

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 биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), Н = 34

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

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

**ЛОКШИН Вячеслав 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

**ТИГИННУ 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 Искендерович**, 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/10.32014/2022.2518-1483.167>

Volume 4, 5-17

UDC 339.13:636.93

**Н.А. Балакирев<sup>1</sup>, М.В. Новиков<sup>1</sup>, Т.В. Реусова<sup>1</sup>, О.А. Стрепетова<sup>1</sup>,  
Е.А. Орлова<sup>1</sup>, Д.А. Баймуканов<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Московская государственная академия ветеринарной медицины и биотехнологии – МВА имени К.И. Скрябина, Москва, Россия;

<sup>2</sup>ТОО «Научно-производственный центр животноводства и ветеринарии», Астана, Казахстан.

E-mail: dbaimukanov@mail.ru

## **МОНИТОРИНГ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЗАГОТОВКИ И РЕАЛИЗАЦИИ ШКУРОК СОБОЛЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Аннотация.** На международном меховом рынке шкурки соболя всегда пользовались повышенным спросом, и основная масса шкурок реализуется на международных пушных аукционах, где поставщики из России являются лидерами продаж данного вида пушного сырья. Цель работы заключалась в проведении мониторинга современного состояния численности соболя, заготовки и динамики реализации шкурок соболя клеточного разведения и промыслового в Российской Федерации. Проведен анализ опубликованных сведений из различных открытых источников, для иллюстрации цифрового материала с помощью программы MS Excel построены графики. В статье приведен анализ динамики численности соболя и добычи его шкурок, количества выставленных и проданных шкурок промыслового соболя и клеточного разведения, процента продаж и средней цены шкурок. Показано, что за последние годы количество выставленных на торги шкурок соболя промыслового и клеточного разведения, имеет тенденцию к увеличению. Спрос на шкурки промыслового соболя в настоящее время заметно превышает интерес к шкуркам соболя клеточного разведения. Так, процент реализации шкурок промыслового соболя в период с января 2019 года по май 2021 года превышает аналогичный показатель шкурок соболя клеточного разведения в среднем на 60%, средняя цена за шкурку промыслового соболя превышала на 25-42% за шкурку соболя клеточного разведения, что по мнению

специалистов связано с цветовым однообразием волосяного покрова данного вида. Повышенный интерес к разведению соболя в зарубежных странах, обуславливает конкуренцию в соболеводстве, поэтому необходимо повысить качество шкурок соболей клеточного разведения в Российской Федерации. Получить шкурковую продукцию высокого качества возможно в результате промышленного скрещивания соболя диких популяций с особями клеточного разведения.

**Ключевые слова:** соболь, шкурки, пушнина, аукцион, спрос, соболеводство, разведение, селекция, окраска, качество.

**Н.А. Балакирев<sup>1</sup>, М.В. Новиков<sup>1</sup>, Т.В. Реусова<sup>1</sup>, О.А. Стрепетова<sup>1</sup>,  
Е.А. Орлова<sup>1</sup>, Д.А. Баймуканов<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>К.И. Скрябин атындағы Мәскеу мемлекеттік ветеринария және биотехнология академиясы- МВА, Мәскеу, Ресей;

<sup>2</sup>ЖШС"Мал шаруашылығы және ветеринария ғылыми-өндірістік орталығы", Астана, Қазақстан.

E-mail: dbaimukanov@mail.ru

## **РЕСЕЙ ФЕДЕРАЦИЯСЫНДАҒЫ БҰЛҒЫН ТЕРІЛЕРІН ДАЙЫНДАУ МЕН САТУДЫҢ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙЫНЫҢ МОНИТОРИНГІ**

**Аннотация.** Халықаралық аң терісі нарығында бұлғын терілері әрдайым жоғары сұранысқа ие, ал терінің негізгі бөлігі халықаралық жүн аукциондарында сатылады, онда Ресейден жеткізушілер аң терісінің осы түрін сатуда көшбасшы деуге болады. Жұмыстың мақсаты Ресей Федерациясында бұлғын санының қазіргі жағдайын, бұлғын терілерін дайындау мен сату динамикасына мониторинг жүргізу болды. Мақалада түрлі ашық көздерде жарияланған мәліметтерге талдау жүргізілді, MS Excel бағдарламасының көмегімен сандық материалды иллюстрациялау үшін графиктер салынды. Бұлғын санының және оның терісін өндірудің динамикасына талдау жасалған, көрмеге қойылған және сатылған өндірістік бұлғын және торлы өсіру терілерінің саны, сату пайызы және терілердің орташа бағасы қарастырылды. Соңғы жылдары сауда-саттыққа шығарылған коммерциялық және торда өсіретін бұлғын терілерінің саны артып келе жатқандығы көрсетілген. Қазіргі уақытта өндірістік бұлғын терісіне сұраныс торда өсірілген бұлғын терісіне деген қызығушылықтан едәуір асып түседі. Мәселен, 2019 жылғы қаңтар мен 2021 жылғы мамыр аралығында кәсіптік бұлғын терілерін сату пайызы торда өсірілетін бұлғын терілерінің ұқсас көрсеткішінен орта есеппен 60%-дан асады, өндірістік бұлғын терісінің орташа бағасы торда өсірілетін бұлғын терісінен 25-42%-ға жоғары, бұл мамандардың пікірінше

осы түрдің түк жамылғысының түс біркелкілігімен байланысты. Шетелдерде бұлғын өсіруге деген қызығушылықтың артуы бұлғын шаруашылығында бәсекелестікті тудырды, сондықтан Ресей Федерациясында торда өсіретін бұлғын терісінің сапасын арттыру қажет. Жоғары сапалы тері өнімдерін алу жабайы популяциялардың бұлғындарын торда өсірілгенмен шағылыстыру нәтижесінде болуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** бұлғын, терілер, аң терісі, аукцион, сұраныс, бұлғын шаруашылығы, асылдандыру, селекция, бояу, сапа.

**N.A. Balakirev<sup>1</sup>, M.V. Novikov<sup>1</sup>, T.V. Reusova<sup>1</sup>, O.A. Strepetova<sup>1</sup>,  
E.A. Orlova<sup>1</sup>, D.A. Baimukanov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology –  
MVA named after K.I. Scriabin», Moscow, Russia;

<sup>2</sup>LLP «Scientific and Production Center for Animal Husbandry and Veterinary  
Medicine», Astana, Kazakhstan.  
E-mail: dbaimukanov@mail.ru

#### **MONITORING CURRENT STATE OF OBTAINING AND SALE OF SABLE SKINS IN RUSSIA**

**Abstract.** Sable skins have always been in high demand on the international fur market, and the bulk of the skins are sold at international fur auctions, where suppliers from Russia are the leaders in sales of this type of fur raw material. The aim of the work was to monitor the current state of sable population, stocking and dynamics of sales of caged and harvested sable furs in the Russian Federation. The analysis of published information from various open sources was carried out, graphs were plotted to illustrate the digital material with the help of MS Excel program. The article analyzes the dynamics of sable population and production of its pelts, the number of exposed and sold pelts of commercial sable and caged breeding, percentage of sales and average price of pelts. It is shown that in recent years, the number of marketed pelts of trade-traded and cell-bred sable skins has tended to increase. Demand for trade sable pelts is currently markedly higher than interest in cell-bred sable pelts. Thus, the percentage of sales of commercial sable pelts during the period from January 2019 to May 2021, exceeds the similar indicator of cage-bred sable pelts by 60% on average, the average price for the pelts of commercial sable exceeded by 25-42% for the pelts of cage-bred sable, which according to experts is associated with color uniformity of hair cover of this species. Increased interest in sable breeding in foreign countries causes competition in sable breeding, therefore it is necessary to improve the quality of cell-bred sable pelts in the Russian Federation. It is possible to obtain high quality pelts as a result of industrial cross-breeding of wild populations of sable with individuals of cell-breeding.

**Key words:** sable, pelts, fur, auction, demand, sable breeding, breeding, selection, coloring, quality.

**Введение.** На международном меховом рынке шкурки соболя всегда пользовались повышенным спросом. Благодаря высоким эстетическим и функциональным свойствам волосяного покрова, соболя заслуженно считают национальной гордостью России. Своевременно принятые меры по запрету промысла соболя позволили восстановить его численность на территории нашей страны от Уральских гор до Камчатского полуострова и острова Сахалин. Российские ученые первыми научно обосновали и успешно решили задачу – разведения соболя в клеточных условиях. Основную массу шкурок соболя реализуют на международных пушных аукционах, где поставщики из Российской Федерации являются лидерами продаж данного вида пушного сырья. В условиях международной конкуренции в промышленных технологиях производства шкурок соболя, по мнению авторов, остро стоит вопрос о повышении качества шкурковой продукции (Трапезов, 2012).

Покупательское предпочтение последние годы явно на стороне шкурок промыслового соболя, тогда как шкурки соболя клеточного разведения реализуют на пушных аукционах в среднем на 34% от всей выставленной коллекции (Dronova et al., 2005).

Возможной причиной низкого спроса (Kholikova et al., 2019; Xu et al., 2011) являются показатели основных свойств волосяного покрова шкурок соболя клеточного разведения, такие как длина и толщина волос разных категорий, шелковистость и окраска волосяного покрова.

Получить шкурковую продукцию высокого качества возможно в результате промышленного скрещивания соболя диких популяций (Vo et al., 2018; Zakharov E.S. et al., 2017) с особями клеточного разведения. Исследования современного состояния заготовки и реализации шкурок соболя в России послужат основой для поиска решения вопроса повышения качества шкурковой продукции.

**Цель работы** заключалась в проведении мониторинга современного состояния численности соболя, заготовки и динамики реализации шкурок соболя клеточного разведения и промыслового в Российской Федерации.

**Материалы и основные методы.** Проведен анализ опубликованных сведений из различных открытых источников о численности, добыче и разведении соболя, заготовках и результатах реализации шкурок на международном пушном аукционе. Для иллюстрации цифрового материала с помощью программ Microsoft Excel для Windows, входящую в стандартный пакет Microsoft Office, и распространенные пакеты статистического анализа Statistica 6.0 построены графики (Гланц, 1999; Austin et al., 2016; Fassò et al., 2007; Kindling et al., 2022).

**Результаты исследований.** К началу XX века неконтролируемая добыча соболя привела к вымиранию вида, что потребовало принимать экстренные



государственные меры по охране пушного зверя, контролю и запрету промысла. 1 января 1935 года вступил в силу полный запрет на добычу и продажу шкурок соболя. Предпринятые меры давали положительные результаты и численность соболя за пятилетний запрет промысла возросла, границы ареала расширились. Следует отметить и благоприятные природные условия, которые обеспечили достаточно обильную и устойчивую кормовую базу соболя, но до окончательного восстановления промысловой численности было еще далеко. Поэтому в 1940 году была введена лицензионная система, ограничивающая добычу соболя (Шадюль и др., 2020).

Начало работы по соболеводству датируется 16 апреля 1912 года. С 1913 по 1915 гг. организованы «соболиные экспедиции» по отлову племенного материала. 17 мая 1916 года в городе Иркутск было издано постановление о создании Баргузинского соболиного заповедника. Одновременно к северу от Баргузинского заповедника создается «Казенный эксплуатационный участок», цель которого заключалась в «привить местному населению навыки правильного ведения охоты на соболя, и наработать основы правильного соболиного хозяйства». В должности директора хозяйства до 1924 года работал К.А. Забелин, а с 1924 по 1933 года – З.Ф. Сватош.

В 1924 году была организована соболиная ферма при Московском зоопарке, которой руководил П.А. Мантейфель. Под его руководством в 1929 году был получен первый в мире приплод от соболей. А уже с 1931 года в Пушкинском зверосовхозе началась работа по созданию уникального стада ценных пушных зверей.

Данные рисунка 1 свидетельствуют о том, что с 2005 года добыча соболя увеличилась в два раза. За охотничий сезон 2017-2018 годы объем добычи соболя составил 311 921 особей, 26,4% от общей добычи видов пушных животных. Для сохранения и увеличения численности соболя предлагаются следующие меры: проведение противопожарных мероприятий, регулирование лесопользования, мониторинг численности популяции, регулирование численности и введение ограничений на добычу, организация особо охраняемых природных территорий (Бобренко и др., 2018). Государственные реформы 90-х годов крайне отрицательно сказывались на контроле за добычей пушнины. Промысел соболя не снизился, а возрос в некоторых регионах, при этом немалая часть добытой пушнины никак не регистрировалась.

В настоящее время большая часть невыделанных шкурок соболя реализуется на пушных аукционах и основной площадкой служит международный аукцион ООО «Аукционная компания «Союзпушнина» (г. Санкт-Петербург). С сентября 2020 года ООО «АК «Союзпушнина» проводит совместные аукционы с Байкальской аукционной компанией «Русский соболь» (г. Иркутск). Следует отметить, что около 90% продукции поступает на международный пушной аукцион и выставляется на торги под официально зарегистрированной торговой маркой «Sobol» ([www.sojuzpushnina.ru](http://www.sojuzpushnina.ru)).

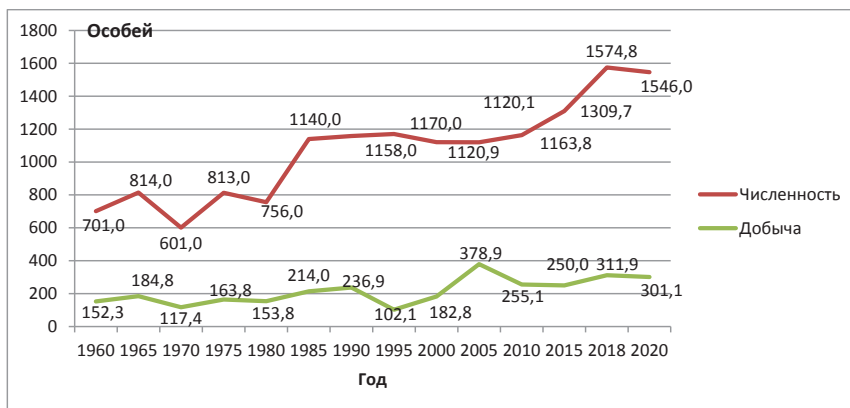


Рисунок 1 - Динамика численности соболя и добычи его шкурок в 1960-2020 гг.

На рисунке 2 представлены данные о количестве выставленных на продажу и проданных шкурок промыслового соболя на международном пушном аукционе ООО «АК «Союзпушнина» за 2016-2022 года.

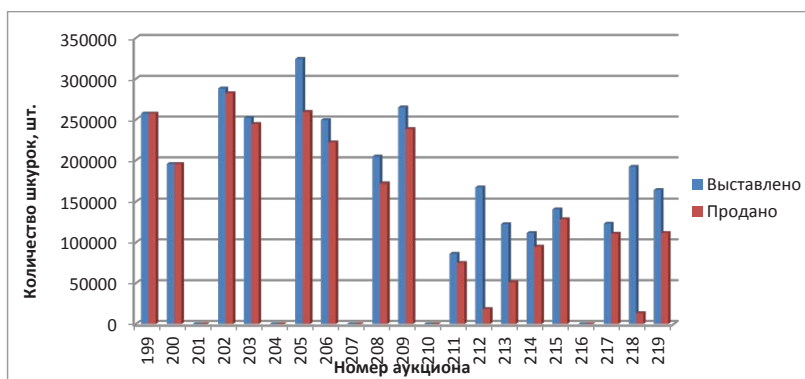


Рисунок 2 – Динамика количества выставленных и проданных шкурок промыслового соболя на аукционе ООО «АК «Союзпушнина» в 2016-2022 гг.

Из представленных данных видно, что за последние годы количество выставленных на торги шкурок соболя промыслового имеет тенденцию к увеличению и успешно реализуется на 84-100%, к исключению можно отнести период с декабря 2019 года по декабрь 2021 года. Спад деятельности по заготовкам и реализации шкурок промыслового соболя в данный период можно объяснить пандемией коронавирусной инфекции и началом перехода на онлайн торги. Начиная с февраля 2022 года, количество шкурок в коллекции промыслового соболя, предлагаемого на торги, устойчиво растет.

Флагманом клеточного соболеводства считают зверосовхоз «Пушкинский», ныне «Русский соболь», где были получены первые результаты разведения соболей в клеточных условиях. За короткий исторический период была

проведена обширная кропотливая работа по отлову соболя, его разведению и селекции, в настоящее время утверждены три породы: Черный соболь (1969 г.), Салтыковская 1 (2007 г.), Салтыковская серебристая (2020 г.) и породный тип – Пушкинский янтарный (2018 г.) (Каштанов и др., 2020; Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, 2020).

В настоящее время разведением соболя в Российской Федерации занимаются 13 звероводческих хозяйств. Маточное поголовье соболей составляет более 50 тыс. голов, ежегодно производят около 100 тыс. шкурок. Лидерами среди соболеводческих хозяйств (по данным на 2018 г.) являются: ООО «Агрикола» (13354 гол.); ФГУП «Русский соболь» (8405 гол.); ОАО «Племзверосовхоз «Салтыковский» (7703 гол.); ООО «Зверохозяйство «Знаменское» (6000 гол.); ООО «Матюшино» (5216 гол.); ЗАО «Бирюли» (5010 гол.) (Сергеев и др., 2018; Демина и др., 2020). В 2020 году общее поголовье соболей, разводимых в четырех племенных хозяйствах, составляло 18869 самок и 5552 самцов основного стада. Общее поголовье черных соболей, разводимых в трех племенных репродукторах в 2020 году, составляло 18915 самок и 6402 самцов основного стада (Демина и др., 2020). Подавляющая часть произведенной продукции соболеводства реализуют через аукционные торги. На рисунке 3 приведены результаты продаж шкурок соболя клеточного разведения в период января 2016 года по сентябрь 2022 года ООО «АК «Союзпушнина» ([www.sojuzpushnina.ru](http://www.sojuzpushnina.ru)) [12].



Рисунок 3 - Динамика количества выставленных и проданных шкурок соболя клеточного разведения на аукционе ООО «АК «Союзпушнина» в 2016-2022 гг.

Данные рисунка 3 свидетельствуют о том, что количество выставленных шкурок соболя клеточного разведения на декабрьских международных пушных аукционах ООО «АК «Союзпушнина» возросло от 45914 шт. до 65684 шт. в коллекции. Увеличение количества выставленной продукции связано с разработкой отраслевой программы по развитию клеточного соболеводства, ростом поголовья соболей и производством шкурок. В период

пандемии на 213-м аукционе в декабре 2020 года и 216-м аукционе в декабре 2021 года количество выставленных на продажу шкурок снизилось в среднем на 30% и 45% соответственно. На 214-м аукционе в феврале 2021 года было выставлено на торги 53063 шкурки соболя клеточного, коллекция которого была сформирована из пушного сырья, не реализованного на предыдущих аукционах. В изученный период доля проданных шкурок соболя клеточного разведения находилась в пределах от 10 до 34%, лишь на 201-м аукционе в декабре 2016 года было реализовано 78,7% от общего количества выставленной на продажу продукции.

За годы разведения соболей достигнуты значительные успехи: созданы новые селекционные достижения, в том числе порода черного соболя с уникальной окраской, редко встречающейся в природе, улучшено качество опушения и повышена плодовитость животных (Госреестр, 2020; Каштанов и др., 2020).

Несмотря на достижения в данной области, необходимо учитывать, что современный пушно-меховой рынок подвержен быстрым изменениям в зависимости от спроса потребителей (Xu et al., 2011, Kholikova et al., 2019), климатических условий, активной позиции защитников прав животных и многих других составляющих (Dronova et al., 2005; Немирова и др., 2021).

Спрос на шкурки промыслового соболя в настоящее время заметно превышает интерес к шкуркам соболя клеточного разведения (рисунок 4).

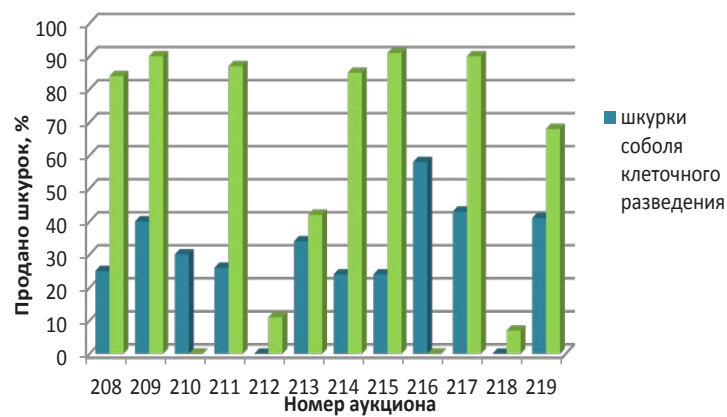


Рисунок 4 - Процент продаж шкурок соболя клеточного разведения и промыслового на аукционе ООО «АК «Союзпушнина» в 2019-2022 гг.

Процент реализации шкурок промыслового соболя на 208-м, 209-м, 211-м, 214-м, 215-м аукционах, прошедших в период с января 2019 года по май 2021 года, превышает аналогичный показатель шкурок соболя клеточного разведения в среднем на 60%. Разница между показателями процента реализации шкурок соболя промыслового и клеточного разведения сократилась до 47% на 217-м аукционе и до 28% на 219-м аукционе.

Максимальный показатель доли проданных шкурок соболя клеточного разведения за изученный период составил 58% на 216-м аукционе в декабре 2021 года. Эксперты, осуществляющие оценку качества и реализацию шкурок соболя на пушных аукционах, считают, что одной из причин низкого спроса на продукцию клеточного разведения является цветное однообразие волосяного покрова соболя.

Одним из основных показателей, характеризующих интерес покупателя и спрос на пушное сырьё, является средняя цена за шкурку соболя.

Согласно данным о результатах продаж шкурок на аукционах ООО «АК «Союзпушнина», средняя цена на 208-м, 209-м, 211-м, 215-м, 219-м аукционах за шкурку промыслового соболя превысила аналогичный показатель за шкурку соболя клеточного разведения в среднем на 25-35%. Средняя цена шкурки промыслового соболя на 217-м аукционе превысила стоимость шкурки соболя клеточного разведения на 42%.

За последние годы продаж наблюдается тенденция снижения средней реализационной цены на шкурки соболя клеточного разведения, учитывая низкий процент реализации шкурковой продукции и повышенный интерес к разведению соболя в зарубежных странах, обуславливающий конкуренцию в данной отрасли, остро обозначена проблема повышения качества шкурок соболя клеточного разведения в Российской Федерации.

В настоящее время многие ученые проводят исследования по вопросам селекции в соболеводстве, повышению воспроизводительных качеств соболей с помощью гормональной стимуляции, поведения соболей, генетической изменчивости и акклиматизации соболей в разных регионах России (Трапезов, 2012; Во et al., 2018).

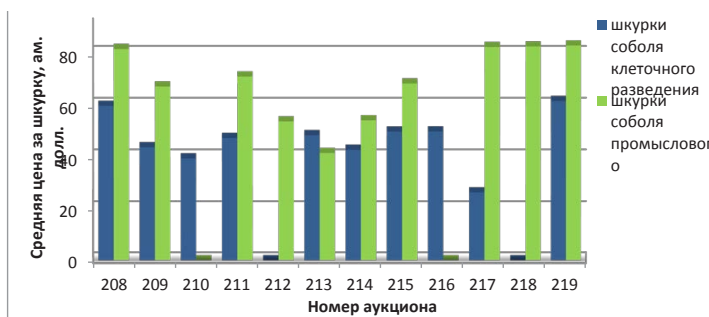


Рисунок 5 - Средняя цена за шкурку соболя клеточного разведения и промыслового на аукционе ООО «АК «Союзпушнина» в 2019-2022 гг.

Общий тон окраски волосяного покрова промыслового соболя очень изменчив - от палевой и темно-бурой до очень темной, встречаются особи с обильной сединой. Окраска подпуши также имеет различные оттенки - от белого и темно-оранжевого до темно-голубого и бурого. Волосяной покров на голове и ушах у промыслового соболя светлее, чем на спине. При

производстве шкурок в звероводческих хозяйствах селекция была направлена на затемнение волосяного покрова и получение продукции однородной по окраске, что не удовлетворяет в полном объеме требования современного мехового рынка (Бекетов и др., 2019).

К важному хозяйственно-полезному признаку относят размер пушного зверя, влияющий на площадь производимой шкурки и, в конечном счете, на ее стоимость. Длина тела самцов соболя варьирует в пределах 37-49 см, самок – 34-46 см. В настоящее время средний размер самцов составляет 46 см, самок - 41 см. Эти данные свидетельствуют о том, что селекция на увеличение размера проводится недостаточно эффективно. Промышленное скрещивание соболя клеточного разведения с промысловым может способствовать укрупнению помесного молодняка.

По мнению ряда ученых, использование зверей диких популяций, в частности якутской (Осипова Н.Н. и др., 2019), отличающейся высокой встречаемостью особей с абберантной окраской волосяного покрова (Zakharov E.S. et al., 2017), в селекции соболей клеточного разведения позволит повысить качество волосяного покрова пушного сырья.

**Выводы.** Полученные результаты исследований подтверждают, что за последние годы количество выставленных на торги шкурок соболя клеточного разведения имеет тенденцию к увеличению в среднем на 30%. Спрос на шкурки промыслового соболя в настоящее время заметно выше, чем на шкурки соболя клеточного разведения. Процент реализации шкурок промыслового соболя в период с января 2019 года по май 2021 года превышает аналогичный показатель шкурок соболя клеточного разведения в среднем на 60%, средняя цена за шкурку промыслового соболя превышала на 25-42% за шкурку соболя клеточного разведения, что по мнению специалистов связано с цветовым однообразием волосяного покрова данного вида.

