21.5^\circ$ , which corresponds to the (110) plane and interplanar distance ( $d=4.13 \text{ \AA}$ ), and  $23.9^\circ$ , which corresponds to the (200) plane and interplanar distance ( $d=3, 72$ ) (Khalil et al., 2016). (Melina et al., 2016; Khalil et al., 2019; Melina et al., 2010).



In the course of the study, X-ray phase analysis of the UHMWPE polymer in the initial powder state and after mechanical activation using a ball mill showed that in the powder state it has an orthorhombic network consisting of (110) and (200) vertices, and a small number of monoclinic network lines appeared after mechanical activation. According to the results of research by scientists, it can be seen that there is little information on the effect of mineral additives introduced into the UHMWPE polymer on the structural-phase change and the degree of crystallization of the resulting coatings, as well as on the effect of additives on the formation of the amorphous and crystalline structure of the polymer after thermal spraying, which requires further research. Therefore, the purpose of this work was to study the effect of silicon oxide and diabase powders on the degree of crystallization of a polymer (UHMWPE) coating obtained by thermal spraying using X-ray phase and infrared spectral analysis.

**Materials and methods.** For spraying UHMWPE polymer powder, a gas-thermal spraying method was used. The size of the UHMWPE polymer powder was 160-180  $\mu\text{m}$ . The average grain size of  $\text{SiO}_2$  is 40-60 microns, diabase is used as additional mineral additives (chemical composition: 49%  $\text{SiO}_2$ ; 15,7%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; 9,3%  $\text{CaO}$ ; 7,7%  $\text{FeO}$ ; 5,9%  $\text{MgO}$ ; 4%  $\text{FeO}_3$ ; 2,8%  $\text{Na}_2\text{O}$ ; 1,5%  $\text{TiO}_2$ ; 0,3%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; 0,3%  $\text{MnO}$ ; 0,9%  $\text{K}_2\text{O}$ ). The average granule size was 20-40  $\mu\text{m}$ . Steel 3 was chosen as the material of the bed. The chemical composition of the steel corresponds to STST 380-2005 (<https://otlivka.info/articles/stal-st3-po-gost-380-2005/>).

The size of the matte material is 70x70x2 mm, the roughness of the initial surface is 0.12 microns. The surface of the mat was sandblasted and chemically cleaned for 5-7 minutes. To increase the average roughness of the dried mat to 4.2  $\mu\text{m}$ , sand with a grain size of approximately 60-80  $\mu\text{m}$  was used.

X-ray phase analysis of the polymer was performed on an Xpert PRO PANalytical (Philips Corporation, Amsterdam, The Netherlands). During the study, a voltage of 40 kV and a current of 30 mA were applied to the anode copper tube, as well as Cu-K $\alpha$  ( $\lambda = 1.541 \text{ \AA}$ ) radiation in the range from 15 to 35 degrees, the shooting step was 0.02, and the counting time was 0.5 s/step. The phase analysis of the obtained lines of the diffraction pattern was carried out using additional programs HighScore Plus and Mach 3.

The powder method is most suitable for polymers. To obtain an X-ray pattern, a monochromatic beam of R-rays is directed to a polycrystalline sample (powder). When the beam meets the crystal, the orientation of which with respect to the incident radiation satisfies the Wulf-Bragg law, diffraction occurs from each system of equally oriented planes. The X-ray pattern is obtained in the form of concentric circles (rings) fixed by a photographic film located perpendicular to the incident beam behind the sample. X-ray diffraction analysis gives an idea of the structure of a polymer material and its change under the influence of various factors associated with processing conditions: temperature, load, orientation, etc. Control of the polymer structure in the technology of its production makes it possible to choose the optimal conditions for the synthesis of polymers with desired properties. In the

course of exposure to the polymer, one can immediately obtain information about phase transitions and conformations of macromolecules.

Diffraction of R-beams at small angles makes it possible to judge the structural ordering in the arrangement of macromolecules and their parts in the region of short-range and long-range order, the density of amorphous interlayers and the imperfection of crystalline structures.