***Источник финансирования:***

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №22-26-00213, <https://rscf.ru/project/22-26-00213/>.*

**Information about the authors:**

**Balakirev Nikolay Aleksandrovich** – Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Private Animal Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education (FSBEI HE) "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology - MVA named after K.I. Scriabin"; E-mail: balakirev@mgavm.ru, ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4325-9904>;

**Novikov Mikhail Vyacheslavovich** – Candidate of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Commodity Science and Expertise of Raw Materials of Animal Origin, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education (FSBEI HE) "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology

– MVA named after K.I. Scriabin"; E-mail: 6773285@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2234-0239>;

**Reusova Tatyana Viktorovna** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Commodity Science, Technology of Raw Materials and Products of Animal and Plant Origin named after S.A. Kasparyants, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education (FSBEI HE) "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Scriabin"; E-mail: 5018458@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-2495-8788>;

**Strepetova Oksana Alekseevna** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Commodity Science, Technology of Raw Materials and Products of Animal and Plant Origin named after S.A. Kasparyants, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education (FSBEI HE) "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Scriabin"; E-mail: strepetova@bk.ru, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0252-7936>;

**Orlova Elena Aleksandrovna** – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Private Animal Science, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education (FSBEI HE) "Moscow State Academy of Veterinary Medicine and Biotechnology – MVA named after K.I. Scriabin"; E-mail: l-orlova@bk.ru, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4368-4145>;

**Baimukanov Dastanbek Asylbekovich** – Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher of the Department of Animal Husbandry, Veterinary Medicine and Feed and Milk Quality Assessment, LLP "Scientific and production center of animal husbandry and veterinary medicine", office 1505, 40, Kenesary street, Astana, 010000 (Z10P6B8), Republic of Kazakhstan, E-mail: dbaimukanov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4684-7114>.

#### ЛИТЕРАТУРА:

Бекетов С.В., Чернова И.Е., Рожков Ю.И., Топорова Л.В., Карпов К.С. (2019). Затемнение окраски как маркерный признак снижения репродуктивной способности у самок соболей (*martes zibellina*) и норок (*neovison vison*). Экологическая генетика. Т. 17. №3. С. 75-86. doi: <https://doi.org/10.17816/ecogen17375-8>.

Бобренко Е.Г., Сидорова Д.Г. (2018). Мероприятия, направленные на увеличение численности популяции соболя и его рациональное использование. Электронный научно-методический журнал Омского ГАУ. №2 (13).

Гланц С. (1999). Медико-биологическая статистика. Москва. Практика. ISBN 5-89816-009-4.

Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. (2020). Том 2. Породы животных (официальное издание). Москва. Изд-во ФГБНУ «Росинформагротех». С. 204.

Демина Т.М., Корсунь А.В., Лоенко Н.Н. (2020). Характеристика стад клеточных пушных зверей в хозяйствах Российской Федерации в 2019-2020 гг. Вып. 20. Москва. Изд-во Типография РПК «Репрайм». 100 с. ISBN 978-5-6045832-0-3.

Каштанов С.Н. Кирилушкин К.И., Федорова О.И. (2020). Новое селекционное достижение

в звероводстве – порода соболя «Салтыковская серебристая». Ветеринария, зоотехния и биотехнология. №9. С. 85-89. DOI <https://doi.org/10.26155/vet.zoo.bio.202009010>.

Немирова Л.Ф., Катаева С.Б., Ташпулатов С.Ш., Черунова И.В., Умарова Н.А. (2021). Анализ элементов одежды, отражающий тенденции моды в коллекции модных показов. Вестник Алматинского технологического университета. № 2. С. 4-32. DOI <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2021-2-24-32>.

Осипова Н.Н., Черкашина А.Г., Павлова А.И., Посельская С.Н., Захаров Е.С. (2019). Особенности окраски соболя в Якутии и перспективы его использования в клеточном звероводстве. Ветеринария, зоотехния и биотехнология. № 4. С. 80-85. DOI <https://doi.org/10.26155/vet.zoo.bio.201904012>.

Сергеев Е.Г., Нарышкина Е.К., Тинаев Н.И. (2018). Характеристика стад клеточных пушных зверей в хозяйствах Российской Федерации в 2017-2018 гг. Москва. Изд-во ФГБНУ НИИПЗК. Вып. 18. 141 с. ISBN 978-5-6043540-4-9.

Союзпушнина [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://sojuzpushnina.ru/>.

Трапезов О.В. (2012). Шкурки соболя в роли денег. Кролиководство и звероводство. № 3. С. 23-24.

Шадюль Л.В., Вашукевич Ю.Е. (2020). К вопросу состояния рынка шкурок соболя в первой половине XX-го столетия. Материалы II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы и перспективы устойчивого развития агропромышленного комплекса». С. 315-323.

Austin C.C., Brown S., Fong N., Humphrey C., Leahey A., Webster P. (2016). Research Data Repositories: Review of Current Features, Gap Analysis, and Recommendations for Minimum Requirements. IASSIST Quarterly, 39(4), 24. <https://doi.org/10.29173/iq904>.

Bo L., Dan W., Yingying C., Monakhov V.G., Wei Z. Yanchun X. (2018). Genetic individualization of sable (*Martes zibellina* L. 1758) using microsatellites. Animal Cells and Systems. № 22 (4). С. 253-258. doi: <https://doi.org/10.1080/19768354.2018.1494039>.

Dronova N., Shestakov A. (2005). Tapping a living. conservation and socio-economic aspects of the fur trade in the Russian Far East. Publisher. TRAFFIC, Europe – Russia. ISBN: ISBN 2 96005 051 7 (ISBN 978 2 96005 051 6). 45 p.

Fassò A., Pezzetti G. (2007). Statistical Methods for Monitoring Data Analysis. Geotechnical Special Publication. DOI: [https://doi.org/10.1061/40940\(307\)1](https://doi.org/10.1061/40940(307)1).

Kholikova N.Sh., Ruziev F.R. (2019). Study of fur products by marketing requirement. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6. I. 6. P. 9660-9667. ISSN 2350-0328.

Kindling M., Strecker D. (2022). Data Quality Assurance at Research Data Repositories. Data Science Journal, 21(1), 18. doi: <https://doi.org/10.5334/dsj-2022-018>.

Xu T., Fang M., Li G.D. (2011). Study on the Innovative Design of Fur Clothing. Advanced Materials Research. Vol. 331. P. 586-589. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.331.586>, Текст: электронный. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.331.586>.

Zakharov E.S., Safronov V.M. (2017). Ecology of sable of North-Western Yakutian native population. Russian Journal of Theriology. Vol. 16 (1). P. 74–85. DOI: <https://doi.org/10.15298/rusjtheriol.16.1.07>.

#### REFERENCES:

Austin C.C., Brown S., Fong N., Humphrey C., Leahey A., Webster P. (2016). Research Data Repositories: Review of Current Features, Gap Analysis, and Recommendations for Minimum Requirements. IASSIST Quarterly, 39(4), 24. <https://doi.org/10.29173/iq904> (in Eng.).

Beketov S.V., Chernova I.E., Rozhkov Yu.I., Toporova L.V., Karpov K.S. (2019). Darkening of coloration as a marker of a decrease in reproductive capacity in female sables (*martes zibellina*) and minks (*neovison vison*). Ecological genetics. T. 17. №. 3. P. 75-86. doi: [https://doi.org/10.17816/ecogen17375-8\(in Russ\)](https://doi.org/10.17816/ecogen17375-8(in Russ)).



Bobrenko E.G., Sidorova D.G. (2018). Activities aimed at increasing the sable population and its rational use. Electronic scientific and methodical journal of the Omsk State Agrarian University. № 2 (13) (in Russ).

Bo L., Dan W., Yingying C., Monakhov V.G., Wei Z. Yanchun X. (2018). Genetic individualization of sable (*Martes zibellina* L. 1758) using microsatellites. *Animal Cells and Systems*. № 22 (4). C. 253-258. doi: <https://doi.org/10.1080/19768354.2018.1494039> (in Eng.).

Demina T.M., Korsun A.V., Loenko N.N. (2020). Characteristics of herds of caged fur animals in the farms of the Russian Federation in 2019-2020 Issue. 20. Moscow. Publishing house Printing house RPK «Reprime». 100 p. ISBN 978-5-6045832-0-3 (in Russ).

Dronova N., Shestakov A. (2005). Tapping a living. conservation and socio-economic aspects of the fur trade in the Russian Far East. Publisher. TRAFFIC, Europe – Russia. ISBN: ISBN 2 96005 051 7 (ISBN 978 2 96005 051 6). 45 p (in Eng.).

Fassò A., Pezzetti G. (2007). Statistical Methods for Monitoring Data Analysis. Geotechnical Special Publication. DOI: [https://doi.org/10.1061/40940\(307\)1](https://doi.org/10.1061/40940(307)1) (in Eng.).

Glantz S. (1999). Medico-biological statistics. Moscow. Practice. ISBN 5-89816-009-4 (in Russ).

Kashtanov S.N. Kirilushkin K.I., Fedorova O.I. (2020). A new breeding achievement in fur farming - the sable breed «Saltykovskaya silver». *Veterinary medicine, animal science and biotechnology*. №9. P. 85-89. DOI <https://doi.org/10.26155/vet.zoo.bio.202009010> (in Russ).

Kholikova N.Sh., Ruziev F.R. (2019). Study of fur products by marketing requirement. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. Vol. 6. I. 6. P. 9660-9667. ISSN 2350-0328 (in Eng.).

Kindling, M., Strecker, D. (2022). Data Quality Assurance at Research Data Repositories. *Data Science Journal*, 21(1), 18. doi: <https://doi.org/10.5334/dsj-2022-018> (in Eng.).

Nemirova L.F., Kataeva S.B., Tashpulatov S.Sh., Cherunova I.V., Umarova N.A. (2021). Analysis of clothing elements reflecting fashion trends in a collection of fashion shows. *Bulletin of the Almaty Technological University*. №. 2. P. 4-32. DOI <https://doi.org/10.48184/2304-568X-2021-2-24-32> (in Russ).

Osipova N.N., Cherkashina A.G., Pavlova A.I., Poselskaya S.N., Zakharov E.S. (2019). Features of sable coloration in Yakutia and the prospects for its use in cage fur farming. *Veterinary medicine, zootechnics and biotechnology*. №. 4. P. 80-85. DOI: <https://doi.org/10.26155/vet.zoo.bio.201904012> (in Russ).

Sergeev E.G., Naryshkina E.K., Tinaev N.I. (2018). Characteristics of herds of caged fur animals in the farms of the Russian Federation in 2017-2018 Moscow. Publishing house of FGBNU NIIPZK. Issue. 18. 141 p. ISBN 978-5-6043540-4-9 (in Russ).

Shadyul L.V., Vashukevich Yu.E. (2020). To the question of the state of the sable skins market in the first half of the 20th century. Materials of the II All-Russian scientific and practical conference with international participation «Problems and prospects for the sustainable development of the agro-industrial complex» P. 315-323 (in Russ).

Sojuzpushnina [Electronic resource]. Access mode: <https://sojuzpushnina.ru/> (in Russ).

State register of selection achievements approved for use. (2020). Volume 2. Breeds of animals (official edition). Moscow. Publishing house of FGBNU "Rosinformagrotech". P. 204 (in Russ).

Trapezov O.V. (2012). Sable skins as money. *Rabbit breeding and fur farming*. №. 3. P. 23-24 (in Russ).

Xu T., Fang M., Li. G.D. (2011). Study on the Innovative Design of Fur Clothing. *Advanced Materials Research*. Vol. 331. P. 586-589. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.331.586> Текст: электронный. URL: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.331.586> (in Eng.).

Zakharov E.S., Safronov V.M. (2017). Ecology of sable of North-Western Yakutian native population. *Russian Journal of Theriology*. Vol. 16 (1). P. 74–85. DOI: <https://doi.org/10.15298/rusjtheriol.16.1.07> (in Eng.).

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483.168>

Volume 4, 18-28

УДК 577.112.38: 543.635.35

**Ж. Женис<sup>1</sup>, А.А. Кудайберген<sup>1</sup>, А.К. Нурлыбекова<sup>1</sup>, Юнь Цзян Фэн<sup>2</sup>,  
М.А. Дюсебаева<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Научно-исследовательский центр НАО «Казахский национальный университет», Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Институт Гриффита по исследованию лекарств, Университет Гриффита, Брисбен, Австралия.

E-mail: moldyr.dyusebaeva@mail.ru

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА  
LIGULARIA SIBIRICA**

**Аннотация.** *Ligularia* – род многолетних трав семейства Сложноцветных, содержащий около 180 евразийских видов, из них 17 видов произрастают в горах Казахстана. Некоторые виды этого рода уже давно используются в качестве народных средств из-за их антибактериальной, противовоспалительной и противоопухолевой активности. Настой травы сизого бузульника помогает при плохо заживающих ранах, депрессии, используется после родов как общеукрепляющее средство. Листья применяют местно в качестве противовоспалительного средства при порезах, ранах и фурункулах. Стебли в отваренном виде употребляются в пищу. В данном научном исследовании нами впервые был проведен качественный и количественный анализ надземной части Сибирского бузульника (*Ligularia sibirica*), собранного в горах Заилийского Алатау в июле 2020 года. Было определено содержание влаги (8.30%), золы (8.96%), экстрактивных веществ (9,81%), флавоноидов (0.0267%) и сапонинов (0.04%) в растении *Ligularia sibirica*. С использованием метода многоэлементного атомно-эмиссионного спектрального анализа в золе растения было обнаружено 8 макро-микроэлементов, в которых основное содержание составляли К (495.1 мг/г), Na (195.5 мг/г), Fe (6.372 мг/г). Кроме того, компонентный и количественные составы надземной части были определены на предмет amino- и жирных кислот методом газожидкостной хроматографии. Из *Ligularia sibirica* было идентифицировано двадцать amino- и восемь жирных кислот. Основными составляющими аминокислот являются глутамат (2435 мг/100 г) аспарат (1220 мг/100 г) аланин (732 мг/100 г) а

жирных кислот – олеиновая (43.5%), линолевая (30.3%) и пальмитиновая (15.2%).

**Ключевые слова:** *Ligularia Sibirica*, макро-микроэлементы, аминокислоты, количественный и качественный анализ, газожидкостная хроматография, атомно-эмиссионный спектральный анализ.

**Ж. Жеңіс<sup>1</sup>, А.А. Құдайбергін<sup>1</sup>, А.К. Нурлыбекова<sup>1</sup>, Юнь Цзян Фэн<sup>2</sup>,  
М.А. Дюсебаева<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>КЕАҚ «Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің» Дәрілік өсімдіктерді ғылыми зерттеу орталығы, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Дәрілік өсімдіктерді зерттеу Гриффит институты, Гриффит университеті, Брисбен, Австралия.

E-mail: moldyr.dyusebaeva@mail.ru

### **LIGULARIA SIBIRICA -НЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ**

**Аннотация.** *Ligularia Sibirica* – астерейлар тұқымдасының көп жылдық шөптесіндер тұқымдасы, құрамында 180-ге жуық еуразиялық түрлері бар, оның 17 түрі Қазақстанның тауларында өседі. Осы түрдің кейбір түрлері ұзақ уақыт антибактериалды, қабынуға қарсы және ісікке қарсы белсенділігі үшін халықтық құрал ретінде қолданылған. Көк бұзульник шөптерінің тұнбасы нашар жазылатын жараларға, депрессияға көмектеседі және босанғаннан кейін жалпы тоник ретінде қолданылады. Жапырақтары кесіп, қайнатып жараларға және қабынуға қарсы қолданады. Осы ғылыми зерттеуде біз алғаш рет 2020 жылдың шілдесінде Іле Алатауы тауларында жиналған Сібір бузулникінің (*Ligularia Sibirica*) жер үсті бөлігіне сапалы және сандық талдау жасадық. *Ligularia Sibirica* өсімдігінің ылғалдылығы (8.30%), күл (8.96%), экстрактивті заттар (9.81%), флавоноидтар (0.0267%) және сапониндер (0.04%) құрамы анықталды. Көпэлементті атомды-эмиссиялық спектрлік талдау әдісін қолданғанда, өсімдік күлінен 8 макроэлементтер табылды, олардың негізгі құрамы К (495.1 мг/г), Na (195.5 мг/г), Fe (6.372 мг/г) болды. Сонымен қатар, газ-сұйықтық хроматографиясы арқылы амин және май қышқылдары үшін жер үсті бөлігінің құрамдық және сандық құрамдары анықталды. *Ligularia Sibirica*-дан жиырма амин және сегіз май қышқылы анықталды. Аминқышқылдарының негізгі құрамына глутамат (2435 мг/100 г), аспаргат (1220 мг/100 г), аланин (732 мг/100 г), май қышқылдарына олеин (43.5%), линол (30.3%) және пальмин (15.2%) жатады.

**Түйін сөздер:** *Ligularia Sibirica*, макро-микроэлементтер, амин және май қышқылдары, сандық және сапалық талдау, газ-сұйықтық хроматография, атом-эмиссиялық спектрлік талдау.

**J. Jenis<sup>1</sup>, A.A. Kudaibergen<sup>1</sup>, A.K. Nurlybekova<sup>1</sup>, Yun Jiang Feng<sup>2</sup>,  
M.A. Dyusebaeva<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>The Research Center for Medicinal Plants of Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Griffith Institute for Drug Discovery, Griffith university, Brisbane, Australia.  
E-mail: moldyr.dyusebaeva@mail.ru

## **INVESTIGATION OF CHEMICAL COMPOSITION OF LIGULARIA SIBIRICA**

**Abstract.** Ligularia is a genus of perennial grasses of the Asteraceae family, containing about 180 Eurasian species, of which 17 species grow in the mountains of Kazakhstan. Some species of this genus have long been used as folk remedies for their antibacterial, anti-inflammatory and antitumor activity. An infusion of herb blue buzulnik helps with poorly healing wounds, depression, and is used after childbirth as a general tonic. The leaves are applied topically as an anti-inflammatory agent for cuts, wounds and boils. The boiled stems are eaten. In this scientific study, for the first time we carried out a qualitative and quantitative analysis of the aboveground part of the Siberian buzulnik (*Ligularia Sibirica*), collected in the mountains of the Trans-Ili Alatau in July 2020. The contents of moisture (8.30%), ash (8.96%), extractives (9.81%), flavonoids (0.0267%) and saponins (0.04%) of the *Ligularia Sibirica* plant were determined. Using the method of multielement atomic emission spectral analysis, 8 macro-trace elements were found in plant ash, in which the main content was K (495.1 mg/g), Na (195.5 mg/g), Fe (6.372 mg/g). In addition, the component and quantitative compositions of the aboveground part were determined for amino acids by gas-liquid chromatography. Twenty amino acids and eight fatty acids have been identified from *Ligularia Sibirica*. The main constituents of amino acids are glutamate (2435 mg/100 g), aspartate (1220 mg/100 g), alanine (732 mg/100 g) and fatty acids were oleic (43.5%), linoleic (30.3%) and palmitic (15.2%) acids.

**Key words:** *Ligularia Sibirica*, macro-micro elements, amino- and fatty acids, quantitative and qualitative analysis, gas-liquid chromatography, atomic-emission spectral analysis.

**Введение.** Фитохимические соединения из природных ресурсов с новыми способами действия и меньшим количеством побочных эффектов остаются перспективным источником для открытия и разработки новых лекарственных средств. Традиционно натуральные продукты играли важную роль в развитии химии натуральных продуктов. Флора Казахстана характеризуется разнообразием различных видов лекарственного растительного сырья, многие из которых могут быть использованы в промышленных масштабах. Лекарственные растения широко используются в народной медицине на

протяжении многих веков (Yong-Ping et al., 2022:17; Peng-xin Guo et al., 2022:3; Nurlybekova et al., 2022:38; Alemtsehay et al., 2022).

По мнению Всемирной организации здравоохранения, для обеспечения стратегии лекарственной безопасности каждой страны объем отечественной фармацевтической продукции на внутреннем рынке должен составить не менее 20%. В Республике Казахстан много дикорастущих, но давно применяемых в лечебных целях растений. Некоторые из самых лучших лекарств современности изготовлены из диких трав (Азембаев и др., 2015:179, Egamberdieva et al., 2018:26).

Одним из таких трав и является *Ligularia*. Ранее, нашей научно-исследовательской группой, был изучен количественный и качественный анализ фитохимических составляющих подземной и надземной части лекарственного растения Казахстана *Ligularia nagynensis*. Результаты исследования показали высокое содержание жизненно важных макро- и микроэлементов, amino- и жирных кислот (Nurlybekova et al., 2019:5, Нурлыбекова и др., 2020:5). Из гексанового экстракта выделено и идентифицировано 30 жирорастворимых соединений (Nurlybekova et al., 2019:5).

Данная работа выполнена в рамках проекта «Фитохимический состав и развитие применения лекарственных растений для лечения кожных заболеваний», ИРН AP09057982 ГФ РК. Целью исследования является определение химического состава лекарственного растения *Ligularia sibirica* и дальнейшее определение биологической активности при лечении кожных заболеваний. В Институте Гриффита по открытию лекарственных средств (Австралия) 2020 году был проведен анализ на содержание тирозиназы в общих экстрактах, изучаемых нами 21 вида растений. Медьсодержащий фермент, тирозиназа, отвечает за скорость синтеза меланина. Тирозиназа катализирует синтез меланина и других пигментов из их предшественника тирозина. Подавление фермента тирозиназы его ингибиторами поможет контролировать синтез меланина. Синтез меланина, одного из защитных механизмов адаптации организма человека к воздействию внешней среды, осуществляется клетками меланоцитов. Тело меланоцитов содержит особые высокоорганизованные структуры, окруженные мембраной, в которой вырабатывается меланин. С возрастом все процессы в организме начинают идти медленнее и менее эффективно. То же самое относится и к синтезу меланина: он начинает накапливаться в некоторых участках кожи и увеличивает вероятность развития меланомы. Результаты исследований были следующие:

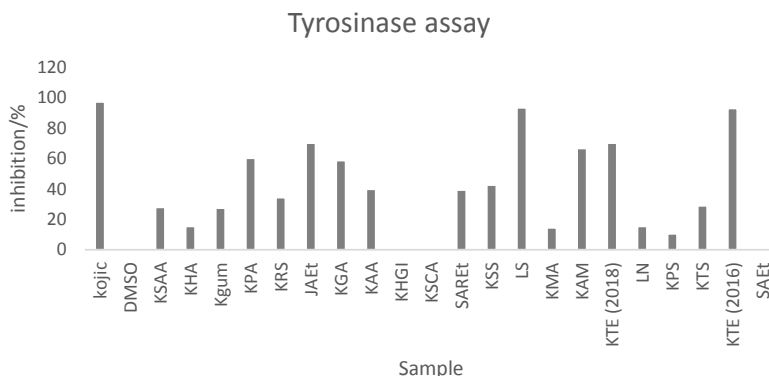


Рисунок 1 – Содержание тирозиназы в растительных экстрактах

Все образцы готовили в 1% фосфатном буфере ДМСО, а конечная концентрация для всех экстрактов составляла 2.5 мг/мл. В качестве положительного контроля использовали койевую кислоту (kojic) в дозе 2.5 мг/мл, поскольку она действует как мощный ингибитор тирозиназы. Результаты анализа показали, что наивысшей активностью обладают общие экстракты растений *Ligularia Sibirica* (LS) и *Artemisia terrae-albae* (KTE2016).

С целью продолжения данных исследований в настоящей работе изучен компонентный состав надземной части *Ligularia sibirica*, произрастающий в Алматинской области и собранный в июле 2020 года.

**Эксперимент.** Влажность и зольность лекарственного растительного сырья определяли в соответствии с требованиями Государственной Фармакопеи (Государственная фармакопея Казахстана, 2008).

В «Центре физико-химических методов и анализа» НАО «Казахский национальный университет им. аль-Фараби» с использованием метода многоэлементного атомно-эмиссионного спектрального анализа золы *Ligularia sibirica* проведен анализ элементных составляющих. Для определения минерального состава золы использовали спектрометр Shimadzu 6200 series. Для этого сырье поместили в предварительно прокаленный и точно взвешенный фарфоровый тигель. Затем тигель осторожно нагрели, сначала давая веществу загореться при минимальной температуре. Температуру постепенно увеличивали. Сжигание проводили при 500° С до получения постоянной массы. В конце прокаливания тигель охладили в эксикаторе, а затем полученную золу снова сжигали при 600° С до получения однородного серого цвета. Зола *Ligularia sibirica* (0,056 г) растворили в 10 мл 40%-ной азотной кислоты при нагревании. После этого полученный раствор нагрели для получения солей. Далее растворяли в 15 мл 1 нормального раствора азотной кислоты и переносили в мерный сосуд объемом 25 мл для анализа.

В данной работе был определен компонентный и количественный состав надземной части на предмет amino- и жирных кислот методом ГЖХ (Нурлыбекова и др., 2020:5).

Для определения количественного содержания аминокислот применялись следующие условия: - температура пламенно-ионизационного детектора – 300°C; - температура испарителя – 250°C; - начальная температура колонки – 110°C; - конечная температура колонки – 250°C; - скорость программирования температуры колонки: от 110°C до 185°C (6°C/мин) и от 185°C до 250°C (32°C/мин).

При достижении температуры колонки 250°C она должна сохраняться такой до полного выхода всех аминокислот.

Для разделения аминокислот используют колонку из нержавеющей стали, размером 400 на 3 мм, заполненную полярной смесью, состоящей из карбовакса 20М (0,31%), силара 5 СР (0,28%) и лексана (0,06%) на хромсорбе WA-W-120-140 меш. Обсчет хроматограммы проводят по внешнему стандарту фирмы Altex.

Связанные и свободные аминокислоты определяли путем гидролиза 1 г анализируемого вещества в 5 мл 6Н HCl при 105°C в течение 24 часов, в ампулах, запаянных под струей аргона. Полученный гидролизат трижды выпаривают досуха на роторном испарителе при температуре 40-50°C и давлением 1 атмосфера. Образовавшийся осадок растворяют в 5 мл C<sub>7</sub>H<sub>6</sub>O<sub>6</sub>S. После центрифугирования (1500 об/мин) в течение 5 мин. Надосадочную жидкость пропускают через колонку с ионно-обменной смолой Даукс 50, Н-8, 200-400 меш, со скоростью 1 капля в сек. После этого смолу промывают 1-2 мл деионизированной H<sub>2</sub>O и 2 мл 0,5 Н CH<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>H; затем смолу отмывают до нейтральной pH.