The degree of crystallinity (DC) characterizes the proportion of completely densely ordered molecules in relation to disordered molecules, i.e. the ratio of the crystalline and amorphous phases in the polymer (relative degree of crystallinity), %, is calculated by the formula (Igolinskaya et al., 2008).

$$DC = \frac{S_c}{S_{am}} \cdot 100 \quad (1)$$

$S_c$  - crystal area (above halo);  $S_{am}$  - area of the amorphous part (under the halo). The total degree of crystallinity of the polymer, %, is calculated by the formula.

$$DC = \frac{S_c}{S_c + S_{am}} \cdot 100 = \frac{S_c}{S_c + S_{am}} \cdot 100 \quad (2)$$

The chemical composition and structure of polymers were studied using an infrared Fourier spectrometer (FTIR-801 Simex Russia) with a wavelength of 450-4700  $\text{cm}^{-1}$ , a resolution of 1  $\text{cm}^{-1}$ , at  $t=25 \pm 1^\circ\text{C}$ .

**Results and discussion.** (Jing Hana, et al., 2013) in a research work, UHMWPE polymer was sprayed with the addition of graphene nanoparticles up to 0.15-1%, a comparative X-ray phase analysis of the obtained sample showed that flame spraying did not cause a significant change in the chemical composition of UHMWPE polymer, however, with the initial raw material powders, the amount of the added mixture increased, it is noted that the relative intensity of the peaks relative to the (110) and (200) planes in the coatings is significantly reduced, while the addition of graphene nanoparticles to the UHMWPE polymer caused a slight change in the degree of crystallization. (Wang et al., (2021) conducted a comparative X-ray phase analysis of the coating obtained by adding 0-2% graphite oxide to the UHMWPE polymer and noted that the (110) and (200) peaks of the UHMWPE polymer decreased in intensity with an increase in the amount of graphite oxide. (Tao et al., 2021) In a research work, high-density polyethylene (HDPE) was added to UHMWPE polymer by changing its density, and a comparative X-ray phase analysis of the obtained sample showed that (110) and (200) lines (peaks) of UHMWPE polymer lattice, it is said that this improves the mechanical and strength properties. In (Feng, et al., 2021) X-ray phase analysis of Cu oxides obtained by electrodeless deposition on the surface of UHMWPE polymer showed that lines (110) and (200) (peaks) of UHMWPE polymer appear, and copper oxide  $\text{CuO}$  (11-3) and  $\text{Cu}_2\text{O}$  (111), (200) showed the appearance of lines. X-ray phase analysis

of coatings obtained after thermal spraying with the addition of 10 to 40% SiO<sub>2</sub> powder to polymer powder, based on literature reviews, is shown in Fig. 1. below. X-ray phase analysis showed that the polymer consists of an orthorhombic network, peaks (110) and (200) characteristic of the polymer appear, the intensity of the line (110) of the phase in the state of pure polymer coating reaches 14000, and when 5-15% SiO<sub>2</sub> is added to the composition, the intensity decreases to 2500, with an increase in the amount of continuous SiO<sub>2</sub> to 40%, it can be seen that the intensity of the polymer lines decreased to 2000, on the contrary, the intensity of the lines of the hexagonal lattice (101) SiO<sub>2</sub> increased from 500 to 2000 (Fig. 1). It can be seen from this diffraction pattern that an increase in the amount of silicon oxide has a significant effect on the intensity of polymer lines. But taking into account the fact that the polymer melts up to 200°C from this diffraction pattern, while SiO<sub>2</sub> melts at very high temperatures, it has verified experimentally and literature analyzes that there is no phase exchange between the polymer and SiO<sub>2</sub>.

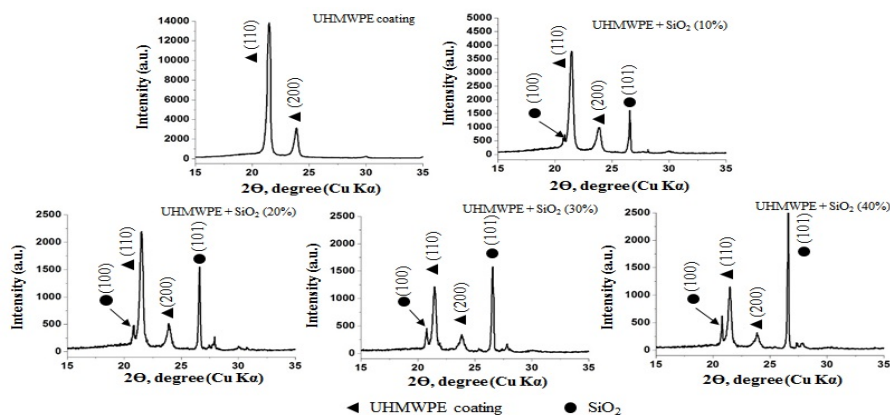


Figure 1. X-ray diffraction pattern of the polymer in the initial state of the coating and after thermal spraying with the addition of SiO<sub>2</sub>