Для элюирования аминокислот с колонки через нее пропускают 3 мл 6 Н раствора NH<sub>4</sub>OH со скоростью 2 капли в сек. Элюат собирают в круглодонную колбу вместе с дистиллированной H<sub>2</sub>O, которую используют для отмывания колонки до нейтральной pH. Затем содержимое колбы досуха выпаривают на роторном испарителе под давлением 1 атм. и температуре 40-50°C. После добавления в эту колбу 1 капли свежеприготовленного 1,5% раствора SnCl<sub>2</sub>, 1 капли 2,2-диметоксипропана, насыщенного HCl и 1-2 мл C<sub>3</sub>H<sub>7</sub>OH, ее нагревают до 110 °С, выдерживая эту температуру в течение 20 мин. Затем содержимое вновь выпаривают из колбы на роторном испарителе. На следующем этапе в колбу вводят 1 мл свежеприготовленного ацелирующего реагента (1 мл (CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>O-Et<sub>3</sub>N-Me<sub>2</sub>CO, 1:2:5) и нагревают при температуре 60°C в течение 1,5-2 мин. Затем образец снова выпаривают на роторном испарителе досуха и добавляют в колбу 2 мл EtOAc и 1 мл насыщенного раствора NaCl. Содержимое колбы тщательно перемешивают и по мере того, как отчетливо образуется 2 слоя жидкостей – берут верхний (EtOAc) для газохроматографического анализа, который проводили на газо-жидкостном хроматографе «Карло-Эрба-4200» (Италия- США). Результаты представлены в таблице 1.

Определение жирных кислот. Условия хроматографирования: температура инжектора – 188°C, темп. детектора – 230°C; температура термостата – 188°C.

Время анализа – 1 час; содержимое колонки: полиэтиленгликольадипинат (20%) на целите – 545 (Нурлыбекова и др., 2020:5).

1 г образца (надземной части *L. Sibirica*) экстрагируют 20 кратным объемом смеси хлороформа и метанола (2:1) в течение 5 минут. Затем содержимое фильтруют через бумажный фильтр до получения чистого экстракта, который выпаривают в круглодонной колбе на роторном испарителе при температуре бани 30–40°C досуха. После этого добавляют в колбу 10 мл метанола и 2-3 капли хлористого ацетила и метилируют при температуре 60–70°C в течение 30 минут. Затем метанол выпаривают на роторном испарителе, а образец экстрагируют из колбы гексаном (5 мл) и впрыскивают в газовый хроматограф. Эксперимент проводится на приборе «Карло-Эрба 4200» (Италия).

**Результаты и обсуждения.** Количественный и качественный анализ биологически активных компонентов, а также содержание влаги, общей золы и содержания экстрактивных веществ был определен для надземной части *Ligularia Sibirica*. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Количественный анализ надземной части *Ligularia Sibirica*

Компонент	Содержание, %
Содержание влаги	8.3
Зола	8.96
Экстрактивные вещества	11.99
Флаванойды	0.0267
Сапонины	0.04

В «Центре физико-химических методов анализа» НАО «Казахский национальный университет им. аль-Фараби» методом многоэлементного атомно-эмиссионного спектрального анализа в золе *Ligularia Sibirica* были определены девять макро- и микроэлементов, показаны в таблице 2, основными из которых являются К (495,1 мкг/мл) и Na (195,5 мкг/мл). Калий участвует в процессе проведения нервных импульсов и передачи их к иннервируемым органам, способствует лучшей мозговой деятельности, также необходим для осуществления сокращений скелетных мышц. Натрий помогает организму поддерживать нормальный баланс жидкостей. Натрий играет основную роль в нормальном функционировании нервов и мышц (Горбачев и др., 2002).

Таблица 2 - Состав макро-микроэлементов в золе растения *Ligularia Sibirica* (надземная часть)

Элементы	K	Mn	Cd	Ni	Fe	Zn	Cu	Na	Pb
Концентрация в золе, мкг/мл	495.1	3.095	0.010	0.033	6.372	0.374	0.446	195.5	0.192

Определение аминокислот. В составе аминокислот основными были глутамат (2435 мг/100г), аспарат (1220 мг/100г), аланин (732 мг/100г). Результаты показаны в таблице 3. Глутамат является основным биоэнергетическим субстратом для пролиферации нормальных клеток, нейромедиаторов, которые



активно участвуют в биосинтетических, биоэнергетических, метаболических и онкогенных сигнальных путях (Brosnan et al., 2012:3). Аспарагиновая кислота повышает иммунитет, подавляет обмен веществ, аммиак, участвует в образовании рибонуклеиновых кислот, восстанавливает способность работать с химическими веществами, в том числе с лекарствами. Исследования показали эффективность приема аспарагиновой кислоты для повышения уровня тестостерона. Аспарагиновая кислота принимается в качестве добавки для повышения силы бодибилдеров, повышения уровня тестостерона (Katane et al., 2017:12). Аланин играет важную роль в обменных процессах, регулирует уровень сахара в крови. Аланин защищает от развития рака поджелудочной железы и простаты, который является важной частью спортивного питания, увеличивает физическую силу и позволяет наращивать мышечную массу (Liu et al., 2014.:3, Wu et al., 2011:11).

Таблица 3 - Содержание аминокислот в надземных частях *Ligularia Sibirica*

№	Амино-кислота	Общая формула	М, г/моль	Содержание в растении, мкг/100г
1	Аланин	$C_3H_7NO_2$	85	732
2	Глицин	$C_2H_5NO_2$	74	280
3	Лейцин	$C_6H_{13}NO_2$	125	315
4	Изолейцин	$C_6H_{13}NO_2$	141	278
5	Валин	$C_5H_{11}NO_2$	114	270
6	Глютамат	$C_5H_9NO_4$	151	2435
7	Треонин	$C_4H_9NO_3$	117	262
8	Пролин	$C_5H_9NO_2$	115	535
9	Метионин	$C_5H_{11}NO_2S$	158	75
10	Серин	$C_3H_7NO_3$	105	360
11	Аспаратат	$C_4H_7NO_4$	133	1220
12	Цистин	$C_3H_7NO_2S$	120	30
13	Оксипролин	$C_5H_9NO_3$	131	1
14	Фенилаланин	$C_9H_{11}NO_2$	162	283
15	Тирозин	$C_9H_{11}NO_3$	174	350
16	Гистидин	$C_6H_9N_3O_2$	151	210
17	Орнитин	$C_5H_{12}N_2O_2$	132	1
18	Аргинин	$C_6H_{14}N_4O_2$	178	502
19	Лизин	$C_6H_{14}N_2O_2$	152	284
20	Триптофан	$C_{11}H_{12}N_2O_2$	201	112

Методом ГЖХ в надземной части *Ligularia Sibirica* было проанализировано восемь жирных кислот. Содержание жирных кислот в подземной части *L. paupensis* были представлены ранее в [10] и приведены в данной статье для сравнительного анализа. Результаты определения содержания жирных кислот представлены в таблице 4.

По результатам, показанным в таблице 2, видно, что в надземной и подземной частях *Ligularia Sibirica* по количественному содержанию из жирных кислот доминируют олеиновая, линолевая и пальмитиновая кислоты.

Таблица 4 – Содержание индивидуальных жирных кислот в надземных частях *Ligularia Sibirica*

№	Кислоты	%-ное содержание в сырье	№	Кислоты	%-ное содержание в сырье
1	14:0	2,7	5	18:0	5,5
2	15:0	1,6	6	18:1	43,5
3	16:0	15,2	7	18:2	30,3
4	16:1	0,9	8	18:3	0,8

Из результатов, приведенных в таблице 4, можно сделать вывод о том, что в надземных частях *Ligularia Sibirica* по количественному содержанию из жирных кислот доминируют: пальмитиновая, олеиновая и линолевая кислоты.

**Заключение.** В заключение нами был проведен количественный анализ общих биоактивных компонентов, влаги, общей золы, экстрактивных веществ, флавоноидов, сапонинов в *Ligularia Sibirica*. Кроме того, были исследованы макро-микроэлементы в золе лекарственного растения и методом многоэлементного атомно-эмиссионного спектрального анализа, идентифицировано девять макро-микроэлементов. Среди девяти в качестве основных были идентифицированы калий и натрий. Также было определено содержание двадцати аминокислот и восьми жирных кислот в *Ligularia Sibirica*. Из идентифицированных аминокислот в надземной части растения *Ligularia Sibirica* в большей части преобладают глутамат, аспарат, аланин и пролин, из жирных кислот пальмитиновая, олеиновая и линолевая. Исследованные компоненты имеют важное фармакологическое значение. Биоактивные соединения, содержащиеся в надземной части *Ligularia Sibirica*, могут быть применимы в медицинской практике. Дальнейшее и всестороннее изучение планируется реализовать в следующих этапах исследования.

*Данная работа была проведена в рамках следующего проекта: - Грантовое финансирование научных и (или) научно-технических проектов Республики Казахстан на 2021-2023 годы со сроком реализации 36 месяцев по теме «Фитохимический состав и развитие применения лекарственных растений для лечения кожных заболеваний», ИПН АР09057982.*

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

**Jenis Janar** – PhD, professor, director of «The Research Center for Medicinal Plants» of Al-Farabi Kazakh National University, janarjenis@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7148-7253>;

**Kudaibergen Aidana** – PhD, scientist of «The Research Center for Medicinal Plants» of Al-Farabi Kazakh National University, aidana.kudaibergentegi@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7344-2702>;

**Nurlybekova Aliya** – PhD, scientist of «The Research Center for Medicinal Plants» of Al-Farabi Kazakh National University, nurl\_al@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9797-284X>;

**Feng Yun Jiang** – associate professor of Griffith Institute for Drug Discovery, Griffith university, y.feng@griffith.edu.au, <https://orcid.org/0000-0003-2412-1213>;

**Dyusebaeva Moldyr** – associate professor, candidate of chemical sciences, scientist of «The Research Center for Medicinal Plants» of Al-Farabi Kazakh National University, moldyr.dyusebaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3872-5099>.

#### ЛИТЕРАТУРА:

Азембаев А.А., Тегисбаев Н.Е., Кусниева А.Е., Баймурзина М.А., Адибаева Г.К. Лекарственные растения Казахстана, применяемые в восточной и академической медицине. – Алматы: Нур-Принт, 2015. – С. 179.

Alemtsehay Beyene Haile, Tamene Milkessa Jiru Antibacterial Effects of Artemisia afra Leaf Crude Extract Against Some Selected Multi-Antibiotic Resistant Clinical Pathogens // Ethiopian Journal of Health Sciences. - 2022. - V. 32. - No. 3.

Brosnan J.T., Brosnan M.E. Glutamate: a truly functional amino acid // Amino Acids. – 2012. – Vol. 45(3). – P. 416 – 418.

Горбачев В.В., Горбачева В.Н. Витамины, микро- и макроэлементы. Книжный дом: Интерпрессервис, 2002. – 544 С.

Государственная фармакопея Казахстана. – Алматы: Жибек Жолы, 2008. – 592–609 с.

Egamberdieva D., Ozturk M. Vegetation of Central Asia and Environs. - Switzerland: Springer, 2018. – P. 263-289.

Katane M., Kanazawa R., Kobayashi R., Oishi M., Nakayama K., Saitoh Y., Miyamoto T., Sekine M., Homma H. Structure–function relationships in human D-aspartate oxidase: characterisation of variants corresponding to known single nucleotide polymorphisms // BBA - Proteins and Proteomics. – 2017. – Vol. 1865. – P. 1129 – 1140.

Liu L., Chen Y., Yang L. Inhibition study of alanine aminotransferase enzyme using sequential online capillary electrophoresis analysis // Analytical Biochemistry. – 2014. – Vol. 467. – P. 28-30.

Нурлыбекова А.К., Дюсебаева М.А., Жао Йиангю, Янг Е., Женис Ж. Фитохимическое исследование надземной части *Ligularia Narynensis* // Известия научно-технического общества «КАХАК». – 2020. - № 3 (70). – С. 65-69.

Nurlybekova A.K., Yang Ye., Dyusebaeva M.A., Jenis J. Chemical constituents of *Ligularia Narynensis* // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology. – 2019. - № 3. – P. 13-17.

Nurlybekova A.K., Ye Y., Abilov Zh.A., Jenis J. Determination of chemical composition of the *Ligularia narynensis* root by gas chromatography-mass spectrometry // Chemical Bulletin of Kazakh National University. – 2019. - № 4. – P.14-19.

Nurlybekova A., Kudaibergen A., Kazymbetova A., Amangeldi M., Baiseitova A., Ospanov M., Aisa H.A., Yang Y., Mohamed A.I., Janar J. Traditional Use, Phytochemical Profiles and Pharmacological Properties of *Artemisia* Genus from Central Asia // Molecules, - 2022. - 27(16). – 5128.

Peng-xin Guo, Hai-bo Wu A New Triterpene Saponin from *Ligularia veitchiana* // Chemistry of Natural Compounds. – 2022. - V. 58. – P.1079–1081.

Wu G., Bazer F.W., Burghardt R.C., Johnson G.A., Kim S.W., Knabe D.A., Li P., Li X., McKnight J.R., Satterfield M.C., Spencer T.E. Proline and hydroxyproline metabolism: Implications for animal and human nutrition // Amino Acids. – 2011. – Vol. 40. – P. 1053–1063.

Yong-Ping Fu, Huan Yuan, Yan Xu, Ru-Ming Liu, Yi Luo, Jian-Hui Xiao Protective effects of *Ligularia fischeri* root extracts against ulcerative colitis in mice through activation of Bcl-2/Bax signalings // Phytomedicine, 2022.

## REFERENCES:

- Azembaev A.A., Tegisbaev N.E., Kusnieva A.E., Baimurzina M.A., Adibaeva G.K. (2015) Medicinal plants of Kazakhstan used in oriental and academic medicine [Lekarstvennyye rasteniya Kazakhstana prmenyayemye v vostochnoy i akademicheskoy meditsine]. Editorial Almaty, Kazakhstan. (In Russian). ISBN: 9965-894-55-8.
- Alemtsehay Beyene Haile, Tamene Milkessa Jiru Antibacterial Effects of Artemisia afra Leaf Crude Extract Against Some Selected Multi-Antibiotic Resistant Clinical Pathogens // Ethiopian Journal of Health Sciences. - 2022. - V. 32. - No. 3.
- Brosnan J.T., Brosnan M.E. Glutamate: a truly functional amino acid // Amino Acids. – 2012. – Vol. 45(3). – P. 416 – 418.
- Gorbachev VV, Gorbacheva VN (2002) Vitamins, micro- and macro elements [Vitaminy, mikro- i makroelementy]. Knizhnyi dom: Interpresservis. ISBN 985-428-547-2 (In Russian).
- Kazakhstan State Pharmacopeia (2008) [Gosudarstvennaya farmakopeya Kazakhstana]. Editorial Almaty, Kazakhstan. (In Russian). ISBN 9965-759-97-9.
- Egamberdieva D., Ozturk M. (2018) Vegetation of Central Asia and Environs. Springer, Switzerland. P. 263-289. ISBN 978-3-319-99727-8.
- Katane M., Kanazawa R., Kobayashi R., Oishi M., Nakayama K., Saitoh Y., Miyamoto T., Sekine M., Homma H. (2017) BBA - Proteins and Proteomics 1865: 1129-1140. <https://doi.org/10.1016/j.bbapap.2017.06.010>.
- Liu L., Chen Y., Yang L. (2014) Analytical Biochemistry 467: 28-30. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2014.08.035>.
- Nurlybekova A.K., Dyusebaeva M.A., Jao Yangui, Yang Ye., Jenis J. (2020) Korean Science and Technology Society of Kazakhstan “KAHAK” 3 (70):65-69 (In Russian).
- Nurlybekova A.K., Yang Ye., Dyusebaeva M.A., Jenis J. (2019) News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology 3:13-17. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-1491.23>.
- Nurlybekova A.K., Ye Y., Abilov Zh.A., Jenis J. (2019) Chemical Bulletin of Kazakh National University 4:14-19. <https://doi.org/10.15328/cb1096>.
- Nurlybekova A., Kudaibergen A., Kazymbetova A., Amangeldi M., Baiseitova A., Ospanov M., Aisa H.A., Yang Y., Mohamed A.I., Janar J. Traditional Use, Phytochemical Profiles and Pharmacological Properties of Artemisia Genus from Central Asia // Molecules, - 2022. - 27(16). – 5128.
- Peng-xin Guo, Hai-bo Wu A. New Triterpene Saponin from Ligularia veitchiana // Chemistry of Natural Compounds. – 2022. - V. 58. – P.1079–1081.
- Wu G., Bazer F.W., Burghardt R.C., Johnson G.A., Kim S.W., Knabe D.A., Li P., Li X., McKnight J.R., Satterfield M.C., Spencer T.E. Proline and hydroxyproline metabolism: Implications for animal and human nutrition // Amino Acids. – 2011. – Vol. 40. – P. 1053–1063.
- Yong-Ping Fu, Huan Yuan, Yan Xu, Ru-Ming Liu, Yi Luo, Jian-Hui Xiao Protective effects of Ligularia fischeri root extracts against ulcerative colitis in mice through activation of Bcl-2/Bax signalings // Phytomedicine, 2022.

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

<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483.169>

Volume 4, 29-40

УДК 579.266

**І.Ж. Қарабаева<sup>1\*</sup>, Р.К. Сыдыкбекова<sup>1</sup>, К.Н. Тодерич<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Тоттори Университеті, Тоттори, Жапония.

E-mail: karabaeva\_94@mail.ru

**ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТҰЗДЫ ТОПЫРАҒЫНАН ЦЕЛЛЮЛОЗА  
ЫДЫРАТУШЫ БАКТЕРИЯЛАРДЫ БӨЛІП АЛУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ**

**Аннотация.** Экстремалды жағдайда, соның ішінде тұзды ортада целлюлозаны ыдырататын микроорганизмдер орасан зор биотехнологиялық мүмкіншілікке ие. Осыған байланысты тұзды топырақ микрофлорасын зерттеу және экстремалды экологиялық жағдайларға бейімделген микроорганизмдерді бөліп алу айтарлықтай ғылыми және практикалық қызығушылық тудырады. Зерттеу жұмысында Қызылорда және Алматы облысының тұзды топырақ үлгілерінен целлюлоза ыдыратушы микроорганизмдердің бөліп алу және олардың түйежоңышқа (*Melilotus albus*, Аркас сорты) тұқымының өсуін ынталандыру белсенділігі анықталынды. Сонымен тұзды топырақ үлгілерінен целлюлолитикалық бактериялардың 96 изоляттары бөліп алынды. Олардың Na-КМЦ қосылған Гетчинсон коректік ортасында өсу қабілеттіліктеріне зерттеу барысында, тек 15 изолятта Na-КМЦ 10 мм дейін және  $20,7 \pm 0,04$  мм дейін гидролиздейіндігі анықталды. Зерттелген бактерия изоляттарының арасында 3 изоляттың ғана 11В, 12 В және 8-13 МС Na-КМЦ гидролизі айтарлықтай жоғары болып,  $17,3 \pm 0,03$  мм-ден  $20,7 \pm 0,04$  мм аралығын құрады. Іріктеп алған 8-13 МС, 11В және 12 В штамдарының культуральды сұйықтықтарының ақ түйежоңышқа өсімдігінің өсуіне әсері бақыланды. Зерттеу нәтижесі 8-13 МС және 12 В штамдарының культуральды сұйықтықтарының тәжірибенің 10-тәулігінде түйежоңышқа өсімдігінің сабағы мен тамырының биометриялық көрсеткіштеріне айтарлықтай қолайлы әсер етіп, тұқымының өніп шығуы мен өсуін жоғарлатқаны байқалды. Сонымен қатар 8-13 МС және 12 В штамдарын түйежоңышқа өсімдігінің өсуіне ықпал етуін зерттеуге арналған модельдік тәжірибелерде де жоғары қабілеттілік (92,2-96,5%) көрететіндігі анықталынды.

**Түйін сөздер:** фитомелиорант, түйежоңышқа, өсуді ынталандырушы белсенділік, целлюлолитикалық микроорганизмдер, топырақтың тұздануы, тиімді микроорганизмдер.

**І.Ж. Қарабаева<sup>1\*</sup>, Р.К. Сыдыкбекова<sup>1</sup>, К.Н. Тодерич<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Университет Тоттори, Тоттори, Япония.

E-mail: karabaeva\_94@mail.ru

## **ИЗУЧЕНИЕ ЦЕЛЛЮЛОЛИТИЧЕСКИХ БАКТЕРИЙ, ВЫДЕЛЕННЫХ ИЗ ЗАСОЛЕННЫХ ПОЧВ КАЗАХСТАНА**

**Аннотация.** Микроорганизмы, разлагающие целлюлозу в экстремальных условиях, в том числе при высокой солености, обладают огромным биотехнологическим потенциалом. В связи с этим изучение микрофлоры засоленных почв и выделение микроорганизмов, адаптированных к экстремальным условиям среды, представляет значительный научный и практический интерес. В работе были выделены целлюлозоразрушающие микроорганизмы из образцов засоленных почв Кызылординской и Алматинской областей и изучены их активность по стимуляции роста семян донника (*Melilotus albus*, сорт Аркас). Так, из образцов засоленных почв выделено 96 изолятов целлюлолитических бактерий. При изучении их способности к росту на питательных средах с добавлением Na-КМЦ в культуральной среде Хетчинсона только у 15 изолятов выявлен гидролиз Na-КМЦ до  $20,7 \pm 0,04$  мм. Гидролиз Na-КМЦ было значительно выше у изолятов 11Б, 12Б и 8-13 МС среди исследованных изолятов бактерии и колебался от  $17,3 \pm 0,03$  мм до  $20,7 \pm 0,04$  мм. При изучении влияние культуральные жидкости штаммов 8-13 МС, 11В и 12В на рост растений донника белого показали, высокое эффективность на биометрические показатели стебля и корней растения на 10-е сутки эксперимента и повышали всхожесть семян и рост. Кроме того, было установлено, что штаммы 8-13 МС и 12 В проявляют высокую эффективность (92,2-96,5%) в модельных опытах по изучению влияния роста растений донника.

**Ключевые слова:** фитомелиорант, донник, ростостимулирующая активность, целлюлолитические микроорганизмы, засоление почв, эффективные микроорганизмы.

**I. Karabaeva<sup>1\*</sup>, R. Sydykbekova<sup>1</sup>, K. Toderich<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Tottori University, Tottori, Japan.

E-mail: karabaeva\_94@mail.ru

## **RESEARCH OF CELLULOLYTIC BACTERIA ISOLATED FROM SALINE SOILS OF KAZAKHSTAN**

**Abstract.** Microorganisms that decompose cellulose under extreme conditions, including at high salinity, have a huge biotechnological potential. In this regard, the study of the microflora of saline soils and the isolation of microorganisms adapted to extreme environmental conditions is of considerable scientific and practical interest. In the work, cellulose-destroying microorganisms were isolated from samples of saline soils of the Kyzylorda and Almaty regions and their activity to stimulate the growth of *Melilotus albus* seeds (Arkas variety) was studied. Thus, 96 isolates of cellulolytic bacteria were isolated from samples of saline soils. When studying their ability to grow on nutrient media with the addition of Na-CMC in the Hetchinson culture medium, only 15 isolates revealed hydrolysis of Na-CMC to  $20.7 \pm 0.04$  mm. Hydrolysis of Na-CMC was significantly higher in isolates 11B, 12B and 8-13 MS among the studied bacterial isolates and ranged from  $17.3 \pm 0.03$  mm to  $20.7 \pm 0.04$  mm. When studying the effect of culture fluids of strains 8-13 MS, 11B and 12B on the growth of white clover plants, they showed high efficiency on the biometric indicators of the stem and roots of the plant on the 10th day of the experiment and increased seed germination and growth. In addition, it was found that strains 8-13 MS and 12 V exhibit high efficiency (92.2-96.5%) in model experiments to study the effect of the growth of clover plants.

**Key words:** phytomeliorant, melilotus, growth-stimulating activity, cellulolytic microorganisms, soil salinization, effective microorganisms.

**Кіріспе.** Заманауи әлемдегі адамзат бірнеше деңгейдегі әртүрлі проблемаларға тап болуда. Солардың арасында экологиялық проблема ең маңызды болып саналады, себебі ол әр түрлі экожүйелерге, азық-түлік пен ауыл шаруашылығына, сонымен қатар адамдарға, жануарлар мен өсімдіктерге қауіп төндіреді. Сонымен қатар табиғи ортада әртүрлі абиотикалық және биотикалық факторлар өсімдіктердің өсуі мен өнім беруіне үнемі әсер етіп отырады. Кез келген абиотикалық фактор (тұздылық, ылғалдылық, температура) өсімдіктердің фотосинтез процессін және энергияны биомассаға айналдыру қабілетін шектеуі мүмкін. Бұл көбінесе ғаламдық азық-түлік қауіпсіздігі мен сапасы және ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігі үшін негізгі шектеулер болып табылады.

Суда еритін топырақтағы әртүрлі тұз иондары, мысалы хлорид (Cl<sup>-</sup>), натрий (Na<sup>+</sup>), магний (Mg<sup>2+</sup>), калий (K<sup>+</sup>), бикарбонат (HCO<sup>3-</sup>), сульфат

(SO<sub>4</sub> 2-) ... ), карбонат (CO<sub>3</sub> 2-) және кальций (Ca 2+) тұзданды тудыруы мүмкін (Воробьева, 2006). Тұздану - жартылай құрғақ және құрғақ аймақтарда жүретін табиғи процесс. Бұл жердің құнарлылығына айтарлықтай әсер етеді, сондықтан жергілікті, аймақтық және жаһандық деңгейде азық-түлік қауіпсіздігі мен экономикасына үлкен әсер етеді. Атап айтқанда, ауылшаруашылық топырақтарының тұздануы, бір жағынан, шөлейтті аудандардың үнемі көбеюіне, екінші жағынан, әр түрлі өсімдіктердің өнімділігіне және ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігіне қатты әсер етіп, зақымдауына байланысты ғаламдық проблемалардың бірі болып отыр.