Table 1 shows the curve of the degree of crystallization after spraying of the initial pure polymer coating with the addition of from 10 to 40% SiO<sub>2</sub> to it. It can be seen from the figure that the addition of one more additive to the polymer composition does not significantly affect the degree of its crystallization, also it can be seen that the degree of crystallization of the coatings is (64 ± 3)% on average, and it is possible to change its physical and mechanical properties by adding other minerals to the polymer.

Table 1. Degree of crystallization after dusting with addition of SiO<sub>2</sub> mineral admixture to the polymer composition

Sample name	Initial pure polymer coating	UHMWPE + SiO <sub>2</sub> (10%)	UHMWPE + SiO <sub>2</sub> (20%)	UHMWPE + SiO <sub>2</sub> (30%)	UHMWPE + SiO <sub>2</sub> (40%)
Degree of crystallinity (%)	67±6	60±2	60±3	67±5	64±4

Sample name	Initial pure polymer coating	UHMWPE + SiO <sub>2</sub> (10%)	UHMWPE + SiO <sub>2</sub> (20%)	UHMWPE + SiO <sub>2</sub> (30%)	UHMWPE+ SiO <sub>2</sub> (40%)
Degree of crystallinity (%)	67±6	60±2	60±3	67±5	64±4

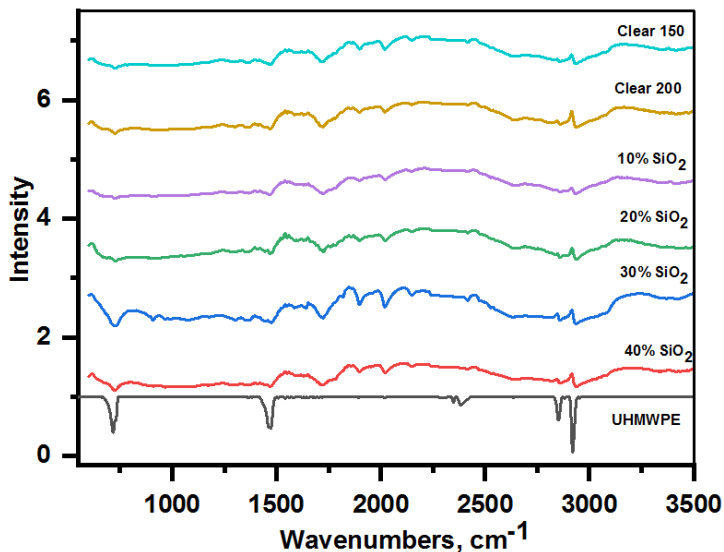


Figure 2. IR spectral analysis of UHMWPE/SiO<sub>2</sub>

The IR characteristics of the powder (UHMWPE) and coating (UHMWPE+SiO<sub>2</sub>) samples provide additional information on the effect of additives. As shown in fig. 2, all samples show absorption peaks associated with C–H at 2932, 2856, 1476, and 728 cm<sup>-1</sup>, corresponding to antisymmetric methylene stretching, symmetric methylene stretching, methylene vibration, and angle-changing methylene vibration, respectively. (Samad, M.A. et al., 2021) Minor absorption peaks at 3340 cm<sup>-1</sup> may be due to the hydroxyl group (-OH) or water absorbed by the samples. The band marked at ~1472 cm<sup>-1</sup> is the absorption peak of C–C bonds, which characterizes the structure of UHMWPE. Absorption peaks in the range 1750-1600 cm<sup>-1</sup> may indicate stretching vibrations of C=O groups (Fejdyš et al., 2016). This may be due to the reaction of a small amount of polymer (UHMWPE) with atmospheric oxygen during sample preparation. It is noted that in the IR spectra there are no significant changes or shifts of the main peaks for the initial powders and coatings after spraying, which indicates that, despite the observed changes in their properties, UHMWPE does not undergo significant thermal degradation during the formation of the coating.

**Conclusion.** It has been established that after spraying by adding 10-40% SiO<sub>2</sub> to the UHMWPE polymer, there is no mutual phase exchange between the polymer and the mixture added to it.

It has been established that spraying due to the injection of an additional additive into the polymer composition does not have a significant effect on the crystal structure of the coating and the degree of crystallization, the degree of crystallization is  $(64 \pm 3)\%$ .

The results of the study of the infrared spectrum showed that the chemical structure of the polymer (UHMWPE) coating with 10-40% SiO<sub>2</sub> does not change in comparison to the original polymer (UHMWPE). This showed that SiO<sub>2</sub> does not adversely affect the chemical structure of the polymer and that the polymer does not degrade during flame spraying.

***Acknowledgements.** This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan under the theme "Development and implementation of a highly efficient technology for applying an anti-corrosion protective coating based on ultra-high molecular weight polyethylene" (2021-2023) (Grant number: AP09259925).*

#### **Information about authors:**

**Skakov Mazhyn** – Doctor of physics-mathematical sciences, Professor, Higher School of IT and Natural Science, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; skakovmk@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3716-8846>;

**Kantay Nurgamit** – Junior Researcher at the National Scientific Collective Use Laboratory, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; nurgan85@gmail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5557-0081>;

**Nurizinova Makpal** – PhD student, Higher School of IT and Natural Science, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; makpal.nurizinova@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8319-4928>;

**Tuyakbayev Bauyrzhan** – Master of physics, Head of the laboratory of scientific production and technology, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; tu\_baur1980@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2685-7961>;

**Bayandinova Moldir** – PhD student, Higher School of IT and Natural Science, Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan; shohmanova\_m@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6699-9097>.

#### **REFERENCES:**

Maksimkin A.V., Kaloshkin S.D., Tcherdyntsev V.V., Chukov D.I. & Shchetinin I.V. (2013). Effect of high-energy ball milling on the structure and mechanical properties of ultra-high molecular weight polyethylene. *Journal of Applied Polymer Science*, 130(4), 2971–2977. <https://doi.org/10.1002/app.39457> (in Eng.).

Zhang Y.L., Zhang X.G. & Matsoukas G. (2015). Numerical study of surface texturing for improving tribological properties of ultra-high molecular weight polyethylene. *Biosurface and Biotribology*, 1(4), 270–277. <https://doi.org/10.1016/j.bsbt.2015.11.003> (in Eng.).

Forster A.L., Tsinas Z. & Al-Sheikhly M. (2019). Effect of irradiation and detection of long-lived polyenyl radicals in highly crystalline ultra-high molar mass polyethylene (UHMWPE) fibers. *Polymers*, 11(5). <https://doi.org/10.3390/polym11050924> (in Eng.).

Tai Z., Chen Y., An Y., Yan X. & Xue Q. (2012). Tribological behavior of UHMWPE reinforced with graphene oxide nanosheets. *Tribology Letters*, 46(1), 55–63. <https://doi.org/10.1007/s11249-012-9919-6> (in Eng.).

Pelto J., Verho T., Ronkainen H., Kaunisto K., Metsäjoki J., Seitsonen J. & Karttunen M. (2019). Matrix morphology and the particle dispersion in HDPE nanocomposites with enhanced wear resistance. *Polymer Testing*, 77. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2019.105897> (in Eng.).

Khasraghi S.S. & Rezaei M. (2015). Preparation and characterization of UHMWPE/HDPE/MWCNT melt-blended nanocomposites. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 28(3), 305–326. <https://doi.org/10.1177/0892705713484745> (in Eng.).

Lucas A.D.A., Ambryso J.D., Otaguro H., Costa L.C., Agnelli J.A.M. (2011). Abrasive wear of HDPE/UHMWPE blends. *Wear*, 270, 576–583. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.wear.2011.01.011> (in Eng.).

An Y., Bao R.Y., Liu Z.Y., Wu X.J., Yang W., Xie B.H. & Yang M.B. (2013). Unusual hierarchical structures of mini-injection molded isotactic polypropylene/ultrahigh molecular weight polyethylene blends. *European Polymer Journal*, 49(2), 538–548. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2012.10.020> (in Eng.).

Zhao Y., Zhu Y., Sui G., Chen F. & Fu Q. (2017). Tailoring the crystalline morphology and mechanical property of olefin block copolymer via blending with a small amount of UHMWPE. *Polymer*, 109, 137–145. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2016.12.025> (in Eng.).