Өсімдіктердің тұздануға төзімділігі олардың түрлеріне, тіпті сорттарына байланысты әр түрлі болғанымен, өсімдік дақылдарының көпшілігінің өсуіне тұздану теріс әсер етеді (Алехин, 2005). Тамыр аймағында тұздардың шамадан тыс жиналуы көбінесе топырақтың физикалық, химиялық және биологиялық қасиеттерін нашарлатады, атап айтқанда бұл ауылшаруашылығына өндірісіне кері әсерін тигізеді (Гупта и др., 1983). Сонымен қатар, топырақтың шамадан тыс тұздануы өсімдіктердің өсуін тежейді, түрлердің алуантүрлілігін азайтады және өсімдік қауымдастығының құрамын өзгертеді. Алайда топырақтың микробтық қауымдастығына тұздылықтың әсері аз зерттелген (Методы микробиологии и биохимии почв: учебное пособие. Стипендия / Под ред. Д.Г. Звягинцева. - М., 1991).

Өсімдік тамырларымен өзара тығыз байланыста өмір сүретін кейбір микроорганизмдер өсімдіктердің өсуін жақсартуда маңызды қызметті атқарады (Генкель, 1982) немесе тұзды жағдайда өсірілген дақылдардың стрессін төмендетуі мүмкін (Удовенко, 1977).

Өсімдіктің өсуіне ықпал ететін бактериялардың өсуі әр түрлі процестерді жүзеге асыруға, соның ішінде әртүрлі метаболиттерді (экзополисахаридтер, индол сірке қышқылы және т.б.) өндіруге қабілеттілігіне байланысты (Нетрусов, 2004). Тұзды стресс жағдайында өсімдіктермен симбиотикалық қарым-қатынастар қалыптастыра алады және олардың өнімділігін жақсарта алады (Тарчевский, 2001). Сонымен қатар, өсімдіктердің өсуіне ықпал ететін бактериялар ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігіне тұздандудың әсерін азайтуға арналған экологиялық тұрақты құрал болып табылады.

Қазіргі уақытта өсімдіктердің өсуіне ықпал ететін бактериялардың ішінде целлюлолитикалық бактерияларды қолдануға көп көңіл бөлінуде. Қауіпсіз және экологиялық қолайлы бұл балама әдіс тұздылықты азайту және ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін арттыру тұрғысынан өте жетістігі мол болып саналады. Осыған байланысты жүргізілген зерттеулердің негізгі мақсаты Қызылорда және Алматы облысынан алынған тұзды топырақтардан целлюлолитикалық бактерияларды бөліп алу және зерттеу болды.

Зерттеудің негізгі бағыты: екіншілік тұзды топырақтардың биомелиарациясында қолданылатын целлюлолитикалық бактерияларды бөліп алу және зерттеу.

**Материалдар мен зерттеу әдістері.** Зерттеу жұмысының нысаны



Қызылорда облысы Қарауылтөбе күріш алқапты жерінен алынған және Алматы облысының Балхаш ауданының тұзды топырақ үлгілерінен бөлініп алған микроорганизмдер және түйежоңышқа тұқымының Аркас сортын (*Melilotus albus*) қолданылды.

**Тұзды топырақтан целлюлолитикалық бактерияларды бөліп алу.** Тиісті нұсқаулықтарда ұсынылған стандартты қоректік орталар (Гетчинсон, Виноградский және Ковровцева орталары) мен әдістерді қолдана отырып бөлініп алынды.

Целлюлолитикалық бактерияларды бөлу үшін рН 7,2 синтетикалық қоректік ортасының бетіне стерильді сүзгі қағазымен топырақ суспензиясын элективті Гетчинсон және Виноградский ортасына егу әдісі қолданылды.

Целлюлолитикалық бактерияларды сұйық Ковровцева ортасында өсіру 180-200 айн/мин жылдамдықпен тербелістегі шайқағышта жүргізілді. Өсіру мерзімі 10-15 тәулік. Бактериялардың целлюлазалық белсенділігі туралы сүзгі қағазының гидролизі және сәйкес қайта есептеу дәрежесі бойынша бірл/мл-де көрсетілді.

**Целлюлолитикалық белсенді микроорганизмдердің скринингі.** Микроорганизмдердің целлюлозаны ыдырату қабілетін анықтау үшін микроорганизмдер дақылдарын көміртек көзі ретінде әртүрлі мөлшерде целлюлоза қосылған агарлы ортаның бетіне егу жүргізілді. Орта құрамы (г/л): натрий цитраты–1,29,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  – 4,75,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 9,6,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  – 0,18. Көміртегі көзі ретінде 0,5% натрий тұзды карбоксиметилцеллюлоза (Na-КМЦ) немесе 0,5% ұсақталған сүзгі қағазы енгізілді. Зерттелген микроорганизмдер 5 тәулік аралығында оптимальды жағдайда өсірілді. Инкубация кезеңі аяқталғаннан кейін Петри табақшаларындағы микроорганизм колонияларын 1% Конго қызыл бояумен 10 минут аралығында өңделді, содан кейін мұқият жуылды. Өскен колониялардың айналасындағы ағару аймағының диаметрі бойынша дақылдар шығаратын ферменттердің белсенділігі бағаланды. Гидролиз аймағын анықтау үшін микроорганизм колониясының шетінен ағару аймағының шекарасына дейін мм-мен өлшенді. Ағару аймағының диаметрі неғұрлым үлкен болса, соғұрлым целлюлолитикалық белсенділік жоғары болады (Teather, 1982).

**Өсуді ынталандыру белсенділігін анықтау үшін тұқымдарды ылғалдандыру арқылы жүргізілді.** Зерттелген целлюлоза ыдыратушы бактериялардың культуральды сұйықтықтары тиісті қоректік ортада алдын-ала шайқағышта өсірілді. Культуральды сұйықтық сүзілді, фильтрат 10 мл Петри табақшаларына құйылды, оған алдын-ала зарарсыздандырылған түйежоңышқа тұқымдары 24 сағатқа салынды. Бақылау нұсқасы үшін тұқымдар ағынды суға және стерильді қоректік ортаға салынған. Тұқымдар тәуліктік ылғалдандудан кейін Петри ыдыстарына ылғалданған сүзгі қағазымен мақтаға қойылды. Барлық нұсқалар ағынды судың тең мөлшерімен суланған. Тұқым саны, сабақтар мен тамырлардың ұзындығы тәжірибе мен бақылаудағы нұсқаларда бірдей ескерілді.

Фитомелиоранттың өнгіштігін анықтау ГОСТ 12038-84 халықаралық стандартына сәйкес фитомелиорантқа арналған сүзгі қағазында жүргізілді. Сонымен қатар, сұйық қоректік ортасында және топырақтың бір түрінде тұқымның өнгіштігі де анықталды, топырақ үлгісі өсімдік өсіру аймағынан тыс жерден алынды.

Целлюлолитикалық бактериялардың әртүрлі штамдарының белсенділігі wasek, Brill (Burns, Slater, 1982) әдісімен өсімдік тұқымдарының инокуляциясы кезінде зерттелінді. Өсімдік тұқымдары 70% этанолға бірнеше секундқа батырылды, кейін 0,01% HCl ерітіндісіне ауыстырылды, содан кейін бірнеше рет стерильді дистилденген сумен жуып, целлюлолитикалық бактериялардың суспензиясымен инокуляцияланды. Бақылау ретінде микроорганизм инокуляты культуральды сұйықтығымен өңделмеген тұқымдар болды. Екі апталық инкубациядан кейін өскіндердің биіктігі, тамырлардың ұзындығы мен саны, жасыл масса мен тамырлардың салмағы өлшеніп, осы көрсеткіштерді бақылау нұсқаларымен салыстырылды.

**Нәтижелер. Тұзды топырақ үлгілерінен целлюлолитикалық бактерияларды бөліп алу.** Қоршаған ортаның тұздану, құрғақшылық, ксенобиотиктер және тағы басқа стресстік факторлары ауылшаруашылығы өндірісіне арналған жұмыстарды жүргізу үшін өте қатты қолайсыздықтар туғызады. Көптеген әдебиеттерде жер бетінің 10% ғана қолайлы санатқа, 20% минеральді стрессті жер сипатында, 26% - шөлейтті және 15% суық жерлерге жіктелінеді екен (Бунчан и др., 2000).

Жоғары тұздылық едәуір кең таралған экологиялық стресстік факторлардың бірі болғандықтан, өсімдіктердің өнімділігіне, өсуі мен дамуына қолайсыз әсер етеді. Өсімдіктер қолайсыз жағдайда өсетіндіктен қосымша қорек және энергия көзін, гормональды жағдайын қалыптандыруды және тұзды стресстің қарқындылығын төмендетуді қажет етеді (Жумар и др., 2007).

Тұзданудың теріс әсеріне карамастан, тұздылығы мен техногендік әсері жоғары топырақтарда экстремалды экологиялық жағдайларда тіршілік ете алатын ерекше микрофлора қалыптасады. Сондықтанда минералданудың жоғары жағдайында тіршілік етуге бейімделген микроорганизмдер ерекше қызығушылық тудырады. Соңғы жылдары қоршаған ортаның тұздылығы жоғары экожүйелердің микрофлорасын қарқынды зерттеу галофильді және галотолератты микроорганизмдерді окшаулауға және сипаттауға мүмкіндік берді. Олар тұз концентрациясының кең ауқымында белсенді өмір сүруге қабілетті және минералдану деңгейі жоғарылаған әр түрлі биотоптар мен антропогендік экожүйелерде кездеседі (Chen, 2000). Осындай микроорганизмдердің ішінде целлюлолитикалық белсенділігі бар микроорганизмдердің маңызы зор. Целлюлолитикалық микроорганизмдер өте әртүрлі таксономиялық топтардың арасында кездеседі және оларды целлюлозальды қалдықтар жиналатын барлық биоталарда табуға болады.

Осыған байланысты зерттеу жұмысын ең алдымен Қызылорда облысы Қарауылтөбе ғылыми-өндірістік аймағынан және Алматы облысы, Балхаш

ауданы Бірлік алқабынан алынған тұзды топырақ үлгілерінен целлюлолитикалық микроорганизмдердің жалпы санын анықтаудан басталды.

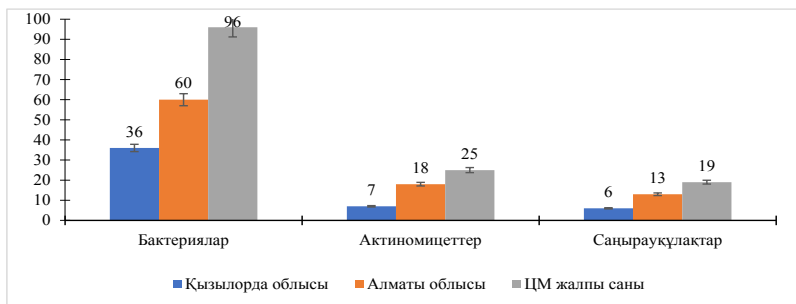
Жүргізілген зерттеу жұмыстары бойынша Қызылорда облысы мен Алматы облысы топырақ үлгілеріндегі целлюлолитикалық микроорганизмдердің популяцияларының үш тобының жалпы саны әртүрлі болғаны байқалды. Яғни Қызылорда облысы топырақ үлгісіндегі целлюлолитикалық бактериялардың саны  $87,3 \pm 0,02 \times 10^3$  дейін КТБ г /топырақ болса, Алматы облысы топырақ үлгісіндегі целлюлозаны ыдыратушы бактериялардың 2 қатарға жоғары екендігі байқалып,  $45,5 \pm 0,04 \times 10^5$  дейін КТБ г /топырақ құрады. Ал целлюлолитикалық актиномицеттердің саны  $17,9 \pm 0,05 \times 10^2$  дан  $25,6 \pm 0,07 \times 10^3$  дейін КТБ г /топырақ сәйкес болса, саңырауқұлақтардың саны 1 г топыраққа шаққанда  $22,3 \pm 0,08 \times 10^2$  дан  $33,2 \pm 0,06 \times 10^2$  дейін КТБ құрады (кесте 1).

1-кесте – Тұзды топырақтардағы аэробты целлюлолитикалық микроорганизмдердің саны

Топырақ үлгісі	Микроорганизмдердің саны, КТБ г /топырақ		
	Бактериялар	Актиномицеттер	Саңырауқұлақтар
Қызылорда облысы Қарауылтөбе ғылыми-өндірістік аймағы	$87,3 \pm 0,02 \times 10^3$	$17,9 \pm 0,05 \times 10^2$	$22,3 \pm 0,08 \times 10^2$
Алматы облысы, Балхаш ауданы, Бірлік алқабы	$45,5 \pm 0,04 \times 10^5$	$25,6 \pm 0,07 \times 10^3$	$33,2 \pm 0,06 \times 10^2$

Сонымен тұзды топырақ үлгілерінде целлюлолитикалық бактериялардың мөлшері актиномицеттер мен саңырауқұлақтарға қарағанда 2-3 есеге жоғары болды. Дегенмен де зерттелген целлюлолитикалық микроорганизмдердің үш тобының арасында саңырауқұлақтардың саны ең төменгі мөлшерде болғандығын атап көрсетуге болады. Кейбір әдебиеттерде целлюлолитикалық саңырауқұлақтардың шөлейтті жерлердің тұзды топырақтарында өсімдіктердің қалдықтары аз болуына байланысты көбінесе орманды жерлердің топырақтарында кездесу жиілігі жоғары болатындығын көрсетеді (Мэттис, et all, 1997).

Ары қарай зерттеу жұмысын жалғастыру мақсатында Қызылорда облысы Қарауылтөбе аймағынан және Алматы облысы, Балхаш ауданы Бірлік алқабынан алынған тұзды топырақ үлгілерінен кездесу жиілігі бойынша едәуір жоғары мөлшерде болған целлюлолитикалық бактериялардың 96 изоляттарын жеке бөліп алынды (сурет 1). Изоляттар қоректік ортада колониялардың сипаты бойынша бір бірінен ерекшеленді. Целлюлолитикалық бактериялардың изоляттарының колонияларының морфологиялық алуантүрлілігі тұзды топырақ үлгілеріне қарай өзара айырмашылықтар болды. Алматы облысы Балхаш ауданынан алынған топырақ үлгісінен бөлініп алған әртүрлі изоляттардың колонияларын Қызылорда облысы Қарауылтөбе аймағынан алынған топырақ үлгісімен салыстырып қарағанда бактерия изоляттарының колониялары морфологиялық көрінісі жағынан едәуір әркелкі болғаны байқалды.



Сурет 1 – Тұзды топырақтардан бөліп алған целлюлолитикалық микроорганизмдердің жалпы саны.

Зерттеу жұмысының келесі сатысында тұзды топырақ үлгілерінен бөлініп алынған 96 бактериялық изоляттар Гетчинсон қоректік ортасына Na-КМЦ қосылған қоректік орталарда өсу қабілеттіліктеріне зерттеу жүргізілді.

Алынған зерттеу нәтижесінде 96 бактерия изоляттарының арасынан тек 15 штамм Na-КМЦ гидролизі 10 мм дейін және 9 штамда 21 мм дейін болатындығы байқалды (2 кесте). Зерттелген бактерия изоляттарының арасында 3 штамның 11В, 12 В және 8-13 МС Na-КМЦ гидролизі айтарлықтай жоғары болып  $17,3 \pm 0,03$  мм ден  $20,7 \pm 0,04$  мм аралығын құрады. Na-КМЦ гидролизін едәуір белсенді жүргізген 9 бактерия изоляттарының целлюлолитикалық белсенділігінің салыстырмалы талдау мәліметтері 2-кестеде көрсетілген.

2- кесте – Іріктеп алған бактерия изоляттарының целлюлолитикалық белсенділігін талдау

№	Бактерия изоляттары	Na-КМЦ гидролиздену аймағы, мм
1	11В	$18,5 \pm 0,01$
2	12 В	$17,3 \pm 0,03$
3	13 В	$11,3 \pm 0,04$
4	15В	$7,2 \pm 0,02$
5	110В	$6,5 \pm 0,05$
6	35 А	$8,7 \pm 0,07$
7	51 К	$3,3 \pm 0,01$
8	8-13 МС	$20,7 \pm 0,04$
9	10-17 МС	$7,3 \pm 0,05$
10	Бақылау	$8,5 \pm 0,06$

Ары қарай зерттеу жұмысын іріктеп алған целлюлолитикалық белсендігі едәуір жоғары 8-13 МС, 11В және 12 В штамдарымен жалғастырылды.

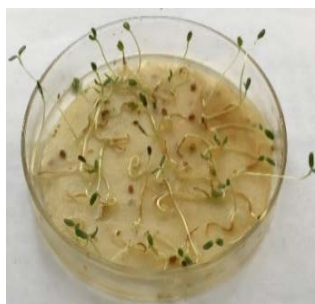
Қоршаған ортада өсімдік тұқымдарының өніп өсуіне оң әсер ететін физиологиялық белсенді заттар қалыпты мөлшерде болуы маңызды жағдайлардың бірі болып табылады. Осыған байланысты келесі зерттеу жұмысында іріктеп алған 8-13 МС, 11В және 12 В штамдарының культуральды сұйықтықтарының ақ түйежоңышқа өсімдігінің Аркас (*Melilótus álbus*) сортының өсуіне әсерін бақылады. Ол үшін Петри табақшаларына сүзгі қағазын салып

оның үстінен 8-13 МС, 11В және 12 В штамдарының культуральды сұйықтықтары құйылды (3 кесте).

Алынған зерттеу нәтижелері бойынша целлюлолитикалық бактериялардың іріктеп алған 8-13 МС, 11В және 12 В штамдарының культуральды сұйықтықтарының өсуді стимульдеуші әсері өсімдіктің дамуының бастапқы сатысында, тұқымның өнуі кезінде байқала бастағанын көруге болады (2 сурет). Яғни бақылаумен салыстырғанда 8-13 МС, 11В және 12 В штамдарының тәжірибенің 3 күнінде дәннің өніп шығуы едәуір қарқынды болды. Ал тәжірибенің 10-тәулігінде өсімдіктің сабағы мен тамырының биометриялық көрсеткіштеріне қолайлы әсер етіп, жоғарлатқаны байқалды. Бірақ түйежоңышқа өсімдігінің сабағы мен тамыр ұзындығына едәуір жақсы нәтижелерді көрсеткен 8-13 МС штамы бар үлгіден көруге болады (5-сурет).

3-кесте – Іріктеп алған бактерия изоляттарының целлюлолитикалық белсенділігі

Бактерия изоляттары	Өніп шыққан тұқымдар саны, %	Түйежоңышқаның сабағының ұзындығы, мм	
		10 тәулік	10 тәулік
11В	96,3±0,2	22,3 ± 0,06	10,3 ± 0,12
12 В	97,6±0,7	28,6 ± 0,16	12,2 ± 0,11
8-13 МС	98,5±0,5	31,8 ± 0,07	15,8 ± 0,09
Бақылау (H <sub>2</sub> O)	30,2±0,3	10,4 ± 0,05	5,4 ± 0,07



11 В



12 В



8-13 МС



Бақылау

Сурет 2 – Іріктеп алған целлюлолитикалық бактериялардың түйежоңышқа өсімдігінің өсуін қарқындату әсері.

**Талқылау.** Ауылшаруашылық өсімдіктерінің өсуіне тұзды топырақтардың стресстік әсерін жою үшін қолданылатын түйежоңышқа өсімдігінің өсуіне целлюлолитикалық бактериялардың әсерін зерттеуге арналған модельдік тәжірибелер жүргізілді.

Зерттеу жұмысының келесі сатысында ауылшаруашылық мақсатта өсіретін өсімдіктерді өсіру кезінде тұзды топырақтардың стресстік әсерін жою мақсатында қолданылатын түйежоңышқа өсімдігінің өсуіне іріктеп алған целлюлолитикалық бактериялардың өсуді қарқындету әсерін зертханалық жағдайда модельді зерттеу жүргізілді. Ол үшін Қызылорда облысы Қарауылтөбе ғылыми-өндірістік аймағынан алынған топырақ үлгілерінде түйежоңышқа өсімдігінің тұқымдарын 12 В және 8-13 МС штамдарының әсері зерттелді.

Целлюлозалы бактерияларының культуралық сұйықтығының әсерін зерттеу кезінде максималды өсуді ынталандыратын әсер 8-13 МС бактерия штамдары бар нұсқада табылды. Сонымен, 8-13 МС бактериялары бар нұсқада Аркас түйежоңышқа өсімдігінің сабақтары мен тамырларының өну ұзындығы және тұқымдарының өнуі 96,5%, ал құрамында 12 В штамдары бар культуралық сұйықтық бар нұсқада– 92,2% құрады (4-кесте, 3,4-сурет).

4- кесте – Целлюлолитикалық бактериялардың түйежоңышқа өсімдігінің өсуіне әсері

Бактерия изоляттары	Өніп шыққан тұқымның орташа саны, %	Өркендердің орташа ұзындығы, (мм)
12 В	92,2± 0,7	50,4± 0,3
8-13 МС	96,5± 0,9	50,8± 0,4
Бақылау (Н,О)	20,2± 0,8	25,6± 0,5

Тұқымдардың өнуін, өскіндердің және тамырлардың ұзаруын өсімдіктердің ерте өсуін ынталандыру үшін изоляттардың белсенділігінің белгісін талдау түйежоңышқа тұқымдарындағы таңдалған 2 функционалды изолятта жүргізілді (кесте. 4, сурет 3). Эксперименттің 10 күнінен кейін сәйкесінше тазартылған сумен өңделген бақылаулармен салыстырғанда бактериялардың барлық таңдалған штамдарымен өңделген тұқымдардан шыққан тамырлардың ұзындығына, өскін ұзындығына және өміршеңдігі бойынша әртүрлі әсер еткені байқалды.

4-кестеде көрсетілгендей, тұқымдарды 8-13 МС целлюлолитті изолятпен инокуляциялау бақылау нұсқасымен салыстырғанда тамырлардың едәуір ұзағырақ болуына әкелді. Сонымен қатар, ол 12 В целлюлитті штаммынан айтарлықтай ерекшеленбеді. Екінші жағынан, таңдалған 12 В және 8-13 МС целлюлолитті штамдармен тұқымдарды өңдеу бақылау штамдарымен салыстырғанда едәуір жоғары өскін ұзындығына әкелді, бірақ бір-бірінен ерекшеленбеді, ол 50,8± 0,4-тен 50,4± 0,3 мм-ге дейін өзгерді.



12 В



8-13 МС



Бақылау

Сурет 3 – Целлюлолитикалық бактериялардың түйежоңышқа өсімдігінің өсуіне әсері

**Қорытынды.** Сонымен ауылшаруашылық өсімдіктерінің өсуіне тұзды топырақтардың стресстік әсерін жою үшін қолданылатын түйежоңышқа өсімдігінің өсуіне целлюлолитикалық бактериялардың өсуіне әсерін зерттеуге арналған модельдік тәжірибелерді жүргізу барысында іріктеп алған 12 В және 8-13 МС штамдары өсімдіктің тұқымының өніп өсуіне едәуір белсенді әсер ететіндігі байқалды. Яғни бақылаумен салыстырғанда түйежоңышқа сабақтарының ұзындығы 1,5-1,6 есе, тамырлардың ұзындығы 1,4 - 1,5 есе өсті. Іріктеп алған 12 В және 8-13 МС штамдарын ауылшаруашылық өсімдіктерінің тұздануға төзімділігін арттыруда қолданылатын биологиялық препараттардың дайындауда қолдануға болады.

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

**Karabaeva Inkar Zhanabaykyzy** – PhD-doctoral student, Biotechnologist, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: karabaeva\_94@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2652-1264>;

**Sydykbekova Raikhan Konaevna** – Senior Lecturer, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: raihan.sydykbekova@kaznu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7924-4977>;

**Kristina N. Toderich** – Doctor, Professor, International Research and Education Platform on Drylands, Tottori University, Japan, Representative of the International Center for the Development of Agriculture on saline soils, e-mail: k.toderich@cgiar.org, <https://orcid.org/0000-0002-6512-2979>.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

Алехин Н.Д. и др. Физиология растений: учебник. для университетов. - М.: Издательский центр “Академия”, 2005.

БУНЧАН С., БРИТЦ М.Л., СТЭНЛИ ДЖОРДЖИЯ. Деградация и минерализация полициклических ароматических углеводов высокой молекулярной ширины определенными грибковыми бактериальными кокультурами. Прикладная и экологическая микробиология, 2000, Т. 66, № 3, с. 1007-1017.

Гупта С.С., Ларсон У.Э., Линден Д.Р., 1983. Обработка почвы и поверхностный остаток влияют на температуру верхней границы почвы. Почвоведение. Soc. Am. J. 47(6), 1212-1218.

Генкель П.А. Физиология теплоустойкости и засухоустойчивости. - М.: Наука, 1982.

ЖУМАР П. ЧЕРТКО Н.К. Методы повышения эффективности использования техногенно-засоленных почв и выращивания сельскохозяйственных культур. Методы повышения плодородия почв и эффективности удобрений: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 130-летию со дня рождения академика Я.Н. Афанасьева. Горький, 2007, с. 124-127.

Л.Н. Воробьева, Теория и практика химического анализа почв / под ред. - М.: ГЕОС, 2006. - 400 с  
Методы микробиологии и биохимии почв: учебное пособие. Стипендия / Под ред. Д.Г. Звягинцева. - М., 1991.

Мэттис К., Эрхард Л.С., Дрейк Х.Л. Влияние pH на сравнительное культивирование грибов и бактерий в кислых и менее кислых лесных почвах. J Основной микробиол. 1997; 37 (5): 335-343. DOI:10.1002/jobm.3620370506.

Нетрусов А.И. Экология микроорганизмов. - М.: Издательский центр Академии, 2004.

Удовенко Г.В. Солеустойчивость культурных растений. - Л: Колос, 1977.

Тарчевский И.А. Метаболизм растений в условиях стресса. - Казань: Фэн, 2001.

Teather R.M., Wood P.J. Использование взаимодействий Конго-красный-полисахарид в подсчете и характеристике целлюлолитических бактерий из рубца крупного рогатого скота. Экологическая микробиология, V. 43, 1982, с. 777-780.

CHEN W.M., LEE T.M., LAN C.C. Характеристика галотолерантных ризобий, выделенных из корневых клубеньков *Canavalia rosea* из приморских районов. Федерация Европейских микробиологических обществ Микробиологическая экология, 2000, Том 34, стр. 9-16.

#### REFERENCES:

Alekhine N.D. et al. Plant Physiology: textbook. for universities. - M.: Publishing Center "Academy", 2005.

BUNCHAN S., BRITZ J.R., STANLEY GEORGIA. Degradation and mineralization of polycyclic aromatic hydrocarbons of high molecular width by certain fungal bacterial cocultures. Applied and Ecological Microbiology, 2000, vol. 66, No. 3, pp. 1007-1017.

Gupta S.S., Larson W.E., Linden D.R., 1983. Tillage and surface residue affect the temperature of the upper boundary of the soil. Soil science. Soc. Am. J. 47(6), 1212-1218.

Genkel P.A. Physiology of heat resistance and drought resistance. - M.: Nauka, 1982.

ZHUMAR P. CHERTKO N.K. Methods of increasing the efficiency of using technogenically saline soils and growing crops. Methods of increasing soil fertility and fertilizer efficiency: materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 130th anniversary of the birth of Academician Y. N. Afanasyev. Gorky, 2007, pp. 124-127.

L.N. Vorobyova, Theory and practice of chemical analysis of soils / ed. - M.: GEOS, 2006. - 400 s  
Methods of microbiology and biochemistry of soils: a textbook. Scholarship / Edited by D. G. Zvyagintsev. - M., 1991.

Mattis K., Erhard L.S., Drake H.L. The effect of pH on the comparative cultivation of fungi and bacteria in acidic and less acidic forest soils. J Basic microbiol. 1997; 37 (5): 335-343. DOI: 10.1002/jobm.3620370506.

Netrusov A.I. Ecology of microorganisms. - M.: Publishing Center of the Academy, 2004.

Udoenko G.V. Salt resistance of cultivated plants. - L: Kolos, 1977.

Tarchevsky I.A. Plant metabolism under stress. - Kazan: Feng, 2001.

Teather R.M., Wood P.J. The use of Congo-red-polysaccharide interactions in the counting and characterization of cellulolytic bacteria from the rumen of cattle. Ecological Microbiology, V. 43, 1982, pp. 777-780.

CHEN W.M., LEE T.M., LAN C.C. Characteristics of halotolerant rhizobia isolated from root nodules of *Canavalia rosea* from primorsky districts. Federation of European Microbiological Societies Microbiological Ecology, 2000, Volume 34, pp. 9-16.



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

<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483.170>

Volume 4, 41-50

УДК 637.333(479.2.5)

**С.С. Манукян**

Государственный Аграрный Университет Армении, Ереван, Армения.

E-mail: manukyanss45@mail.ru

**ТЕЧЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ  
СОЗРЕВАНИИ ГОЛЛАНДСКОГО СЫРА, ВЫРАБОТАННОГО  
ДУХСТОРОННИМ ПРЕССОВАНИЕМ**

**Аннотация.** Впервые предложен новый способ двустороннего прессования. Для его испытания была сконструирована и изготовлена винтовая прессформа для двустороннего прессования голландского сыра ручным способом и динамометр для измерения прессующего усилия над сырной массой, с помощью которых были проведены исследования на голландском круглом сыре, установлен приблизительный технологический режим. Его обоснование пока подтверждено микробиологическим исследованием. Микробиологические процессы протекали аналогично по сравнению с контрольным сыром. Рост и распределение микроорганизмов в сырной массе осуществляется за счет получения тонкого уплотняющего слоя при двустороннем прессовании, что обеспечивает большой объем для равномерного распределения влаги на верхних слоях сырной массы по сравнению с контрольным сыром с коркой.

После прессования в первые сутки общее количество микрофлоры в опытном сыре составило 2,90 млрд в 1 г, на 5 сутки достигла 2,95 млрд., т.е. преобладала на 0,05 над контрольным 2,90 млрд. Далее начинается спад молочнокислых бактерий: после 5 сутки количество микроорганизмов составило 2,8 млрд. Это количество выдержало до 10 суток, а 40-50 суток стало 0,6 млрд. Продолжалось уменьшение количества микрофлоры до 60 суток, на 70 сутки увеличивалось за счет роста молочнокислой палочки до 0,55 млрд. В конце созревания 80 суток количество молочнокислых бактерий и палочек составляет около 0,3 и 0,35 млрд в 1 г сыра. После спада молочнокислых бактерий до 80 суток процесс протекает идентично по сравнению с контрольным сыром.

**Ключевые слова:** анизотропия, бактерии, коки, палочки, пробы, редуц-тазный, бродильный, сычужнобродильный, перфорированный, гофрированный, динамометр, индикатор, тарировка.

**С.С. Манукян**

Армения Мемлекеттік Аграрлық Университеті, Ереван, Армения.  
E-mail: manukyanss45@mail.ru

**ЕКІ ЖАҚТЫ ПРЕСТЕУ АРҚЫЛЫ ӨНДІРІЛГЕН ГОЛЛАНДИЯЛЫҚ  
ІРІМШІКТІҢ ПІСУІ КЕЗІНДЕГІ МИКРОБИОЛОГИЯЛЫҚ  
ПРОЦЕСТЕРДІҢ БАРЫСЫ**

**S. Manukyan**

Armenian National Agrarian University Republic of Armenia, Yerevan.  
E-mail: manukyanss45@mail.ru

**THE FLOW OF MICROBIOLOGICAL PROCESSES DURING THE  
MATURATION OF DUTCH CHEESE PRODUCED BY TWO-SIDED  
PRESSING**

**Abstract.** For the first time, a new method of double-sided pressing has been proposed. To test it, a screw mold for double-sided pressing of Dutch cheese by hand and a dynamometer for measuring the pressing force over the cheese mass were designed and manufactured, with the help of which studies were carried out on Dutch round cheese, and an approximate technological regime was established. Its rationale has so far been confirmed by microbiological research. Microbiological processes proceeded similarly compared to the control cheese. The growth and distribution of microorganisms in the cheese mass is carried out by obtaining a thin sealing layer during double-sided pressing, which provides for a large volume for uniform distribution of moisture on the upper layers of the cheese mass compared to the control cheese with a crust.

After pressing, on the 1st day the total amount of microflora in the experimental cheese was 2.90 billion in 1 g, on the 5th day it reached 2.95 billion, i.e. prevailed by 0.05 over the control 2.90 billion. Then the decline of lactic acid bacteria begins: after 5 days, the number of microorganisms amounted to 2.8 billion. This number withstood up to 10 days, and on days 40-50 it became 0.6 billion. At the end of ripening 80 days, the number of lactic acid bacteria and bacilli is about 0.3 and 0.35 billion in 1 g of cheese. After the decline of lactic acid bacteria up to 80 days, the process proceeds identically compared to the control cheese.

**Key words:** anisotropy, bacteria, coca, rods, samples, reductase, fermentation, rennet fermentation, perforated, corrugated, dynamometer, indicator, calibration.

**Введение.** Технологический анализ показал, что как за рубежом, так и в СНГ до настоящего времени в сыроделии используют три способа –

самопрессование с использованием салфетки с перепрессовками, одностороннее прессование с использованием салфетки с перепрессовками и одностороннее прессование без салфеток без перепрессовок сырной массы. Вышеуказанные технологические процессы повышают анизотропность сырной массы и отрицательно влияют на интенсивность протекания биохимических и микробиологических процессов, которые приводят к снижению качества сыра. Таким образом, для выработки качественного сыра необходимо при прессовании получить сырную массу с более равномерным распределением влаги и твердости. Следовательно, совершенствование и разработка высокопроизводительных непрерывно действующих технических средств, техники и технологии производства натуральных сыров, особенно процессов получения сырной массы, ее формования и прессования, было и остается актуальной задачей науки и практики (Майоров и др., 2012:7, b 2013:8, 2013:9).

Впервые предлагаем 3 способа двустороннего прессования: двустороннее бессалфеточное, двустороннее ступенчатое (шаговое) бессалфеточное (с меньшим количеством пневмоцилиндров) и двустороннее бессалфеточное прессование с использованием электромагнитных сил (без пневмоцилиндров). Новый способ полностью изучен на цилиндрических (швейцарских) и прямоугольных сырах «Лори». Получив положительные результаты, мы продолжили исследование на голландских круглых сырах.

Для решения поставленной цели нами были сформулированы следующие задачи:

1. Разработать и изготовить опытный образец винтовой прессформы для двустороннего прессования голландского круглого сыра и динамометр – для измерения прессующего усилия над сырной массой.

2. Совместить технологические процессы (сборка и разборка форм, розлив сырного зерна, формование, прессование и выемка сыра из прессформы).

3. Установить оптимальный (рациональный) режим и обосновать оптимальность его двустороннего прессования для голландского круглого сыра (Майоров и др., 2013:8).

4. Изучить влияние двустороннего прессования (первого способа) на качество голландского круглого сыра.

**Материалы и методы.** Исходя из вышесказанного, предлагаем впервые 3 способа двустороннего прессования без перепрессовок: 1. двустороннее бессалфеточное, 2. двустороннее ступенчатое (шаговое) бессалфеточное (с меньшим количеством пневмоцилиндров), 3. двустороннее бессалфеточное прессование с использованием электромагнитных сил (без пневмоцилиндров).

**Методика проведения исследования.** Экспериментальные исследования проводились по стандартным и общепринятым методикам согласно ГОСТ-у. Сыропригодность молока определяли при помощи бродильной, сычужно-бродильной и редуцтазной проб (ГОСТ 3225-68). Содержание молочнокислых бактерий определяли методом предельных разведений,

маслянокислых бактерий - посевом в пробирки на Степанаванском сырзаводе Республики Армении, содержание влаги в сыре – экспресс методом (ГОСТ 3625-75г.). Опытные сыры подвергались двустороннему прессованию сконструированным и изготовленным ручным способом винтовым прессом (Климовский и др., 1965:5, Климовский, 1966:6, Манукян, 2012:10, Мудрецова-Висс и др., 1971:11, Полищук и др., 1978:12, Фостер и др., 1961:13, Аli и др., 1961:14, Manukyan, 2013:15). Конструкция прессы показана на рис. 1.

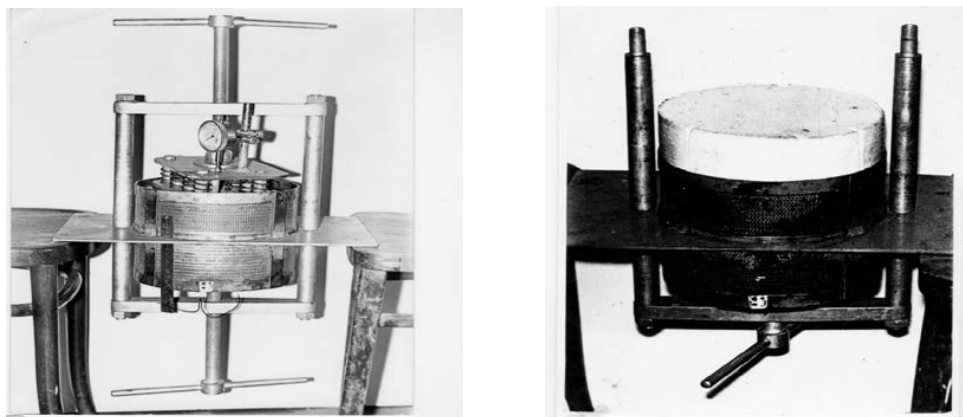


Рис. 1

Изучение влияния двустороннего прессования на качество голландского сыра было установлено впервые в приблизительном технологическом режиме (давление продолжительности). Для обоснования оптимальности (рациональность) технологического режима необходимо проводить реологические, микробиологические и биохимические исследования. Из этих важнейшее микробиологическое исследование, зная что в сырделии основное значение имеет микрофлора. Без нее невозможно вырабатывать сыры требуемого качества. Качество сыра зависит также от экзоферментов микроорганизмов, которые осуществляют сложный биохимический процесс: гидролиз белков до аминокислот, жиров – в свободные жирные кислоты и углеводов – в молочную кислоту, вследствие чего формируются органолептические показатели: вкус, аромат и консистенция сыра. Для проведения исследования на предмет влияния предлагаемого способа двустороннего прессования на течение микробиологических процессов при созревании и развитии голландского круглого сыра взяли из одной предварительной варки вносимой бактериальной закваски 0,5% от количества молока одну головку круглого и одну головку бурского сыра по 2,5 кг, зная также, что форма сыра частично влияет на процесс созревания сыров. Пробы для исследования были взяты после прессования опытного и контрольного сыров, а в бродильной камере – через 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 сутки.

Для развития микроорганизмов важную роль играет распределение влаги в сырной массе (анизотропия): чем однороднее масса сыра, тем высокого качества получается сыр. Следовательно, вследствие равномерного распределения влаги в сырной массе улучшаются условия для протекания микробиологических процессов.

Цель исследования: обосновать оптимальность (рациональность) приблизительного технологического режима голландского круглого сыра.

Для этого проведено исследование:

1. Как протекают микробиологические процессы после прессования и до конца созревания в бродильной камере опытного сыра по сравнению с контрольным.

2. Как влияет форма сыра на процесс созревания и на рост микроорганизмов при двухстороннем прессовании опытного сыра по сравнению с контрольным голландским круглым сыром.

#### **Результаты и обсуждение:**

1. Двухстороннее прессование и форма сыра не влияют отрицательно на микробиологические процессы при созревании голландского круглого сыра. Обоснование данных результатов микробиологического исследования опытного сыра в бродильной камере было аналогично по сравнению с контрольным сыром, а также частично, но точнее обосновал оптимальность приблизительного технологического режима и дал возможность продолжить реологические и биохимические исследования голландского круглого сыра.

2. Двустороннее прессование обеспечивает благоприятные условия для получения тонкого уплотняющего слоя за счет уплотнения сырной массы одновременно с обеих сторон и сокращает продолжительность прессования на 20 минут за счет исключения перепрессовки и использование салфеток по сравнению с контрольным сыром с коркой (образующейся с перепрессовками и с использованием салфетки).

3. А также большой объем более равномерного распределения влаги, развитие и распределение микроорганизмов на верхних слоях поверхности сыра, которое способствовало за короткое время в бродильной камере за 5 суток за счет роста микроорганизмов достигнуть 2,95 млрд/1г сыра.

Влияние двухстороннего прессования на течение микробиологических процессов при созревании голландского круглого сыра. До проведения эксперимента была поставлена задача получить голландский сыр высокого качества с применением двустороннего прессования. В этих опытах, помимо органолептической оценки, согласно требованиям стандарта [17], были изучены и другие показатели, и получены следующие результаты: влажность зерна 49-51%, размер зерна 6-7 мм, температура второго нагревания 39-40°C, влажность пласта 4647%, влажность свежего сыра после прессования 43-45%, влажность зрелого сыра 39-41%, рН сыра после прессования 5,5-5,8 и через 10 дней - 5,1-5,15, рН зрелого сыра 5,2-5,3. Срок созревания голландского круглого сыра 2,5 месяца.

Основываясь на полученных результатах, был определен также приблизительный режим двустороннего прессования голландского сыра. При этом режиме давление над сырной массой увеличивали от 0,1 до 0,5 кг/см<sup>2</sup> постепенно ручным способом без выдержки, который сокращает продолжительность на 20 минут. Общая продолжительность двустороннего прессования составляла 1,8-2,0 ч. Режим двустороннего прессования является приблизительным, поскольку не изучены реологические, микробиологические и биохимические процессы. Оценка качества голландского сыра дана только на основании вышеуказанных данных, и из предварительно испытанных 40 головок голландского сыра было выбрано 15 головок, которые при дегустации были оценены к высшему сорту.

Для первого эксперимента было сконструировано и изготовлено устройство для бессалфеточного прессования мелких сыров и динамометр для измерения прессующего усилия на сырную массу (рис. 1).

Контрольный сыр. Как видно из рис. 2, после прессования количество молочнокислых бактерий составляет 2,0 млрд/1 г, у голландского круглого сыра в бродильной камере 5й сутки молочнокислые бактерии достигают до максимума 2,9 млрд/1г. После этого начинается отмеренные бактерией 2,8 млрд./1 г, это количество выдерживается до 10й сутки. Продолжительное уменьшение микрофлоры до 4050 сутки составлял 0,6 млрд., а до 60й сутки - 0,5 млрд. Дальше молочнокислые бактерии увеличиваются за счет молочнокислых палочек. С 60й по 70й сутки их количество достигало 0,45 млрд. В конце созревания, т.е. на 80 сутки становится 0,3 млрд. в 1г сыра.

Опытный сыр. Из рис. 2 видно, что в опытном сыре после прессования количество микроорганизмов составляет 1,8 млрд, на 5 сутки количество молочнокислых бактерий достигает до максимума 2,95 млрд. в 1г сыра, которые больше на 0,05 млрд по сравнению с контрольным - 2,90 млрд. Это означает, что двухстороннее прессование тормозило рост микроорганизмов только при прессовании 0,02млрд./1 г сыра меньше, чем контрольного, за счет интенсивного выделения сыворотки из сырной массы. Этот процесс продолжился в первые сутки в бродильной камере. Затем развитие микрофлоры протекает почти также как и в контрольном сыре. А за короткое время накопление молочнокислых бактерий до максимума 2,95 млрд осуществилось за счет получения при двухстороннем прессовании тонкого уплотняющего слоя сырной массы, который обеспечивает благоприятные условия и большой объем для более равномерного распределения влаги, развития и равномерного распределения микроорганизмов до верхних слоев сырной массы по сравнению с контрольным сыром с коркой.

Из рис. 2 видно также, что у молочнокислых бактерий из максимум 2,95 млрд./1г начинается спад с 5-й сутки до 2,7 млрд. в 1г. Это количество выдерживается до 10-й сутки. После чего начинается отмирание молочнокислых бактерий до 45-50 сутки 0,6 млрд/1г. Затем увеличивается за счет развития молочнокислых палочек до 70-й сутки на около 0,45 млрд. Далее спад

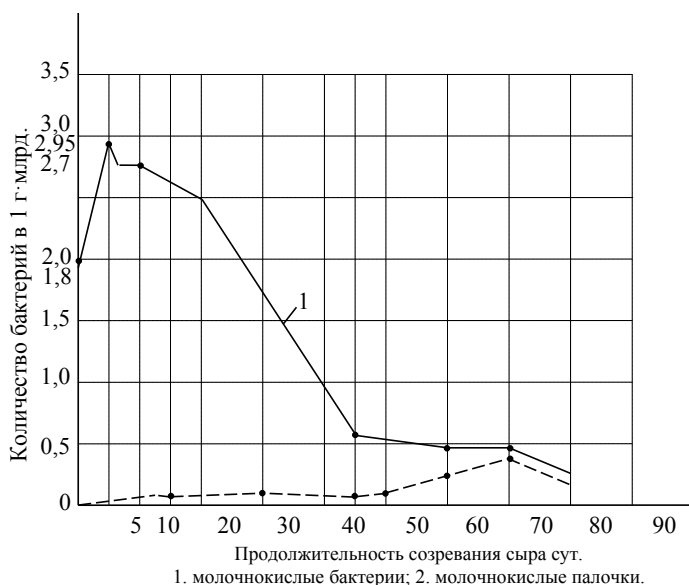
молочнокислых бактерий продолжается до 80-й сутки 0,35 млрд. Это означает, что микробиологический процесс протекает аналогично контрольному сыру, т.е. микробиологическое исследование снова подтвердило частичную оптимальность (рациональность) установленного технологического режима, и дало возможность проводить также реологические и биохимические исследования.

Контрольный сыр



Опытный сыр

Рис. 2 Изменение объема микрофлоры при созревании голландского сыра



**Обсуждение.** Предложено впервые двустороннее бессалфеточное прессование голландского круглого сыра за счет исключения перепрессовки с использованием салфетки, которое сокращает продолжительность прессования на 20 минут.

1. Для его испытания была сконструирована и изготовлена винтовая пресс-форма для двустороннего прессования голландского сыра ручным способом.

2. Динамометр для измерения прессующего усилия над сырной массой.

3. Проведено микробиологическое исследование для обоснования оптимальности (рациональности) приблизительного технологического режима двухстороннего прессования и его влияния на качество голландского круглого сыра.

4. Определено также влияние формы сыра на микробиологические процессы при созревании голландского сыра.

Был сделан следующий вывод:

Двустороннее прессование тормозит рост микроорганизмов при прессовании в первые сутки (2,5) в бродильной камере.

Микробиологический процесс опытного сыра протекал интенсивно и с 5й сутки составлял 2,95 млрд/1г сыра по сравнению с контрольным сыром с коркой без толстого под коркой слоя.

Двустороннее прессование сокращает продолжительность прессования на 20 минут за счет исключения перепрессовок и использования салфеток при прессовании и одновременное уплотнение сырной массы с обеих сторон.

**Заключение.** 1. Двухстороннее прессование и форма сыра не влияют на микробиологические процессы при созревании голландского круглого сыра.

2. Микробиологический процесс протекал аналогично начиная с момента прессования до конца созревания опытного сыра по сравнению с контрольным сыром с коркой. Это означает, что сделан первый шаг для обоснования оптимальности приблизительного технологического режима, и дана возможность продолжить (рациональность) реологические и биохимические исследования голландского сыра.

3. Двухстороннее прессование устраняет анизотропию и на основании этого обеспечивает благоприятные условия и большой объем для интенсивного развития, а также распределение микрофлоры до верхних поверхностных слоев сырной массы. Следовательно, биохимические процессы проходят интенсивно, что приводит к повышению качества сыра.

#### **Information about author:**

**Manukyan Samvel** – Ph.D. in Technical Sciences, Docent, Associate Professor at Armenian National Agrarian University, Republic of Armenia, manukyanss45@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2855-4641> UDC 637.333(479.2.5) HTAMP 65.63.39.



**ЛИТЕРАТУРА:**

- Диланян З.Х. Основы сыроделия.- М.: «Пищевая промышленность», 1970.- 93 с. (на русс.).
- Диланян З.Х., Остроумов А.А. Влияние бактериальных заквасок, подобранных по аминокислотному составу на качество советского сыра.// Сб. докл. межвуз. конф. по молочному делу.- Ереван: «Айастан», 1971.- С. 195. (на русс.).
- Диланян З.Х. Основы сыроделия.- М.: Пищевая промышленность, 1980.- 112 с. (на русс.).
- Инихов Г.С. Биохимия молока и молочных продуктов.- 32е изд., перераб. и доп.- М.: «Пищевая промышленность», 1970.- 316 с. (на русс.).
- Климовский И.И., Алексеева К. Влияние молочнокислых бактерий и их культурной среды на развитие пропионовокислых палочек // Молочная промышленность.- М., 1965, № 4.- С. 15. (на русс.).
- Климовский И.И. Биохимические и микробиологические основы производства сыра.- М.: Пищевая промышленность, 1966.- 208 с. (на русс.).
- Майоров А.А., Мироненко И.М. Отделение сыворотки и формование сыров // Сыроделие и маслоделие.- М., 2012, № 6.- С. 13-18. (на русс.).
- Майоров А.А., Мироненко И.М. Прессование сырной массы // Сыроделие и маслоделие.- М., 2013, № 1.- С. 26-30. (на русс.).
- Майоров А.А., Мироненко И.М. Прессование сырной массы // Сыроделие и маслоделие.- М., 2013, № 2.- С. 34-38. (на русс.).
- Манукиан С.С. Изменение микрофлоры в сыре «Швейцарский», выработанном при двустороннем прессовании // Сыроделие и маслоделие.- 2012, № 6.- С. 19-20. (на русс.).
- Мудрецова-Висс К.А., Чистяков Ф.М. Микробиология. – М.: Экономика, 1971. – 263 с. (на русс.).
- Полищук П.К., Дербинова Э.С., Казанцева Н.Н. Микробиология молока и молочных продуктов.-М.:Пищевая промышленность, 1978.- 240 с. (на русс.).
- Фостер Э.М., Нельсон Ф.Ю., Спек М.Л., Детч Р.Н., Ольсон Дж.С. Микробиология молока. – М.: Пищепромиздат, 1961.– 533 с. (на русс.).
- Ali L., Mulder H. Taste and flavorforming compounds in cheese; the amino acid content of Edam cheese.// Netherl. Melk en Zuiveltids.- 1961, 15, H. 4, 128 (на англ.).
- Manukyan S.S. Change of micro flora in cheese “Lori” during its maturing produced by two-sided pressing.// Annals of agrarian science.- 2013.- Vol. 11, № 3.- P. 90-92. (на англ.).

**REFERENCES:**

- Dilanyan Z.H. Fundamentals of cheese making. - M.: “Food industry”, 1970.- 93 p.
- Dilanyan Z.H., Ostroumov A.A. The influence of bacterial starter cultures selected by amino acid composition on the quality of Soviet cheese.// Collection of dokl. mezhvuz. conf. on dairy business.- Yerevan: “Hayastan”, 1971.- p. 195. (in Russian).
- Dilanyan Z.H. Fundamentals of cheese making. - M.: Food industry, 1980.- 112 p.
- Inikhov G.S. Biochemistry of milk and dairy products.- 32nd ed., reprint. and additional - M.: “Food industry”, 1970.- 316 p. (in Russian).
- Klimovsky I.I., Alekseeva K. The influence of lactic acid bacteria and their cultural environment on the development of propionic acid sticks // Dairy industry.- M., 1965, No. 4.- p. 15. (in Russian).
- Klimovsky I.I. Biochemical and microbiological bases of cheese production.- M.: Food industry, 1966.- 208 p. (in Russian).
- Mayorov A.A., Mironenko I.M. Separation of whey and cheese molding // Cheese making and butter making.- M., 2012, No. 6.- pp. 13-18. (in Russian).
- Mayorov A.A., Mironenko I.M. Pressing of cheese mass // Cheese making and butter making.- M., 2013, No. 1.- pp. 26-30. (in Russian).
- Mayorov A.A., Mironenko I.M. Pressing of cheese mass // Cheese making and butter making. - M., 2013, No. 2.- pp. 34-38. (in Russian).