N. Doucet, O. Lame, G. Vigier, F. Dore, R. Seguela (2013). Sintering kinetics of UHMWPE nascent powders by high velocity compaction: in  $\beta$  uence of molecular weight, *Eur. Polym. J.* 49 (6) 1654–1661, <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2013.02.028>. (in Eng.).

H. Zhang, S.C. Zhao, X. Yu, Z. Xin, C.L. Ye, Z. Li, J.C. Xia (2019). Nascent particle sizes and degrees of entanglement are responsible for the significant differences in impact strength of ultrahigh molecular weight polyethylene, *J. Polym. Sci., Polym. Phys. Ed.* 57 (10) (2019) 632–641, <https://doi.org/10.1002/polb.24819>. (in Eng.).

Khalil Y., Kowalski A. & Hopkinson N. (2016). Influence of laser power on tensile properties and material characteristics of laser-sintered UHMWPE. *Manufacturing Review*, 3. <https://doi.org/10.1051/mfreview/2016015> (in Eng.).

Melina C. Gabriel, Luciana B. Mendes, Benjamim de M. Carvalho, Luis A. Pinheiro, Jones D.T. Capocchi, Evaldo T. Kubasaki and Osvaldo M. Cintho. High-energy mechanical milling of ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE) // Seventh International Latin American Conference on Powder Technology, Brazil. P. 342-346. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.660-661.325> (in Eng.).

Khalil Y., Hopkinson N., Kowalski A. & Fairclough J.P.A. (2019). Characterisation of UHMWPE polymer powder for laser sintering. *Materials*, 12(21). <https://doi.org/10.3390/ma12213496> (in Eng.).

Melina C. Gabriel, Luciana B. Mendes, Benjamim de M. Carvalho, Luis A. Pinheiro, Jones D.T. Capocchi, Evaldo T. Kubasaki and Osvaldo M. Cintho. High-energy mechanical milling of ultra-high molecular weight polyethylene (UHMWPE) // Seventh International Latin American Conference on Powder Technology, 2010, Brazil. P.342-346. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.660-661.325>.

<https://otlivka.info/articles/stal-st3-po-gost-380-2005/> (in Eng.).

N.M. Igolinskaya, O.V. Kostenko (2008). X-ray structural analysis of polymers // Guidelines for laboratory work on the course "Modern methods of polymer analysis". Kemerovo. p. 28. (in Rus).

Jing Hana, Siyue Ding, Wenge Zheng, Wenya Li and Hua Li. (2013). Microstructure and anti-wear and corrosion performances of novel HMWPE/graphene-nanosheet composite coatings deposited by flame spraying // *Polym. Adv. Technol.* 24 888–894. <https://doi.org/10.1002/pat.3161> (in Eng.).

Wang H., Quan J., Yu J., Zhu J., Wang Y. & Hu Z. (2021). Enhanced wear resistance of ultra-high molecular weight polyethylene fibers by modified-graphite oxide. *Journal of Applied Polymer Science*, 138(29). <https://doi.org/10.1002/app.50696> (in Eng.).

Tao G., Chen Y., Mu J., Zhang L., Ye C., Li W. Exploring the entangled state and molecular weight of UHMWPE on the microstructure and mechanical properties of HDPE/UHMWPE blends. *J. Appl. Polym. Sci.* 2021;138:e50741. <https://doi.org/10.1002/app.50741>. (in Eng.).

Li W., Feng M., Liu X. & Yang J. (2021). Improvement of Copper Oxides-coated Ultra-high Molecular Weight Polyethylene Fibers Reinforced Rigid Polyurethane Composites in Strength and Toughness. *Fibers and Polymers*, 22(7), 1883–1888. <https://doi.org/10.1007/s12221-021-0890-4> (in Eng.).

Samad M.A. (2021, February 2). Recent advances in uhmwpe/uhmwpe nanocomposite/uhmwpe hybrid nanocomposite polymer coatings for tribological applications: A comprehensive review. *Polymers*. MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/polym13040608> (in Eng.).

Fejdyś M., Landwijt M., Kucharska-Jastrzabek A. & Struszczyk M.H. (2016). The effect of processing conditions on the performance of UHMWPE-fibre reinforced polymer matrix composites. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 24(4), 112–120. <https://doi.org/10.5604/12303666.1201140> (in Eng.).