Manukyan S.S. Change of microflora in Swiss cheese produced during bilateral pressing // Cheese making and butter making.- 2012, No. 6.- pp. 19-20. (in Russian).

Mudretsova-Viss K.A., Chistyakov F.M. Microbiology. – M.: Economics, 1971. – 263 p. (in Russian).

Polishchuk P.K., Derbinova E.S., Kazantseva N.N. Microbiology of milk and dairy products. - M.: Food industry, 1978.- 240 p. (in Russian).

Foster E.M., Nelson F.Yu., Speck M.L., Detch R.N., Olson J.S. Microbiology of milk. – M.: Pishchepromizdat, 1961.– 533 p. (in Russian).

Ali L., Mulder H. Flavor-forming compounds in cheese; amino acid content in Edam cheese.// Netherlands. Melk-an-Zuiveltids.- 1961, 15, H. 4, 128 (in English).

Manukyan S.S. The change of microflora in Lori cheese during its maturation, obtained by double-pressing. // Annals of Agrarian Science.- 2013.- Vol. 11, No. 3.- pp. 90-92. (in English).

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

<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483>. 171

Volume 4, 51-60

УДК: 623.2.03.528.

**А.Ә. Төреханов<sup>1</sup>, Б. Садық<sup>1\*</sup>, Б.Қ. Насырханова<sup>2</sup>, А.Ш. Сарсембаева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>«Қазақ мал шаруашылығы және жемшөп өндірісі ҒЗИ» ЖШС,  
Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>«Ұлттық аграрлық ғылыми-білім беру орталығы» КЕАҚ, Астана, Қазақстан.  
E-mail: [info@kazniizhik.kz](mailto:info@kazniizhik.kz)

**СУАРМАЛЫ ЖАЙЫЛЫМДАРДЫ ЖАСАУ МЕН ПАЙДАЛАНУДЫҢ  
ЗАМАНАУИ ТӘСІЛДЕРІ**

**Аннотация.** Соңғы жылдары жайылымдарды тұрақты және жүйесіз пайдалану олардың тозуына ғана емес, жалпы Қазақстандағы мал шаруашылығының дамуына да әсер етуде. Табиғи жайылымдардың жетіспеушілігінен соңғы кезде суармалы жайылымдар жасау қолға алынуда. Ұсынылып отырған мақалада тозығы жеткен суармалы жерлерде мәдени жайылымдар жасауда көк балаусаның жоғары өнімін алуды қамтамасыз ететін жергілікті жағдайға бейімделген топырақты өңдеу мен мал азығы дақылдарының түрлерінің көп құрамды коспасын егу тәсілдері баяндалған. Жаңадан жасалған жайылымдарда жоғары өнімділікті ұзақ жылдар бойы қамтамасыз ету үшін олардың өнімділігі мен жемшөп сыйымдылығына сәйкес жылқы малын жаюдың нақты жүктемелері мен нормативтерін есептеудің заманауи әдістері көрсетілген. Суармалы жайылымдарда күн сәулесінен қуат алатын электр бақташылығын пайдалану арқылы көпциклды жайылым айналымы ұйымдастырылған. Суармалы жайылымдарды жасау мен пайдаланудың заманауи тәсілдері тозығы жеткен жерлердің өнімділігін 3 есеге дейін арттыруға мүмкіндік берген. Көпқұрамды жайылымдарда жылқыны көпциклды жаюдың экологиялық, экономикалық және әлеуметтік тиімділіктері бойынша нақты мәліметтер келтірілген. Мақалада жасалған тұжырымдар мен ұсыныстарды іске асыру жайылым шаруашылығын жүргізудің қолданыстағы жүйесін түбегейлі өзгертуге жәрдем етеді.

Мақала жайылым шаруашылығын заман талаптарына сай дамыту мәселелерін терең зерттеумен шұғылданып жүрген ғылыми мекеме қызметкерлеріне, сонымен қатар, фермерлер мен шаруаларға тозығы жеткен суармалы жерлерде екпе жайылымдар жасау мен онда мал жаюды дұрыс ұйымдастыру үшін керекті құнды әдістемелік құрал болып табылады.

**Түйін сөздер:** көпқұрамды суармалы жайылымдардың жемшөп сыйымдылығы, көпциклді жайылым айналымы, электр мал бақташысы.

**А.А. Тореханов<sup>1</sup>, Б. Садық<sup>1\*</sup>, Б.К. Насырханова<sup>2</sup>, А.Ш. Сарсембаева<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>ТОО «Казахский НИИ животноводства и кормопроизводства»,  
Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>НАО «Национальный аграрный научно-образовательный центр»,  
Астана, Казахстан.

E-mail: info@kazniizhik.kz

### **СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ СОЗДАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ ПАСТБИЩ**

**Аннотация.** В последние годы бессменное и бессистемное использование сказывается не только на деградации пастбищных угодий, но и в целом на развитии животноводства Казахстана. Из-за нехватки естественных пастбищ в последнее время ведется создание орошаемых пастбищ. В предлагаемой статье изложены способы обработки почвы и посева многокомпонентной смеси адаптированных к местным условиям видов кормовых культур при создании культурных пастбищ, обеспечивающие получения высоких урожаев зеленой массы на деградированных орошаемых землях. Приведены современные методы расчета фактических нагрузок и нормативов выпаса лошадей в соответствии с их продуктивностью и кормоемкостью которые обеспечивают высокопродуктивного долголетия вновь созданных пастбищ.

На орошаемых пастбищах организован многоциклический пастбищный оборот с использованием электрического пастуха с солнечным генератором. Современные подходы к созданию и использованию орошаемых пастбищ позволили повысить продуктивность деградированных земель до 3 раз. Приведены конкретные данные по экологической, экономической и социальной эффективности многоциклического выпаса лошадей на многокомпонентных пастбищах. Практическая реализация выводов и предложений, сделанных в статье, способствует кардинальному изменению существующей системы ведения пастбищного хозяйства.

Статья полезна работникам научных учреждений, занимающихся углубленным изучением проблем развития пастбищного хозяйства в соответствии с современными требованиями. Кроме того, это ценный методический инструмент, необходимый фермерам и крестьянам для создания пастбищ на деградированных орошаемых землях и правильной организации выпаса скота.

**Ключевые слова:** кормоемкость многокомпонентных орошаемых пастбищ, многоциклового пастбищный оборот, электрический пастух.

A. Torekhanov<sup>1</sup>, B. Sadyk<sup>1\*</sup>, B. Masyrkhanova<sup>2</sup>, A. Sarsembaeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>LLC «Kazakh Research Institute of Animal Husbandry and Fodder Production»,  
Almany, Kazakhstan;

<sup>2</sup>NJSC “National Agrarian Scientific and Educational Center”,  
Astana, Kazakhstan.

E-mail: info@kazniizhik.kz

## **MODERN APPROACHES TO THE CREATION AND USE OF IRRIGATED PASTURES**

**Abstract.** In recent years, permanent and unsystematic use affects not only the degradation of pastures, but also the development of livestock in Kazakhstan in general.

Due to the lack of natural pastures, irrigated pastures have recently been created. The proposed article describes the methods of tillage and sowing of a multicomponent mixture of locally adapted types of forage crops when creating cultivated pastures, ensuring high yields of green mass on degraded irrigated lands. Modern methods of calculating the actual loads and standards of grazing horses in accordance with their productivity and feed capacity are given. which ensure highly productive longevity of newly created pastures.

A multicyclic pasture turnover is organized on irrigated pastures using an electric shepherd with a solar generator. Modern approaches to the creation and use of irrigated pastures have allowed to increase the productivity of degraded lands up to 3 times. Specific data on the ecological, economic and social efficiency of multicyclic grazing of horses on multicomponent pastures are presented. The practical implementation of the conclusions and proposals made in the article contributes to a radical change in the existing system of pasture management.

The article is useful for employees of scientific institutions engaged in in-depth study of the problems of pasture farming development in accordance with modern requirements. In addition, it is a valuable methodological tool necessary for farmers and peasants to create pastures on degraded irrigated lands and properly organize grazing.

**Key words:** feed capacity of irrigated multicomponent pastures, multicycle pasture turnover, electric shepherd.

**Кіріспе.** Қазақстан жайылымдық жер бедерінің біркелкі еместігімен сипатталады және оларды орнықты басқару тәсілдері бір-бірінен айтарлықтай ерекшеленеді (Тореханов et al., 2008). Мысалы, далалық, шөл және шөлейт аймақтардағы жайылымдық жерлерді ұтымды пайдалану тәсілдері Оңтүстік Қазақстанның тау етегі аумағының жайылымдары үшін мүлдем қолайсыз. Басқа аймақтармен салыстырғанда онда халық тығыз орналасқан, жердің бедері таулы-толқынды болып келеді және жергілікті су көздері бар.

Жайылымдардың жыртуға және суаруға жарамды аумақтары егістік жерлерге айналдырылған. Мұндағы малдың 80 пайыздан астамы шағын және орта ауыл шаруашылығы құрылымдары мен жеке шаруашылықтарда ұсталады. (Алимаев et al., 2020) Жайылым аумақтарының аздығы мен өнімінің төмендігі, қазіргі уақытта оларға керекті жайылымдық мал азығымен толық қанағаттандыра алмайтын болды. Пайдаланылмай жатқан жерлер есебінен жайылымдық алқаптарды ұлғайту немесе жаз кезінде малды шалғай жайылымдарға шығарудың мүмкіндіктері де іс жүзінде жоқ (Смаилов et al., 2014).

Ұсынылып отырған мақалада мал азықтық алқаптардың өнімділігін арттыру үшін тозығы жеткен жерлерде суармалы көпқұрамды жайылымдарды құру мен пайдаланудың заманауи технологияларын қолдану арқылы өнімділікті екі еседен астамға көтеріп, жылқыны жайылымдық жасыл азықпен толыққанды қамтамасыз ету тәсілдері баяндалған.

**Зерттеу материалдары мен әдістері.** Мақала Қазақ мал шаруашылығы және жемшөп өндірісі ғылыми-зерттеу институты мен Біріккен Ұлттар Ұйымының Қазақстандағы Даму Бағдарламасының Шағын Гранттар Бағдарламасының (ШГБ) Түркістан облысы Қазығұрт ауданы «Қараша агро» ЖШС-нің аумағында бірлесіп іске асырған «Жергілікті қоғамдастықтардың әлауқатын жақсарту үшін тозған жайылымдардың өнімділігін жедел арттыру» жобасының нәтижелері негізінде дайындалды. Көпқұрамды жайылымдар құруға керекті мал азығы дақылдарының тұқымдары, жайылымдарды қоршауға керекті материалдар мен онда жылқыны көп циклды тәсілмен жаюға керекті электр бақташы жабдықтары ШГБ -сы қамтамасыз етті. «Қараша агро» ЖШС барлық дала жұмыстарын өз қаржысы есебінен дер кезінде орындады.

Қазақ мал шаруашылығы және жемшөп өндірісі ғылыми-зерттеу институты Қазақстан Республикасының “Жайылымдар туралы” Заңының 9-бабының (Заң, et al., 2017) және “Жайылымдарды ұтымды пайдалану қағидаларын бекіту туралы” Қазақстан Республикасы Премьер – Министрінің Орынбасары-Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы Министрінің 2017 жылғы 24 сәуірдегі № 173 бұйрығының (Бұйрық et al., 2017) талаптарына сәйкес жайылым танаптарында геоботаникалық зерттеулер жүргізілді. Көпқұрамды жайылым танаптарын жасау үшін жергілікті жер жағдайына бейімелген жоңышқа, сиыр жоңыршқа, еркекшөп және бидайық дақылдарының қоспасы егілді. Олардың өсіп өну барысында фенологиялық бақылаулар жүргізілді. Жасақталған жайылым аумағы төрт танапқа бөлінді. Әр жайылым циклында жеке танаптың өнімділігі анықталып, оның жемшөп сыйымдылығына сәйкес жылқы малын жаюдың нақты жүктемесі мен жаю мерзімі анықталды. Осы нормативтерді жедел есептеу үшін excel форматтағы сандық (цифрлық) бағдарлама пайдаланылды. Жайылымды пайдаланудың көпциклды тәсілін іске асыру үшін күн сәулесінен қуат алатын жылжымалы электр бақташы пайдаланылды. Алдын ала жасалған мал жаюдың бағдарламасына сәйкес ол 15 га танапқа орнатылып, мал жаюдың нормативтік мерзімі біткеннен кейін

келесі танапқа көшіріліп отырды. Мал жаюдан босаған танап барабан типті машинамен суғарылып, жайылым пайдаланудың келесі циклына дайындалды. Осылайша жайылым маусымы кезінде әр танапта 8 рет мал жаюға мүмкіндік жасалды.

**Нәтижелер.** Зерттеулер Түркістан облысы Қазығұрт ауданы Қызыл-қия ауылдық округінің “Қараша Агро” ЖШС (бұдан әрі-ЖШС) жері Шымкент-Ташкент автожолының 70 км-нің шығыс жағында, аудан орталығы “Қазығұрт” ауылынан 12 км-де және Шымкент қаласынан оңтүстікке қарай 72 км жерде, Үлкен Келес каналының суландыру массиві аймағында жүргізілді.

Жер бедері Батыс Тянь-Шаньның толқынды тау бөктеріндегі көлбеу жазықтарының кең жолағы түрінде сипатталады. Топырағы сұр қоңыр карбонатты, тозығының деңгейіне байланысты қарашірік мөлшері 1,2-1,7% құрайды.

Зерттеу аумағының климаты қатаң континентальды, қысы жұмсақ, қысқа, жиі жылынады, жазы ыстық, ұзақ. Жауын-шашынның жылдық мөлшері 400-500 мм құрайды, қысқы-көктемгі кезеңде 80%-ға дейін жауын-шашын түседі. Жайылым кезеңінің ұзақтығы 240-280 күнге жетеді, аязсыз маусымның орташа ұзақтығы 150-190 күн. (Байшоланов et al., 2013). Қар жамылғысы тұрақсыз және топырақтың катуы тек беткі қабаттарында болады да, ол жылы ауа-райының басталуымен тез ериді. Соңғы жылдары климаттың жаһандық жылынуына байланысты вегетациялық кезең ұзаруда. (Байшоланов et al., 2017). Бұл жағдайда жайылымдық өсімдіктер өсіп өнуді тоқтатпай, баяу болса да жалғастыра береді. Осыған байланысты мұнда жайылым кезеңі де кей жылдары ұзарып, малды қыс айларында да жайылымда бағуға мүмкіндік туады (Байшоланов et al., 2020).

ЖШС-нің жалпы жер көлемі 192,5 га, оның ішінде 67,8 га суармалы және 124,7 га өнімі төмен тозығы жеткен тәлімі егістік, шабындық мен жайылымдық жерлер. Жайылымдық алқаптарда малды жүйесіз жаюдың салдарынан соқпақтар мен өсімдік және топырақ тозуына ұшыраған жерлердің үлесі 50%-дан асады. Маусымдық жайылымдардың көкбалауса өнімінен жинақталатын азық бірлігі 900 центнерден аспайды. Ол жылқы үшін күніне 11 кг жайылымдық азықтың бірлігі керек деп есептегенде, серіктестіктің 70 бас жылқысына 112 күнге жетеді, яғни керекті жайылымдық азықтың жартысына жуығы ғана қамтамасыз етіледі.

Тозған алқаптардың өнімділігін жедел арттыру бойынша түбегейлі шараларды іске асыру үшін суаруға болатын аумағы 60 га жерде көпқұрамды жайылым жасау ұйғарылды. Топырақ және геоботаникалық зерттеулер нәтижелеріне сүйене отырып ол жерлер 4 жайылым танаптарына бөлінді. Әр танап қалыптасқан ерекшеліктеріне сай өңделіп, жоңышқа, сиыржоңышқа; еркекшөп және бидайық тұқымдарының қоспалары жамылғы арпа немесе сұлы дақылдарымен бірге себілді.

Бірінші танап - 8 жыл бұрын дәнді дақылдар егілген және тозығы жетіп

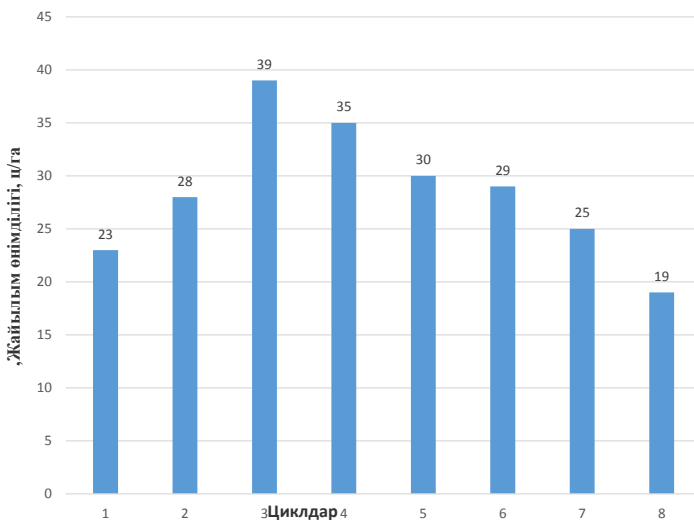
тапталған жерлер болатын. Онда мал азықтық дақылдардың тұқымы топырақты ауыр дискімен екі рет өңделгеннен кейін себілді.

Екінші танап - 2 жыл бұрын жыртылып дәнді дақылдар егілген және соңғы уақытта жайылым ретінде пайдаланып жүрген жерлер еді. Мұнда тұқым топырақты өңдемей чизелді сепкішпен себілді.

Үшінші танап - беткей жердегі суаруға болатын жайылымдар еді. Мұндағы табиғи шөптердің қалған бөлігін сақтап қалу үшін дискімен өңдеп чизелді сепкішпен себілді.

Төртінші танап - малды жүйесіз жаю салдарынан қатты тозған беткейлердегі жайылымдар болатын. Топырақ эрозиясын болдырмау үшін олар беткейге көлденең бағытта дискімен өңделіп, тұқым чизелді сепкішпен себілді.

Аталған жайылым танаптары Үлкен Келес магистральдық каналы деңгейінен 60-80 метр төмен орналасқан және оларға су жер асты құбырлары арқылы барады. Көпқұрамды жайылым жасалатын барлық танаптарға қосымша суару жүйелері тартылды. Суару жүйесіндегі үлкен қысымды пайдаланып барабанды суару қондырғыларымен сәуір мен қараша айлары аралығында 8-9 рет суғарылды. Нәтижеде, жайылым маусымының көктемгі кезеңінде жаңадан жасалған жайылым танаптарында 23-28 ц/га, жайылымдық азық тапшы болатын жаз айларында 30-39 ц/га, ал күзде 19-29 ц/га көкбалауса өнімі алынды (1-сурет).



1-сурет. Жайылым циклдарындағы көк балауса өнімі

**Талқылау.** Өнімділіктің еселеп артуы жайылым маусымы кезеңінде 2000 центнерден астам азық бірлігін жинақтауды және «Қараша Агро» ЖШС-нің 70 жылқысын жайып семіртуді қамтамасыз етті. Мал азықтық дақылдарының көпқұрамды егісі тозған топырақтың құнарлылық күшін тез қалпына келтіруге де оң ықпал жасады.



Екпе жайылымдарда жинақталған жемшөптің жоғары өнімді массасы электр бақташыларды қолдану арқылы көпциклды жайылым айналымын ұйымдастыруға мүмкіндік берді (2, 3-сурет).



2-сурет. Электрбақташы



3-сурет. Көпқұрамды суармалы жайылым

Әр танаптың маусымдық өнімділігіне сай жылқы жаюдың сандық бағдарламасы жасалды (1-кесте).

1-кесте. Көп циклді жайылым айналымын ұйымдастырудың бағдарламасы

Циклдар	Жайылым циклындағы жалпы және мал жейтін 60% өнім, ц/га		60 га жайылымнан әр циклда алынатын азық бірлігі, ц	70 бас жылқыға күнде керекті нормативті азық бірлігі, ц	60 га жайылымда жылқы жаюдың нормативтік мерзімі, күн	Әр 15 гектар танапта жылқы жаюдың нормативтік мерзімі, күн			
			(с * 0.25*60)	(0.11*70)	(d/e)	1	2	3	4
а	в	с	д	е	ф				
1-цикл 23.03.-14.04.	23	13,8	207	7,7	27	7	6	7	7

2-цикл 14.04.-16.05.	28	16,8	252	7,7	33	8	8	9	8
3-цикл 16.05.-30.06.	39	23,4	351	7,7	46	12	11	11	12
4-цикл 30.06.-09.08.	35	21	315	7,7	41	10	10	10	11
5-цикл 09.08.-12.09.	30	18	270	7,7	35	8	9	9	9
6-цикл 12.09.-15.10.	29	17,4	261	7,7	34	9	9	8	8
7-цикл 15.10.-12.11.	25	15	225	7,7	29	7	7	8	7
8 -цикл 12.11.-03.12.	19	11,4	171	7,7	22	5	6	6	5
<b>Барлығы</b>			2052		267	67	66	68	67

Кестеде көрсетілген бағдарлама бойынша, жыл маусымына байланысты 60 гектар суармалы жайылымда 70 бас жылқыны әр циклда 22 ден 46 күн, ал 267 күндік жайылым маусымында 8 рет жаюға болатындығы анықталды. Бұл жағдайда 15 гектарлық танаптың өнімділігі көктем кезінде жылқыны әр циклда 7-8 күн, жазда 10-12, ал күзде 5-8 күн жаюға жетеді. Жылқыларды бір танап аясында бұл мерзімде шектеп жаю өте қиын.

Сондықтан да электр бақташы қондырғылары іске қосылды. Олар сандық бағдарламада көрсетілген тәртіп бойынша әр танапта жайылымдық азықты пайдаланудың біркелкілігін және нормативті мерзімін мұқият қадағалап отыруға мүмкіндік берді. Бағдарлы жаю мерзімі біткеннен кейін ол қондырғылар келесі танапқа көшірілді де, мал жаюдан босаған танаптарда бір айдан астам уақыт, яғни келесі жайылым циклының мерзімі келгенше, суғару және де басқа дала жұмыстары іске асырылды. Демалыстағы кезеңде танаптарда келесі мал жаю циклына қажетті өсімдік массасы жинақталды.

Электр бақташы жабдығын пайдалану арқылы наурыз-желтоқсан айлары аралығында жайылымды біркелкі және тиімді пайдалану жүйесі іске асты. Ол әр бас жылқы басына есептегенде 50 кг-ға дейін қосымша салмақ немесе 25 кг таза ет пен сауылған 30 биеден 27000 литр саумал өндіруге мүмкіндік берді. Ең қарапайым есептеулер бойынша, 60 га суармалы жайылымда 70 бас жылқы ұстағанда, жайылым маусымында түсетін таза табыстың жалпы сомасы 15 млн. теңгені құрады. Жайылымдарды құруға, күтіп баптап суғаруға және пайдалануға, сондай-ақ емдік сүт өнімдерін (саумал, қымыз және т.б.) өндіруге байланысты қосымша 25 адам жұмыспен қамтамасыз етілді.

Мақалада атап көрсетілген жаңа тәсілдер Түркістан облысы Қазығұрт ауданы «Қараша агро» ЖШС-нің жайылымдарын басқару және тиімді пайдаланудың 2021-2022 жылдарға арналған жоспарын жасауға негіз болды (Садық et al., 2021). Оларды кеңінен қолдану оңтүстік өңірде жайылымды пайдалану мәдениетінде технологиялық серпіліс туғызады, мал шаруашылығы өнімін өндіруді ұлғайтады және 2 есе көп табыс алуды қамтамасыз етеді

**Қорытынды.** 1. Деградацияға ұшыраған жерлерде көпқұрамды суармалы жайылымдарды құру мен пайдаланудың заманауи тәсілдері жемшөп өнімділігін екі есе ұлғайтып, жылқы шаруашылығын орнықты дамыту үшін қажетті маусымдық азық қорын жасақтауға мүмкіндік береді.

2. Көпциклді мал жаюдың сандық бағдарламасы қолдануға ыңғайлы. Оның форматын ұялы телефонда сақтап кез-келген уақытта және кез-келген жерде танаптағы нақты өнімге сәйкес мал жаюдың нормативтік мерзімін анықтауға болады.

3. Жасақталған бағдарламаның нормативтеріне сәйкес электр бақташы жабдықтарын қолдану суармалы жайылым танаптарын көпциклды пайдалануды және маусым сайын әр жылқыдан 215 мың теңгеден астам таза табыс алуды қамтамасыз етеді.

### **Information about authors:**

**Torehanov Aibyn** – Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan. <http://orcid.org/0000-0002-3237-3683>;

**Sadyk Bakhtiyar** – Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan. <http://orcid.org/0000-0002-0542-6292>;

**Nasyrkhanova Bakyt** – General manager;

**Sarsembaeva Aiman** – candidate of agricultural sciences. <http://orcid.org/0000-0002-0752-1074>.

### **ӘДЕБИЕТ:**

Алимаев И.И., Кушенов К.И., Мелдебекова Н.А., Жакипова К.Б. и др. «Рекомендация по использованию пастбищ в мясном скотоводстве». Алматы, 2020. 28 с.

Абдрахметов М.А., Аблайсанова Г.М., Байшоланов С.С. Оценка агроклиматических условий и состояния пастбищ южной половине Казахстана // Гидрометеорология и экология. 2018. № 3 (90). С. 15-28.