## МАЗМҰНЫ

### БИОТЕХНОЛОГИЯ

- Н.А. Балакирев, М.В. Новиков, Т.В. Реусова, О.А. Стрепетова,  
Е.А. Орлова, Д.А. Баймуканов**  
РЕСЕЙ ФЕДЕРАЦИЯСЫНДАҒЫ БҰЛҒЫН ТЕРІЛЕРІН ДАЙЫНДАУ  
МЕН САТУДЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫНЫҢ МОНИТОРИНГІ.....5
- Ж. Жеңіс, А.А. Құдайберген, А.К. Нурлыбекова, Юнь Цзян Фэн,  
М.А. Дюсебаева**  
LIGULARIA SIBIRICA -НЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ.....18
- І.Ж. Қарабаева, Р.К. Сыдыкбекова, К.Н. Годерич**  
ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТҰЗДЫ ТОПЫРАҒЫНАН ЦЕЛЛЮЛОЗА  
ЫДЫРАТУШЫ БАКТЕРИЯЛАРДЫ БӨЛІП АЛУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ.....29
- С.С. Манукян**  
ЕКІ ЖАҚТЫ ПРЕСТЕУ АРҚЫЛЫ ӨНДІРІЛГЕН ГОЛЛАНДИЯЛЫҚ  
ІРІМШІКТІҢ ПІСУІ КЕЗІНДЕГІ МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ  
ПРОЦЕСТЕРДІҢ БАРЫСЫ.....41
- А.Ә. Төреханов, Б. Садық, Б.Қ. Насырханова, А.Ш. Сарсембаева**  
СУАРМАЛЫ ЖАЙЫЛЫМДАРДЫ ЖАСАУ МЕН ПАЙДАЛАНУДЫҢ  
ЗАМАНАУИ ТӘСІЛДЕРІ.....51

### ФИЗИКА

- Е.Ж. Бегалиев, А.Ж. Сейтмуратов, А.Қ. Қозыбай, Г.Б. Исаева**  
ФИЗИКА КУРСЫНДА ЗАМАНАУИ ЭЛЕКТРОНДЫҚ  
ОҚУ ҚҰРАЛДАРЫН ҚОЛДАНУ.....61
- А. Демесинова, А.Б. Манапбаева, Н.Ш. Алимгазинова, А.Ж. Наурзбаева,  
М.Т. Кызгарина**  
SV CENTAURI ҚОС ЖҰЛДЫЗ ЖҮЙЕСІНІҢ ЭВОЛЮЦИЯЛЫҚ  
МОДЕЛІ.....82
- А.Д. Дүйсенбай, В.С. Василевский, В.О. Курмангалиева, Н. Калжигитов,  
Е.М. Ақжігітова**  
ҮШКЛАСТЕРЛІК МИКРОСКОПИЯЛЫҚ ҮЛГІДЕГІ  ${}^9\text{Be}$   
МЕН  ${}^9\text{B}$  АЙНАЛЫҚ ЯДРОЛАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ.....95



**С.Б. Дубовиченко, Н.А. Буркова, Ч.Т. Омаров, А.С. Ткаченко,  
Д.М. Зазулин, Р.Р. Валиуллин, Р. Кокумбаева, С.З. Нурахметова**  
АСТРОФИЗИКАЛЫҚ ЭНЕРГИЯЛАРДАҒЫ  ${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$  ЖӘНЕ  ${}^2\text{H}(p,\gamma)$   
РЕАКЦИЯ ЖЫЛДАМДЫҒЫНЫҢ ЖАҢА НӘТИЖЕЛЕРІ.....108

**С.Н. Мукашева, О.И. Соколова**  
ЕКІ ОРТА ЕНДІК ОБСЕРВАТОРИЯСЫНЫҢ МӘЛІМЕТТЕРІ БОЙЫНША  
ГЕОМАГНИТТІК АУЫТҚУ ЖӘНЕ ОНЫҢ КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ  
ӨЗГЕРІСТЕРІ.....126

**М.М. Нуризинова, Ш.Ж. Раманкулов, М.К. Скаков**  
ТРИБОЛОГИЯ САЛАСЫНДАҒЫ ФИЗИК СТУДЕНТТЕРДІҢ ЗЕРТТЕУ  
ҚҰЗЫРЕТТІЛІКТЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУДЫҢ  
ОЗЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН БАҒАЛАУ.....136