Байшоланов С.С. Оценка влияния изменения климата, уязвимости природных экосистем и секторов экономики и климатических рисков. Сельское хозяйство // III-VI Национальное Сообщение Республики Казахстан Рамочной конвенции ООН об изменении климата. Астана, 2013. - С. 139-149.

Байшоланов С.С. Состояние и тенденции изменения продуктивности пастбищ в южной половине Казахстана // Вестник КазНУ, Серия географическая. 2007. Вып. 2. - С. 34-42.

Байшоланов С.С., Абдрахметов М.А., Аблайсанова Г.М. Оценка уязвимости пастбищ Южного Казахстана к изменению климата. Гидрометеорологические исследования и прогнозы. Астана. 2020. № 1 (375). - С. 190-203.

Геоинформационная карта деградированных пастбищ РК. <https://arcg.is/vuuvT> .

Закон Республики Казахстан «О пастбищах» от 20 февраля 2017 года № 47-VI ЗРК.

Об утверждении предельно допустимой нормы нагрузки на общую площадь пастбищ, Приказ Заместителя Премьер-Министра РК - Министра сельского хозяйства РК от 24.04.2017 №172.

Тореханов А.А., Алимаев И.И., Оразбаев С.А. Лугопастбищное кормопроизводство, Алматы, Ғылым, 2008 г. – 446с.

Правила рационального использования пастбищ, Приказ Заместителя Премьер-Министра Республики Казахстан - Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 24 апреля 2017 года №173.

Садык Б., Кертель Х., Балтаев Е.Т. и др. - Казахстанская модель устойчивого управления пастбищными ресурсами, Издание ПРООН. - Алматы, 2011. - 118 стр.

Смаилов К.Ш., Алимаев И.И., Кушенов К.И. и др. Рекомендация «Рациональное использование пастбищ в условиях вертикальной зональности Юго-Востока Казахстана (Жамбылская область, Кордайский район, к/х «Батыр»)». - Алматы, 2014. – 28 с.

Садык Б., Байахметов Б.К. - План управления пастбищами и их использования в Акшатауском сельском округе Аягозского района Восточно-Казахстанской области, Издание ПРООН. - Астана, 2018 г.

Садык Б., Балтаев Ж.Т. «Түркістан облысы Қазығұрт ауданы Қараша агро ЖШС жайылымдарын басқару және оларды пайдаланудың 2021-2022 жылдарға арналған жоспары», ШГБ басылымы, Шымкент, 2021 ж.

Шимырбаева Г. Остановить деградацию пастбищ. //Казахстанская правда. 2 августа 2013. № 243 (27517). - 11с.

#### REFERENCES:

I.I. alimaev, K.I. Kushenov, N.A. Meldebekova, K.B. Zhakipova and Dr. “Recommendation for the use of pastoral care in Slaughterhouse”. Almaty, 2020.28 p.

Abdrakhmetov M.A., Ablaisanova G.M., Baisholanov S.S. Otsenka agro-climatic conditions and conditions of the southern half of Kazakhstan //Hydrometeorology and ecology. 2018. №3(90). Pp. 15-28.

Baisholanov S.S. Report on climate change, climate change, climate change, ecosystem and sectors of the economy and climatic risks. Agriculture // III-VI National Meeting of the Republic of Kazakhstan on climate change. Astana, 2013. - P. 139-149.

Baisholanov S.S. history and trends in the development of productive pastoral in the southern half of Kazakhstan // Bulletin of kaznu, geographical series. 2007. VIP. 2. - pp. 34-42.

Baisholanov S.S., Abdrakhmetov M.A., Ablaisanova G.M. Report on the influence of pastoral South Kazakhstan on climate change. Hydrometeorological research and prognosis. Astana. 2020. № 1 (375). - Pp. 190-203.

Geoinformation map of degraded pastoral RK. <https://arccg.is/vuuvT>.

The law of the Republic of Kazakhstan “on pasties” dated February 20, 2017 No. 47-VI zrk.

According to the report of the Deputy Prime Minister of the Republic of Kazakhstan-Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan dated 24.04.2017 No. 172.

Torekhanov A.A., Alimaev I.I., Orazbaev S.A. Lugopastbischnoe kormoproizvodstvo, Almaty, Science, 2008 G. – 446с.

Deputy Prime Minister of the Republic of Kazakhstan-Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan dated April 24, 2017 No. 173.

B. Sadyk, K.K. Kertel, E.T. Baltaev and Dr. - Kazakhstan is a model of sustainable management of pastoral resources. - Almaty, 2011. - 118 STR.

Smailov K.Sh., Alimaev I.I., Kushenov K.I. I. Dr. Recommendation “ rational use of pastoral care in the conditions of The Vertical zone of the South Kazakhstan region (Zhambyl region, Kordaisky District, K/x “Batyr”)”. - Almaty, 2014 – - 28 p.

Sadyk B., Bayakhmetov B.K. - the plan of management of pastes and their use in Akshatausk rural areas of Ayagozsky district, the development of the region. - Astana, 2018.

“Yes,” he said. B., Baltaev ZH., T. “plan for the management and use of pastures of November agro LLP Kazygurt District of Turkestan region for 2021-2022”, SHGB edition, Shymkent, 2021.

Shimyrbaeva G. To Stop the degradation of pastoral. // Kazakh Pravda. 2 Augusta 2013. No. 243 (27517). - 11C.

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

<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483>. 172

Volume 4, 61-81

UDC 503.1

**Е.Ж. Бегалиев<sup>1</sup>, А.Ж. Сейтмуратов<sup>1\*</sup>, А.Қ. Қозыбай<sup>2</sup>, Г.Б. Исаева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Қорқыт ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан;

<sup>2</sup>Абай атындағы Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: angisin\_@mail.ru

## **ФИЗИКА КУРСЫНДА ЗАМАНАУИ ЭЛЕКТРОНДЫҚ ОҚУ ҚҰРАЛДАРЫН ҚОЛДАНУ**

**Аннотация.** Мақалада оқу-тәрбие үдерісінде заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологияларды пайдалану дайындығының қалыптасуы, дайындық үрдісі кезіндегі жоғарғы оқу орындарында студенттердің жеке тұлға ретіндегі іс-әрекет мәселелері жеткілікті дәрежеде көңіл бөлуді қажет етеді. Студенттерге ақпараттық-коммуникациялық технология құралдарымен жұмыс істеуге дайындық көрсеткіші болып жеке тұлға қалыптасуының дамуын, ішкі қуатының байлығын, еріктігін, ықыласын, өнер тапқыштығын және т.б. жайларын көрсететін психикалық жағдайы баяндалған, проблеманы шешу жолдары зерттелген. Қазіргі жоғарғы оқу орындарының даму болашағы қоғамның даму үдерісімен үнемі өсіп отыратын ақпарат көлемінің әртүрлі тегімен анықталады. Студенттерге білім беруде жаңа оқыту технологияларын қолдану, инновациялық бағытта жұмыс жасау заман талабына сай талап етілуде. Оқу үдерісінде компьютерді тиімді пайдалану және қолдану кейінгі жылдары айтарлықтай оң тәжірибе беріп отыр. Атап айтсақ, жоғарғы оқу орындарының студенттерінің өз бетімен ізденісі, пәнге деген қызығушылығын арттырып, шығармашылығын дамытуға, оқу қызметінің мәдениетін қалыптастыруға, дербес жұмыстарын ұйымдастыруға ерекше қолайлы жағдай туғызып отыр. Сол себепті мақалада ЖОО-да Механика курсының теориялық негізіне мысалдар келтірілді. Есептерді шешу әдістемесінің тиімділігі әдістеме түріне байланысты емес. Физикалық есептерді шешудің әртүрлі әдістерін қолдану бойынша эксперименттер жүргізе отырып, белгілі бір әдістеменің белгілі бір жағдайларда тиімді екендігі анықталды.

Заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологияларды қолдану

негізінде қалыптасқан білім беру құралдарының жаңа түрлерінің мүмкіндіктері және олардың бүгінгі таңдағы педагогика ғылымы саласында жүзеге асырылуының түрлі жолдары қарастырылады. Білім беру үдерісін ақпараттандыру құралдары электронды оқыту құралдарының үлгісі ретінде келтірілген. Оқу үдерісінде заманауи ақпараттық технологияны пайдаланудың негізгі түрі электрондық, студенттердің өздігінен білім алуына, білімін игеруге мүмкіндік беретіндіктен электрондық оқытуға кеңінен тоқталған.

**Түйін сөздер:** Физика, механика есептері, ақпараттық-коммуникациялық технологиялар, электрондық оқыту, шығармашылық, қызығушылық, модельдеу, дидактикалық бірлік, зерделік оқыту, кәсіби қызмет, электронды оқыту.

**Е.Ж. Бегалиев<sup>1</sup>, А.Ж. Сейтмуратов<sup>1\*</sup>, А.К. Козыбай<sup>2</sup>, Г.Б. Исаева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Қызылординский университет имени Коркыт Ата, Қызылорда, Қазақстан;

<sup>2</sup>Қазақский национальный педагогический университет имени Абая,  
Алматы, Қазақстан.

E-mail: angisin\_@mail.ru

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ В КУРСЕ ФИЗИКИ**

**Аннотация.** В статье излагается становление применения современных информационно-коммуникационных технологий в учебно-воспитательном процессе педагогических вузов, а также необходимость достаточного внимания в высших учебных заведениях к деятельности студентов как личности. В процессе работы со средствами информационно-коммуникационных технологий излагается психологическое состояние обучающихся в их становлении как личности, такие как внутренняя направленность, заинтересованность, творчество и рассматриваются пути решения этих проблем. Эффективность методологии решения задач не зависит от типа методологии. Путем проведения экспериментов по использованию различных методов решения физических задач было установлено, что в определенных ситуациях эффективна та или иная методика. Будущее развитие современных высших учебных заведений определяется различными источниками объема информации, который постоянно растет с процессом развития общества. Использование новых педагогических технологий в обучении студентов, работа в инновационном направлении требуется в соответствии с современными требованиями. Эффективное использование и использование компьютеров в учебном процессе дало значительный положительный опыт последних лет. В частности, самостоятельное исследование студентов высших учебных заведений повышает их интерес к предмету, развивает творческие способности, формирует культуру учебной деятельности, создает особо благоприятные условия для

организации самостоятельной работы. Именно поэтому в статье приведены примеры теоретической базы курса механики в университете. Эффективность методологии решения задач не зависит от типа методологии. Путем проведения экспериментов по использованию различных методов решения физических задач было установлено, что в определенных ситуациях эффективна та или иная методика.

В ходе применения современных информационно-коммуникационных технологий изучены новые возможности образовательных средств и пути их реализации в современной педагогической науке. Разделив образовательные ресурсы и электронные учебники на четыре группы, остановился на потребностях и содержании каждой группы, в том числе уделив больше внимания преимуществам электронных учебников как основного средства информационно-коммуникационных технологий.

**Ключевые слова:** физика, задачи механики, информационные и коммуникационные технологии, электронное обучение, творчество, интерес, моделирование, дидактическое единство, интеллектуальное обучение, профессиональная деятельность, электронное обучение.

**E.Zh. Begaliev<sup>1</sup>, A.Zh. Seytmuratov<sup>1\*</sup>, A.K. Kozybai<sup>2</sup>, G.B. Isaeva<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Korkyt Ata Kyzylorda State University, Kyzylorda, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Abai Kazakh Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: angisin\_@mail.ru

## **USE OF MODERN ELECTRONIC EDUCATIONAL TOOLS IN THE PHYSICS COURSE**

**Abstract.** The article describes the formation of the use of modern information and communication technologies in the educational process of pedagogical universities, as well as the need for sufficient attention in higher educational institutions to the activities of students as individuals. In the process of working with the means of information and communication technologies, the psychological state of students in their formation as a person, such as internal orientation, interest, creativity, is described and ways to solve these problems are considered. By conducting experiments on the use of various methods for solving physical problems, it was found that in certain situations one or another technique is effective. The future development of modern higher education institutions is determined by various sources of information, which is constantly growing with the development of society. The use of new pedagogical technologies in teaching students, work in an innovative direction is required in accordance with modern requirements. The effective use and use of computers in the educational process has given a significant positive experience in recent years. In particular, independent research

of students of higher educational institutions increases their interest in the subject, develops creative abilities, forms a culture of educational activity, and creates especially favorable conditions for organizing independent work. That is why the article provides examples of the theoretical base of the course of mechanics at the university. The effectiveness of the methodology for solving problems does not depend on the type of methodology. By conducting experiments on the use of various methods for solving physical problems, it was found that in certain situations this or that technique is effective.

During the application of modern information and communication technologies, new possibilities of educational tools and ways of their implementation in modern pedagogical science have been studied. Having divided educational resources and electronic textbooks into four groups, he focused on the needs and content of each group, including paying more attention to the advantages of electronic textbooks as the main means of information and communication technologies.

**Key words.** Physics, problems of mechanics, information and communication technologies, e-learning, creativity, interest, modeling, didactic unity, intellectual learning, professional activity, e-learning.

**Кіріспе.** Жоғарғы оқу орындарында заманауи ақпараттық технологияны пайдалануды дамыту талаптарының негізгі тенденциясы кәсіби білім беруді ақпараттандырудың мәнін ашумен қатар, оны дамытуға әсер ететін факторлар мен жолдарды анықтау болып табылады.

Оқу-тәрбие үдерісінде заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологияларды пайдалану дайындығының қалыптасуы, дайындық үрдісі кезіндегі жоғарғы оқу орындарында студенттердің жеке тұлға ретіндегі іс-әрекет мәселелері жеткілікті дәрежеде көңіл бөлуді қажет етеді. Студенттерге ақпараттық-коммуникациялық технологияқұралдарымен жұмыс істеуге дайындық көрсеткіші болып жеке тұлға қалыптасуының дамуын, ішкі қуатының байлығын, еріктігін, ықыласын, өнер тапқыштығын және т.б. жайларын көрсететін психикалық жағдайы алынады. Оған өзін дұрыс ұстау, шыдамдылық, бекем болуды қамтамасыз ететін эмоционалды төзімділікті де жатқызуға болады. Сонымен қатар, педагогикалық іс-әрекетке, яғни педагогикалық үрдіске байланысты өз іс-әрекетін талдауға, оның табыстылығы мен табыссыздығына ғылыми негізде түсінік іздеуге, жұмысының нәтижелі болуына ұмтылуға талаптанады.

Заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологиялар арқылы жоғарғы оқу орындарында студенттердің дайындық сапасын арттыру, оларды жүзеге асырудың шарттарын құру, жаңа және дәстүрлі оқу-тәрбие әдістерін үйлестіру психологиялық-педагогикалық, оқу-әдістемелік және басқа да мәселелердің біртұтас кешендерін талап етеді. Олардың бағыттарын төмендегідей топтастыруға болады:

- оқу-тәрбие үрдісіне заманауи ақпараттық-коммуникациялық техноло-



гияларды ендіру мәселесін шешудің біртұтас кешенді ғылыми-әдістемелік тәсілін жасау;

- практикалық қызметте заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологияларды пайдалану әдістемесін жасау;

- студенттерді білімділік пен іскерлік дағдыларын игеруге даярлау;

- оқу ғимаратының материалдық - техникалық қорын жетілдіру;

- ғылыми-әдістемелік құралдармен қамтамасыз ету;

- ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың мүмкіндіктерін іске асыру арқылы оқыту үдерісінің ықпалдылығы мен сапасының деңгейін көтеру;

- дайындық сапасын арттыруға бағытталған әрекеттердің белсенділігін арттыратын шараларды қамтамасыз ету;

- қазіргі заманғы ақпарат өңдеу тәсілдерін пайдалану негізінде пәнаралық байланысты тереңдету.

Заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологияларды қолдану негізінде қалыптасқан білім беру құралдарының жаңа түрлерінің мүмкіндіктері және олардың бүгінгі таңдағы педагогика ғылымы саласында жүзеге асырылуының түрлі жолдары бар. Атап айтқанда:

- білім беретін бағдарламалық құралдар, ал олардың әдістемелік қызметі төмендегідей болып келеді: игерілген білім мөлшерінен хабардар ету, студенттердің білім алу немесе тәжірибелік қызмет түрлері мен өзіндік қабілеттерін қалыптастыру және кері байланыстар арқылы айқындалған оқу материалдарын игерудің қажетті дәрежесін қамтамасыз ете білу;

- оқу материалдарының игерілу дәрежесін бақылауға (өзін-өзі бақылауға) арналған бағдарламалар;

- студенттердің хабарларды белгілі бір жүйеге келтіру қабілеті мен тәжірибесін қалыптастыруға арналған ақпараттық-ізденістік бағдарламалар жүйесі мен ақпараттық-анықтамалық бағдарламалық құралдар;

- оқу материалының басты құрылымдық және функционалдық нақтылығының белгілі бір аспектісін қамтитын имитациялық бағдарламалық құралдар (жүйелер);

- оқу материалдарын көрнекі түрде көрсететін (демонстрациялық) оқу құралдары;

- түрлі оқу жағдайларына (мысалы студенттерге дұрыс шешім қабылдай білу немесе іс-әрекеттің тиімді стратегиясын таңдай білу қабілеттерін қалыптастыра білу мақсатында) арналған ойын түріндегі бағдарламалық құралдар;

- демалыс кезінде қолданыс табатын бағдарламалық құралдар.

Заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологияларды пайдаланудың негізінде ойлаудың шығармашылық әрекеттерінің жаңа формалары пайда болады. Сондай-ақ, мұны адамның психикалық қалпының даму үрдісі ретінде де қарастыруға болады. Мәселен, оқушы сабақта көрсетілген бейне мәліметті көру және есту анализаторының өзара байланыста жұмыс істеуі нәтижесінде қабылдайды. Қабылдау ерікті және еріксіз болып екіге бөлінеді.

Еріксіз қабылданған ақпарат 24 сағаттан кейін 50%-ы ұмытылады екен. Студенттердің оқу материалын өз ықтиярымен қабылдауы, оның зейінін аударуына байланысты. Зейін аудару сенсорлық (көрінетін, естілетін) немесе ойлау оқиғаларына ақыл-ой, күш-жігеріне шоғырландыру негізінде анықтауға болады. Студенттерге меңгере алатын ақпаратынан, анағұрлым көп ақпараттан тұратын материал ұсынылған жағдайда, олардың зейінін тек қажетті мәліметтерге аудару керек, оқытушының міндеті - студенттерді қызықтыра білу. Қызығушылық деңгейі студенттерге оқу материалына терең үңілуіне, білуге құмарлығының оянуына түрткі болады. Оқу пәндерін салыстыруға, сол арқылы қандай да бір ой қортындысын шығаруға көмектеседі. Қызығушылық деңгейін жоғарылатудың түрлі стимулдарын (мәтіндік, дыбыстық, бейнелік т.б.) бір оқыту жобасына біріктіруге мүмкіндік беретін ақпараттық-коммуникациялық технологияларды қолдану арқылы қол жеткізуге болады.

Студенттерге білім берудің нәтижелілігі ақпаратты қабылдауға мүмкіндік беретін сенсорлы-перцептивті үрдістердің ерекшелігіне, яғни, пайдаланушының ақпаратты қабылдауға, ол ақпаратты жадында сақтауына тәуелді болып келеді. Қажетті уақыт аралығында берілетін ақпарат көлемі қабылдаушының физиологиялық ерекшелігіне сәйкес өзгеріп отыруы қажет. Теория мен практиканың ығи бірлікте болуы таным теориясының басшылыққа алатын ұстанымдарының бірі. Белгілі бір құбылыстың, оның бейнесінің немесе ұғымның ақиқаттығының критерийі практика болып саналады.

Ақпараттық құралдарды пайдалану арқылы оқыту үрдісін жүргізу біршама жетістіктерге қол жеткізетінін көптеген зерттеулер дәлелдеп береді. Дәстүрлі оқыту әдістерімен салыстырғанда, заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың база негізінде дайындалған бағдарламалар студенттердің қызығушылық ынтасын өтілетін материалға толық аударып, соның әсерінен есте қалатын материал көлемі артады, оқытуға кететін уақыт үнемделеді. Нақтылап айтқанда, оқу материалын меңгеруге кететін уақыт біршама үнемделеді, ал меңгерген материал көлемі бірнеше есе артады.

Ақпараттық-коммуникациялық технологияларға байланысты техникалық және кәсіптік білімді, бәсекеге қабілетті мамандарды даярлауда студенттердің жүйелі кәсіптік ақпараттық бағыттылығын белгілі салада қалыптастыру жұмыстарының ғылыми-педагогикалық негізін жасау, оны уақыт талабына сай тез арада шешу арнайы ғылыми жолмен зерттеуді қажет ететін өте құнды мәселе.

Сонымен, ақпараттық-коммуникациялық технология құралдары ақпаратты жинақтау, сақтау, өңдеу және бейнелеуді қамтамасыз ететін бірыңғай технологиялық жүйеге біріктірілген әдістер, өндірістік үдерістер мен бағдарламалық техникалық құралдар жиынтығы ретінде ақпараттық ресурстарды пайдалану үдерісін оңтайландыратын және оның сенімділігі мен жылдамдығын арттыратын болғандықтан, оған келесідей анықтама береміз:

«Ақпараттық технология құралдары компьютерлік техника мен желілерді қолдану негізінде ақпараттық үдерістерді жүзеге асыруға бағытталған ақпараттық және бағдарламалық құралдар» (Нургалиева, 2019).

Жалпы бағыттағы сервистік бағдарламалық құралдар оқу құжаттарын рәсімдеуге, есептеуді автоматтандыру үшін пайдаланады.

Студенттердің білік-дағды мен білім деңгейін бағалау және бақылауға арналған бағдарламалық құралдар кең қолданыс тапқан. Оқытушы бұл құралдық жүйелер арқылы бағдарламалау негіздерін білмесе де оқу тақырыбының сұрақтары мен мүмкін болатын жауаптарын құрастыра алады. Әдетте, оқушының міндеті-ұсынылған жауаптар ішінен дұрыс жауапты таңдау. Осындай бағдарламалар оқытушыны жеке бақылау тапсырмаларын таратудан және олардың дұрыс орындалуын тексеруден босатады.

Электронды тренажерлар практикалық дағды мен біліктерін машықтандыруға арналған.

Математикалық және қозғалысты модельдеуге арналған бағдарламалық құралдар теориялық зерттеулердің шектеулерін кеңейтуге мүмкіндік береді.

Ақпаратты-іздістіру анықтамалық жүйелер алуан түрлі ақпаратты енгізуге, сақтауға, ұсынуға арналған.

Автоматтандырылған оқыту жүйелері шағын көлемдегі оқыту бағдарламалары түрінде болады.

Электронды оқулықтар электронды оқыту құралдарының негізгі құралы. Электронды оқулық бағдарлама мен стандарттың дидактикалық бірліктерін анықтайтын пән білімінің стандартты мамандығына, бағыттарына толық сәйкес болып жоғары ғылыми әдістемелік деңгейде жасалады.

Сараптамалық оқыту жүйелері жасанды зерде (интеллект) технологиясы мен идеясы негізінде жүзеге асады. Мұндай жүйелер күрделі міндеттерді шешу барысында сарапшылар әрекеттерін модель түрінде береді. Өкінішке орай, сараптамалық оқыту жүйелерімен (СӨЖ) жұмыс барысында студенттермен кері байланыс жүзеге аспайды. Олардың атқаратын қызметін төмендегідей белгіледік.

Оқу бағытындағы заманауи ақпараттық құралдардың негізгі түрлері:

- жалпы бағыттағы сервистік бағдарламалық құралдар;
- студенттердың білік-дағды мен білім деңгейін бағалау мен бақылауға арналған бағдарламалық құралдар;
- электронды тренажерлар;
- математикалық және еліктеу модельдеуге арналған бағдарламалық құралдар;
- іздістіру-ақпаратты анықтамалық жүйелер;
- электронды оқулықтар;
- сараптамалық оқыту жүйелері;
- интеллектуалдық зерделік оқыту жүйелері;
- кәсіби қызметті автоматтандыру құралдары.

Интеллектуалдық зерделік оқыту жүйелері (ИЗОЖ) жүйелердің ең жоғары

денгейлеріне жатады және жасанды интеллект зерде негізінде іске асады. Интеллектуалдық оқыту жүйелері (ИОЖ) оқу міндетін шешу барысының барлық кезеңдерінде басқаруды жүзеге асырады. Мұндай диалог барысында әрекеттің дұрыстығы ғана емес, оның шешу стратегиясы, жоспарлауы да талданады.

Кәсіби қызметті автоматтандыру құралдары (CALS-жүйелері т.б.) электронды оқыту құралы құрамындағы зерттеу пәні ретінде ғана емес, кәсіби бағытталған міндеттерді шешуде оқыту құралы ретінде қарастырылады.

Жоғарыда көрсетілген білім беру үдерісін ақпараттандыру құралдары электронды оқыту құралдарының үлгісі ретінде келтірілген. Оқу үдерісінде заманауи ақпараттық технологияны пайдаланудың негізгі түрі электрондық, студенттердің өздігінен білім алуына, білімін игеруге мүмкіндік беретіндіктен электрондық оқытуға кеңірек тоқталайық.

Электронды оқыту құралдарын оқу үдерісінде қолдану төмендегі негізгі қағидалар үшін педагогика тұрғысынан тиімді олар:

- электронды оқыту құралы тек аталған ақпараттық технология арқылы тиімді меңгеруге лайық мазмұнымен толы;

- әр жаңа электронды оқыту құралы педагогтарға оқу үдерісінде электронды оқыту құралын қолдану тиімділігіне жетуге мүмкіндік береді;

- электронды оқыту құралдары мәліметтердің ауқымды мөлшерін қамтиды; оның ішінде аудио, бейне, т.б. түріндегі ақпараттар.

- электронды оқыту құралдарын қолдану оқытудың мақсат-міндеттеріне жетуін қамтамасыз етеді және оқу үдерісінің тиімділігін арттырады.