**М. Скаков, Н. Кантай, М. Нуризинова, Б. Туякбаев, М. Баяндинова**  
КРЕМНИЙ ОКСИДІ МЕН ДИАБАЗ ҰНТАҒЫНЫҢ ГАЗОТЕРМИЯЛЫҚ  
ТОЗАҢДАУ ӘДІСІМЕН АЛЫНҒАН ПОЛИМЕР (АЖМПЭ) ЖАБЫННЫҢ  
КРИСТАЛДАНУ ДӘРЕЖЕСІНЕ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ  
ҚҰРЫЛЫМЫНА ӘСЕРІ.....153

## СОДЕРЖАНИЕ

### БИОТЕХНОЛОГИЯ

- Н.А. Балакирев, М.В. Новиков, Т.В. Реусова, О.А. Стрепетова,  
Е.А. Орлова, Д.А. Баймуканов**  
МОНИТОРИНГ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗАГОТОВКИ  
И РЕАЛИЗАЦИИ ШКУРОК СОБОЛЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....5
- Ж. Женис, А.А. Кудайберген, А.К. Нурлыбекова, Юнь Цзян Фэн,  
М.А. Дюсебаева**  
ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА *LIGULARIA SIBIRICA*....18
- І.Ж. Қарабаева, Р.К. Сыдықбекова, К.Н. Тодерич**  
ИЗУЧЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЛИТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ  
ИЗ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ КАЗАХСТАНА.....29
- С.С. Манукян**  
ТЕЧЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ СОЗРЕВАНИИ  
ГОЛЛАНДСКОГО СЫРА, ВЫРАБОТАННОГО ДВУХСТОРОННИМ  
ПРЕССОВАНИЕМ.....41
- А.А. Тореханов, Б. Садык, Б.К. Насырханова, А.Ш. Сарсембаева**  
СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ОРОШАЕМЫХ ПАСТБИЩ.....51

### ФИЗИКА

- Е.Ж. Бегалиев, А.Ж. Сейтмуратов, А.К. Козыбай, Г.Б. Исаева**  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ В КУРСЕ ФИЗИКИ.....61
- А. Демесинова, А.Б. Манапбаева, Н.Ш. Алимгазинова, А.Ж. Наурзбаева,  
М.Т. Кызгарина**  
МОДЕЛЬ ДВОЙНОЙ ЗВЕЗДНОЙ СИСТЕМЫ SV CENTAURI.....82
- А.Д. Дуйсенбай, В.С. Василевский, В.О. Курмангалиева, Н. Калжигитов,  
Е.М. Акжигитова**  
СТРУКТУРА ЗЕРКАЛЬНЫХ ЯДЕР  ${}^9\text{Be}$  И  ${}^9\text{B}$  В МИКРОСКОПИЧЕСКОЙ  
ТРЕХ-КЛАСТЕРНОЙ МОДЕЛИ.....95

**С.Б. Дубовиченко, Н.А. Буркова, Ч.Т. Омаров, А.С. Ткаченко,  
Д.М. Зазулин<sup>2\*</sup>, Р.Р. Валиуллин<sup>1</sup>, Р. Кокумбаева<sup>1</sup>, С.З. Нурахметова<sup>2</sup>**  
НОВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДЛЯ СКОРОСТЕЙ  ${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$  И  ${}^2\text{H}(p,\gamma){}^3\text{He}$   
РЕАКЦИЙ ПРИ АСТРОФИЗИЧЕСКИХ ЭНЕРГИЯХ.....108

**С.Н. Мукашева , О.И. Соколова**  
ГЕОМАГНИТНОЕ СКЛОНЕНИЕ И ЕГО ПРОСТРАНСТВЕННО-  
ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПО ДАННЫМ ДВУХ СРЕДНЕШИРОТНЫХ  
ОБСЕРВАТОРИЙ.....126

**М.М. Нуризинова, Ш.Ж. Раманкулов, М.К. Скаков**  
ОЦЕНКА ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ФОРМИРОВАНИЯ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ-ФИЗИКОВ  
В ОБЛАСТИ ТРИБОЛОГИИ.....136

**М. Скаков, Н. Кантай, М. Нуризинова, Б. Туякбаев, М. Баяндинова**  
ВЛИЯНИЕ ОКСИДА КРЕМНИЯ И ПОРОШКА ДИАБАЗА НА СТЕПЕНЬ  
КРИСТАЛЛИЗАЦИИ И ХИМИЧЕСКУЮ СТРУКТУРУ ПОКРЫТИЯ  
ПОЛИМЕРОМ (СВМПЭ), ПОЛУЧЕННЫМ МЕТОДОМ  
ГАЗОТЕРМИЧЕСКОГО НАПЫЛЕНИЯ.....153

## CONTENTS

### BIOTECHNOLOGY

- N.A. Balakirev, M.V. Novikov, T.V. Reusova, O.A. Strepetova, E.A. Orlova, D.A. Baimukanov**  
MONITORING CURRENT STATE OF OBTAINING AND SALE OF SABLE SKINS IN RUSSIA.....5
- J. Jenis, A.A. Kudaibergen, A.K. Nurlybekova, Yun Jiang Feng, M.A. Dyusebaeva**  
INVESTIGATION OF CHEMICAL COMPOSITION OF LIGULARIA SIBIRICA.....18
- I. Karabaeva, R. Sydykbekova, K. Toderich**  
RESEARCH OF CELLULOLYTIC BACTERIA ISOLATED FROM SALINE SOILS OF KAZAKHSTAN.....29
- S. Manukyan**  
THE FLOW OF MICROBIOLOGICAL PROCESSES DURING THE MATURATION OF DUTCH CHEESE PRODUCED BY TWO-SIDED PRESSING.....41
- A. Torekhanov, B. Sadyk, B. Masyrkhanova, A. Sarsembaeva**  
MODERN APPROACHES TO THE CREATION AND USE OF IRRIGATED PASTURES.....51

### PHYSICAL SCIENCES

- E.Zh. Begaliev, A.Zh. Seytmuratov, A.K. Kozybai, G.B. Isaeva**  
USE OF MODERN ELECTRONIC EDUCATIONAL TOOLS IN THE PHYSICS COURSE.....61
- A. Demesinova, A.B. Manapbayeva, N.Sh. Alimgazinova, A.Zh. Naurzbayeva, M.T. Kyzgarina**  
EVOLUTIONARY MODEL OF SV CENTAURI DOUBLE STAR SYSTEM.....82
- A.D. Duisenbay, V.S. Vasilevsky, V.O. Kurmangaliyeva, N. Kalzhigitov, E.M. Akzhigitova**  
STRUCTURE OF MIRROR NUCLEI  ${}^9\text{Be}$  AND  ${}^9\text{B}$  IN MICROSCOPIC THREE-CLUSTER MODEL.....95

<b>S.B. Dubovichenko, N.A. Burkova, Ch.T. Omarov, A.S. Tkachenko, D.M. Zazulin, R.R. Valiullin, R. Kokumbaeva, S.Z. Nurakhmetova</b> NEW RESULTS FOR ${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$ AND ${}^2\text{H}(p,\gamma){}^3\text{He}$ REACTION RATES AT ASTROPHYSICAL ENERGIES.....	108
<b>S. Mukasheva, O. Sokolova</b> GEOMAGNETIC DECLINATION AND ITS SPATIO-TIME CHANGES TO THE DATA OF TWO MID-LATITUDE OBSERVATORIES.....	126
<b>M. Nurizinova, Sh. Sherzod Ramankulov, M. Skakov</b> EVALUATION OF ADVANCED TECHNOLOGY FOR THE FORMATION OF RESEARCH COMPETENCE OF PHYSICS STUDENTS IN THE FIELD OF TRIBOLOGY.....	136
<b>M.K. Skakov, N. Kantay, M. Nurizinova, B. Tuyakbayev, M. Bayandinova</b> INFLUENCE OF SILICON OXIDE AND DIABASE POWDERS ON THE DEGREE OF CRYSTALLIZATION AND CHEMICAL STRUCTURE OF A POLYMER (UHMWPE) COATING PRODUCED BY THE METHOD OF GAS THERMAL SPRAYING.....	153

## **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*  
Заместитель директор отдела издания научных журналов НАН РК *Р. Жәліқызы*

Редакторы: *М.С. Ахметова, Д.С. Аленов*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 12.12.2022.

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

10,5 п.л. Тираж 300. Заказ 4.