Осы тәжірибеден көргеніміздей, электронды оқыту құралдарын қолдану үнемі тиімді бола бермейді. Жаңашыл технологиялық құралдарды қолдануда негізгі оқытудан гөрі ақпараттандыру құралдарын пайдаланып оқытудың тиімді екендігін көптеген мысалдардан көруімізге болады. Электронды оқыту құралын қолдану тиімді, орынды, қажетті болатын жағдайларды оқытушының өзі білуі керек.

Электронды оқыту құралын қолданудағы негізгі дидактикалық мақсаттар – мәліметтерді хабарлау, білімдерін қалыптастыру және бекіту, білік-дағдыларын қалыптастыру және жетілдіру, оқуға ынталарын арттыру, меңгеруін бақылау және қорытындылау, т.б.

Қазіргі кезеңде сапалы білім беру үшін электронды оқыту құралдарын қолдану өте қажет. Оларды теориядан гөрі іс жүзінде жүзеге асыруға төмендегі жағдайлар мүмкіндік береді:

- студенттердің білімдерін өз бетінше көрсету әрекетінің алуан түрлерін ұйымдастыру;

- оқыту әрекетінің сан алуан түрлерін орындау барысында қазіргі ақпараттық және телекоммуникациялық технологиялардың барлық мүмкіндіктерін пайдалану;

- гипермәтінді және гипермедиа жүйелердің, мультимедиа технологиясының

мүмкіндіктерін пайдалану арқылы оқу үрдісіне тура және ассоциациялық мәліметтерді енгізу;

- студенттердің интеллектуалдық мүмкіндіктерін, білік-дағды-білім деңгейін, жалпы білім беру пәндерінің белгілі сабаққа дайындық деңгейін, мемлекеттік білім беру стандартының талаптарына сәйкес материалды меңгеру нәтижелерін объективті тұрғыдан бағалау және диагностикасын жүргізу;

- жеке студенттердің интеллектуалдық деңгейіне, оның білік-дағды-білім деңгейіне, ерекшеліктеріне сәйкес қолданылатын оқу құралдары мен әдістерін ескере отырып, студенттердің оқу іс-әрекетін басқару;

- студенттердің жеке өздік оқу жұмысын жүзеге асыруға жағдай туғызу, өз бетінше біліктіліктерін дамыту, жүзеге асыру, білімін жетілдіру дағдыларын қалыптастыру;

- білімнің мазмұны мен мақсаттарына сәйкес қазіргі өзекті ақпаратпен ата-аналарды, оқытушыларды, студенттерді уақытында қамтамасыз ету;

- оқытудың тиімділігін арттыруға бағытталған студенттер мен оқытушылардың, ата-аналардың арасындағы тұрақты қарым-қатынастардың негізін қалайды.

Электронды оқыту құралдары мен ресурстарының білім беру жүйесінің басты қажеттілігін негізгі төрт топқа бөліп көрсетуге болады.

Бірінші топқа студенттердің белгілі білім жүйесін қалыптастыру қажеттілігі жатады. Электронды оқыту құралын қолдану қажеттілігі студенттерді математика, физика, химия, биология, т.б. пәндерін бір кезеңде қатар қарастыру интегралды сипаттағы циклдарымен таныстырудан туындайды.

Электронды оқыту құралында қажетті микро және макродүниенің элементтерін, қолдану құралдарын зерттеуден туындайды. (Мысалы, өсімдіктердің жасушаларын, атом құрылымын, Күн жүйесіндегі үрдістерін зерттеуге мүмкіндік беретін электронды оқыту құралдары, т.с.с.).

Электронды оқыту құралының қажеттілігі дәстүрлі оқытуға тәжірибелік негізделуден таппайтын («шексіздік» ұғымымен таныстыру, тепе-теңдікті сақтауды зерттеу) заңдар мен ұғымдар қатарын зерттеу жағдайында туындайды.

Екінші топқа студенттердің репродуктивтік дағдыларын меңгерту қажеттілігіне байланысын жатқызамыз. Есептеу жүргізу жағдайларында пәндік репродуктивтік дағдыларды меңгеруге байланысты электронды оқыту құралында қажеттілік туындайды. Есеп жүргізу, оны тексеру, нәтижелерді өңдеуге арналған уақытты қысқарту барысында электронды оқыту құралын қолдану өте тиімді (мысалы, физикада өлшеу құралдарының бірліктерін анықтау, химияда көміртек изомерлерін құрастыру, математикада типтік тригонометриялық есептерді шешу).

Үшінші топқа өз бетінше іздеу жолы арқылы субъективті жаңа білім алуға көмектесетін студенттердің шығармашылық дағдыларын қалыптастыру қажеттілігі жатады. Алған өнімнің жаңашылдығы шығармашылықпен байқау негізгі белгісі болып табылады. Шығармашылық әрекетінің міндетті

шарты – танымдық үрдіс барысында кездесетін қиыншылықтар. Сонымен, шығармашылық дағдыларын қалыптастырудың арнайы ұйымдастырылған танымдық әрекеттерінен, арнайы құрастырылған оқу міндеттерінен талап етеді.

Үрдістің ең тиімді нұсқасын немесе ең үнемді жолын таңдау мәселелерін шешу барысында электронды оқыту құралдары өте қажет.

Электронды оқыту құралдарында қажеттілік болжам нәтижелерін тексеруге бағытталған мәселерді шешуде туындайды.

Электронды оқыту құралдары лабораториялық тәжірибе өткізуде қажет болуы мүмкін, егер де бұл тәжірибеге сол оқу орынында табылмайтын белгілі құралдар керек болса.

Төртінші топқа студенттердің жеке тұлғалық қасиеттерін қалыптастыруға керекті қажеттіліктері жатады.

Электронды оқыту құралының мазмұны, біріншіден, ақпаратты сақтау, өңдеу, ұсыну дағдыларын қалыптастыруға бағытталған. Бағдарламаның теориялық бөлігі жоғары оқу орындарының студенттері үшін ақпараттың оңайлығына бағытталып информатика саласындағы барлық теориялық сұрақтарды қамтиды.

Электронды оқыту құралының мәтіндік ақпараттық материалдары көптеген суреттермен қамтылған, оның ішінде теориялық ережелердің және іс-тәжірибелік әрекеттерді көруге көмектесетін мультимедиялық презентациялар, дыбыстық түсініктемелер.

Ұсынылатын аспаптар жиынтығы оқыту мазмұнының құрылымын қандай да бір тәсілмен қалыптастырып, әр түрлі типті сабақтарды ұйымдастыруға жол ашады. Электрондық оқыту шеңберінде оқыту үрдісіне нақты бағдарламалық өнімді ендіру мен қолданудың тиімділік деңгейін, яғни, әдістемелік толықтығын өнімнің аспаптар жиынтығы анықтайды.

Бағдарламалық өнімнің деңгейі оны қолдану кезіндегі нақты жұмыс істеу қабілеті мен оның қауіпсіздігін қамтамасыз етумен анықталады. Бағдарламалық өнімнің жұмысы оның жылдамдылығымен, сенімділігімен, интерфейсінің ыңғайлылығымен сипатталады. Мәселен, бағдарламалық өнімнің деңгейін тек қана оны қолданған кезде анықтауға болады. Алайда, электрондық оқыту құралдарын бағалап таңдауды естен шығармау қажет.

**Материалдар мен әдістер.** Қазіргі жоғарғы оқу орындарының даму болашағы қоғамның даму үдерісімен үнемі өсіп отыратын ақпарат көлемінің әртүрлі тегімен анықталады. Студенттерге білім беруде жаңа оқыту технологияларын қолдану, инновациялық бағытта жұмыс жасау заман талабына сай талап етілуде. Оқу үдерісінде компьютерді тиімді пайдалану және қолдану кейінгі жылдары айтарлықтай оң тәжірибе беріп отыр. Атап айтсақ, жоғарғы оқу орындарының студенттерінің өз бетімен ізденісі, пәнге деген қызығушылығын арттырып, шығармашылығын дамытуға, оқу қызметінің мәдениетін қалыптастыруға, дербес жұмыстарын ұйымдастыруға

ерекше қолайлы жағдай туғызып отыр. Мысал келтіре кетсек ЖОО-да Механика курсының теориялық негізінде.

Механика бөлімінің өзі үш негізгі бөлімге бөлінеді: кинематика, динамика және статика. Кинематика “дене қалай қозғалады?”, яғни, себептерін анықтамай, дене қозғалысының заңдылықтарын зерттейді. Біркелкі, біркелкі үдетілген түзу және қисық сызықты қозғалысты қарастырады. Материалдық нүкте, жол, орын ауыстыру, траектория, анықтамалық жүйе, жылдамдық және үдеу ұғымы енгізіледі. Векторлық шама ұғымы тереңірек зерттеледі. Қозғалыстың графикалық көрінісі қарастырылады, яғни оқушылар векторлардың қосылуы мен айырмашылығын үйренеді.

Динамика «Дене неге қозғалады?» динамикада алдымен Ньютонның бірінші заңы қарастырылады, қозғалыстың негізгі динамикалық сипаттамалары – масса мен күш енгізіледі, содан кейін күш, үдеу және масса арасындағы байланысты көрсететін Ньютонның екінші заңы енгізіледі. Ньютонның екінші заңын бірнеше күштердің денесіне әсер ету жағдайына жазу үшін күштерді қосу қарастырылады, содан кейін Ньютонның үшінші заңы енгізіледі. Ньютон заңдары механикада іргелі, жалпылама, тәжірибе мен эксперимент арқылы расталған, сондықтан олар алдымен тұжырымдалады, содан кейін эксперимент арқылы суреттеледі.

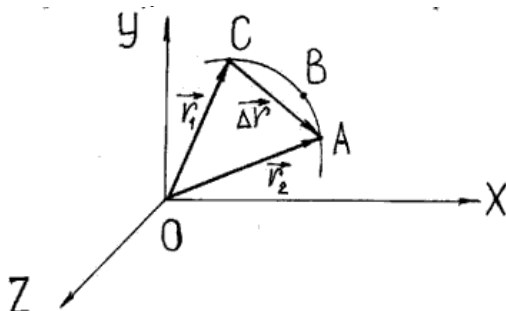
Механикадағы күштердің өзара әрекеттесу түрлерін (гравитациялық, серпімділік, қарсылық) зерттеу барысында олардың денелердің өзара орналасуына және бір дененің екіншісіне қатысты қозғалыс жылдамдығына тәуелділігі анықталады.

Гравитациялық күштер енгізілгеннен кейін олар бүкіләлемдік тартылыс заңын зерттейді, ауырлық күші, ауырлық орталығы туралы түсінік береді және жылдамдықтың өзгеруі ауырлық күшінің әсерінен болатын қозғалыстарды қарастырады. Бастапқы жағдайлардың рөлін атап көрсетіңіз, алғашқы ғарыштық жылдамдықты есептеңіз. Әрі қарай, серпімділік күштері мен Гук заңы қарастырылады. Дене салмағы ұғымы серпімділік күшінің мысалы ретінде енгізіледі. Үйкеліс күшін, үйкеліс коэффициентін және үйкеліс күшінің әсерінен қозғалатын дененің жылдамдығының өзгеруін зерттеу арқылы механикадағы күш түрлерін қарастыруды аяқтаңыз. Гравитациялық күштер мен серпімділік күштері өзара әрекеттесетін денелер арасындағы қашықтықтың функциясы, ал үйкеліс күштері салыстырмалы жылдамдықтың функциясы екенін көрсетеді.

Механикалық күштердің түрлерін зерттеу кезінде оқушылардың практикалық жұмыстарына көп көңіл бөлінеді. Осы мәселелер бойынша бағдарламада төрт алдыңғы зертханалық жұмыс қарастырылған: “серіппенің қаттылығын өлшеу”, “сырғанау үйкеліс коэффициентін өлшеу”,

“Көлденең лақтырылған дененің қозғалысын зерттеу”, “серпімділік пен ауырлық күштерінің әсерінен дененің шеңбер бойымен қозғалысын зерттеу”. Бұл зертханалық жұмыстарды оқыту кезінде виртуалды зертханалық жұмыста да көрсетуге болады.

Механика бөлімін қарастыруды бастау үшін негізгі ұғымдарды енгізу қажет. Механикалық қозғалыс-бұл басқа денелерге қатысты Уақыт өте келе денелердің салыстырмалы қозғалысы.



Кеңістіктегі бірдей нүктенің орнын с нүктесінің радиус векторы деп аталатын бір  $R = R(x, y, z)$  векторлық шамасы арқылы анықтауға болады.

Сондай-ақ, материалдық нүкте, траектория, жүріп өткен жол және қозғалыс өтемаңызды ұғымдар болып табылады.

Дене қозғалыс кезінде сипаттайтын сызық траектория деп аталады. Қозғалыс траекториясының түріне қарай түзу және қисық сызықтарға бөлуге болады. Траектория анықтамалық жүйені таңдауға байланысты. Сонымен, ұшақтың әуе кемесіне қатысты бұранда нүктелерінің қозғалыс траекториясы-шеңбер, ал жерге қатысты – бұранда сызығы.

Тағы бір мысал:

- рекордқа қатысты инеұшының қозғалыс траекториясы қандай?
- Ойнатқыш корпустары?
- пикап корпустары?

Жауаптар: спираль, шеңбердоғасы, тыныштықкүйі (инекозғалмайды).

Дене таңдалған координаттар жүйесіне қатысты қозғалғанда, оның орны уақыт бойынша өзгереді. Егер  $t$  уақытының үздіксіз және бірімәнді функциялары берілсе, материалдық нүктенің қозғалысы толық анықталады:

$$x = x(t)$$

$$y = y(t)$$

$$z = z(t)$$

Бұл теңдеулер нүктенің координаттарының уақыт бойынша өзгеруін сипаттайды және қозғалыстың кинематикалықтеңдеулерідеп аталады.

Физикадағы дене қозғалысының жылдамдығын сипаттау үшін жылдамдық ұғымы енгізіледі. Жылдамдық-вектор, яғни ол шамамен, бағытпен, қолдану нүктесімен сипатталады.



X осі бойымен қозғалысты қарастырыңыз, нүктенің орны  $x$  координатасының уақыт бойынша өзгеруімен анықталады.

Орташа қозғалыс жылдамдығы.  $V_{cp} = \frac{\Delta r}{\Delta t}$

Қозғалатын дененің орташа жылдамдығы-бұларын ауыстыру векторының осы орынауыстырған уақытар алығының шамасына қатынасына тең вектор.

Орташа жылдамдық модулі-уақыт бірлігіндегі жолдың өзгеруіне сандық тең физикалық шама.

Уақыттың осы сәтіндегі жылдамдықты, лездік жылдамдықты анықтау үшін уақыт аралығын қарастыру керек.  $t \rightarrow 0$ , содан кейін

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = V_{ЛЕЗ}$$

Туынды ұғымын қолдана отырып, жылдамдық үшін жазуға болады

Қазіргі уақытта дененің жылдамдығы лездік жылдамдық (немесе жай жылдамдық) деп аталады.

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta r}{\Delta t} = \frac{dr}{dt} = V_{ЛЕЗ}$$

Лездік жылдамдықтың  $V$  векторы тангенс бойымен дененің қозғалысына қарай траекторияға бағытталған.

Жылдамдық векторыны өзгеру жылдамдығы үдеу деп аталатын шамамен сипатталады. Үдеу жылдамдық шамасының өзгеруіне де, жылдамдық бағытының өзгеруіне де байланысты болуы мүмкін.

Механикада күштердің физикалық табиғаты маңызды емес, олардың шығу тегі туралы мәселе анықталмайды.

Бірақ өзар әрекеттесудің барлық түрлері үшін олардың сандық өлшемі біртұтас түрде таңдалуы керек. Өртүрлі сипаттағы күштерді бірдей стандарттар мен өлшембірліктерінің көмегімен өлшеу керек. Механика заңдары әмбебап, яғни олар кез-келген табиғаттың күшімен денелердің қозғалысын сипаттайды. Механикада қарастырылатын өзара әрекеттесулер үшін күш келесідей анықталуы мүмкін.

Күш дегеніміз-бір дененің екіншісіне механикалық әсер етуінің өлшемі болып табылатын  $F$  векторлық шамасы.

Механикалық өзара әрекеттесу тікелей жанасатын денелер (үйкеліс күші, тірек реакциясының күші және т.б.) арасында да, алыстағы денелер арасында да жүзеге асырылуы мүмкін.

Заттың бөлшектерін біртұтас жүйелерге байланыстыратын және белгілі бір бөлшектердің екіншісіне соңғы жылдамдықпен әсер ететін заттың ерекше түрі физикалық өріс немесе жайөріс депа талады.

Алыстағы денелер арасындағы өзара әрекеттесу гравитациялық (ауырлық күші) немесе электромагниттік өрістер арқылы жүзеге асырылады.

F күші вектор егер оның модулі (шамасы), кеңістіктегі бағыты және қолдану нүктесі іберілсе, толық анықталады. F векторы бағытталған түзу күштің әрекет сызығы деп аталады.

Егер біз материалдық нүктеге емес, қатты денеге әсер ететін және оның трансляциялық қозғалысын тудыратын күш туралы айтатын болсақ, онда күштің әрекетету нүктесі оның әрекетету сызығы бойымен ауысқан кезде денеге әсері өзгермейді.

Бірнеше  $F_1, F_2, \dots, F_n$  күштерінен материалдық нүктеге бір мезгілде әсерету олардың геометриялық (векторлық) қосындысына тең және алынған немесе нәтиже күші деп аталатын бір күштің әрекетіне тең.

Динамикадағы негізгі ұғым-бұл кинематикада тіпті айтылмаған, қажет емес масса  $m$  ұғымы. Кез-келген материалдық зат (денелер, элементар бөлшектер, өрістер) массаға ие. Масса дененің көпжақты сипаттамасы ретінде әрекет етеді.

Ол оның гравитациялық қасиеттерін, яғни дененің басқа денелерге, атапайтқанда жерге тартылатын күштерін анықтайды.

Масса дененің инерциялық қасиеттерін сипаттайды, яғни дененің тыныштық күйін немесе біркелкі түзу қозғалысты сақтау немесе жылдамдықты өзгерту қабілеті.

Денемассасы  $m$  берілген денедегі заттың мөлшерін анықтайды және заттың тығыздығының көбейтіндісіне тең  $\rho$  дененің  $V$  көлеміне:

$$m = \rho V$$

Дене массасы оның жылдамдығымен бірге дененің импульсі мен кинетикалық энергиясын анықтайды.

Классикалық механикада масса ұғымы келесілермен сипатталады:

- $m = \text{const}$ , ол дене қозғалысының күйіне байланысты емес,
- масса – аддитивті шама, яғни жүйенің массасы жүйеге кіретін денелер массаларының арифметикалық қосындысына тең,
- жабық жүйенің массасы жүйенің ішінде болатын кез-келген процесте өзгеріссіз қалады (массаның сақталу заңы).

Сонымен, масса үшін келесі анықтаманы беруге болады.

Масса-дененің инерттілігінің өлшемі немесе гравитациялық өзара әрекеттесу өлшемі.

Материалдық нүктенің импульсі оның массасының  $p = MV$  жылдамдығына көбейтіндісіне тең векторлық шама деп аталады.

Материалдық нүктелер жүйесінің импульсі жүйенің барлық материалдық нүктелерінің импульстарының геометриялық (векторлық) қосындысына тең вектор деп аталады.

Импульс-физикалық жүйенің негізгі сипаттамаларының бірі. Масса да, жылдамдық та бұрын анықталған, бірақ тек импульс ерекше қасиетке ие. Ол үшін әмбебап заң болып табылатын Импульстің сақталу заңы тұжырымдалған. Ол микроәлемде (бөлшектер, атомдар мен молекулалар деңгейінде), макро-мирде (айналамыздағы әлем) және мега мирде (планеталар, ғалам, Галактика

денгейінде) орындалады. Осы уақытқа дейін Импульстің сақталу заңы бұзылатын құбылыстар ашылған жоқ (Кабылбеков, 2015).

Ньютон заңдары тәжірибелі деректерді (фактілерді) жалпылау болып табылады. Бұл заңдар вакуумдағы жарық жылдамдығымен салыстырғанда баяу қозғалыстарды бақылау негізінде құрылды.

Ньютонның 1-ші Заңы Кез келген материалдық нүкте немесе дене оларға күштер әсер еткенше немесе күштердің әрекеті өтелгенше тыныштық күйін немесе біркелкі түзу қозғалысты сақтайды.

Бұл заң инерция заңы деп аталады, ал сыртқы әсерлерден бос нүктенің немесе дененің қозғалысы Инерция қозғалысы деп аталады.

Тыныштық-бұл бірқалыпты түзу сызықты қозғалыстың ерекше жағдайы.

0 және  $v = \text{const}$  немесе  $v = 0$ .

Кез - келген механикалық қозғалыс-салыстырмалы қозғалыс, оның сипаты анықтамалық жүйеге байланысты. Инерция заңы барлық анықтамалық жүйелерде дұрыс емес.

Ньютонның бірінші заңы орындалатын жүйелер инерциялық деп аталады.

Ньютонның бірінші заңы орындалмайтын жүйелер деп аталады инерциялық емес.

Инерциялық жүйелер шексіз көп. Берілген инерциялық жүйеге қатысты біркелкі және түзу қозғалатын кез-келген жүйе де инерциялық жүйе болып табылады.

Ньютонның бірінші заңы, егер оларға күш әсер етпесе, денелердің күйі туралы айтады. Егер нүктеге немесе денеге күштер әсер етсе, қозғалыс қандай болады? Бұл сұраққа Ньютонның екінші заңы жауап береді, ол үш шаманы - күш, масса және үдеуді байланыстырады.

Ньютонның екінші заңы

Материалдық нүктенің (дененің) массасының оның үдеуіне көбейтіндісі оған әсер ететін күшке тең  $F = ma$ .

Егер денеге бірнеше күш әсер етсе, онда 2-ші Заңның тұжырымдамасында нәтиже күші қолданылады

$$F_i = ma$$

Бұл күштердің денеге (нүктеге) әсер етуінің Тәуелсіздігінің салдары немесе күштер суперпозиция принципіне бағынады деп айтылады. Мұндай мәлімдеме тәжірибелі фактілерді жалпылау ретінде қарастырылуы керек.

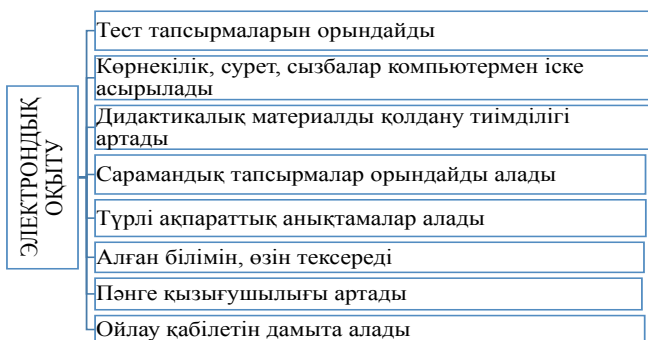
Адам өмірінің барлық салаларына ақпараттық технологияларды енгізу біртіндеп білім берудің негізгі буыны-мектепте жүреді. ЖОО-ның, атап айтқанда физика кабинеттерінің техникалық жабдықталуының нашарлығына қарамастан, мұғалімдер қолда бар құралдардың көмегімен мемлекеттік бағдарламамен және физика бойынша білім беру мазмұнының міндетті минимумымен айқындалған тәжірибелер көрсетуді орындайды және оқушылармен зертханалық жұмыстар жүргізеді. Есептерді шешу әдістемесінің тиімділігі әдістеме түріне байланысты емес. Физикалық есептерді шешудің

әртүрлі әдістерін қолдану бойынша эксперименттер жүргізе отырып, белгілі бір әдістеменің белгілі бір жағдайларда тиімді екендігі анықталды.

Бұл жағдайлар әр оқушының интеллектуалды мүмкіндіктері, сонымен қатар психологиялық және коммуникативті болып табылады. Дәл осы үш жағдайға сүйене отырып және оларды дұрыс түсіндіре отырып, оқудағы тұлғаға бағытталған тәсілге сүйене отырып, әр оқушы үшін физикалық есепті шешудің ең қолайлы әдісін таңдауға болады. Шығармашылық мазмұны бар мәселелерді шешу оқушылардың шығармашылық, сыни ойлауын дамытуға мүмкіндік береді, сонымен қатар олардың белсенді-танымдық қызметін дамытады, онсыз “Физика” пәнін зерттеу мүмкін емес.

Оқу процесінің нәтижесі шешімнің дұрыс әдісін таңдауға байланысты. Дұрыс шешім әдісін таңдау оқушыларға физикалық құбылыстарды жеткілікті терең деңгейде түсінуге және оларды теориялық және математикалық әдістер арқылы талдауға үйренуге мүмкіндік береді, сонымен қатар дедукция мен индукция, талдау және синтез, модельдеу дағдылары пайда болады. Ең бастысы, мәселені шешудің дұрыс әдісін таңдау болашақта тәжірибелік жолмен алынған білімді практикада қолдануға мүмкіндік береді, бұл оқытудың соңғы мақсаты - өмірмен байланысты қанағаттандырады.

Сонымен қатар электрондық оқулықтарды сабақта пайдалану кезінде студенттер бұрын алған білімдерін кеңейтіп, өз бетімен шығармашылық тапсырмалар орындайды. Әрбір білім алушы таңдалған тақырып бойынша тапсырмалар орындап, тестілер шешіп, карталар және схемалар мен жұмыс жасауға дағдыланады (кестел).



1-Кесте. Физикадан жоғарғы оқу орындарына арналған электрондық оқулықтың көмегімен оқытудың ерекшеліктері.

Электрондық оқулық арқылы түрлі суреттер, бейнекөріністер, дыбыс және музыка тыңдатып көрсетуге болады. Бұл, әрине мұғалімнің тақтаға жазып түсіндіргенінен әлдеқайда тиімді, әрі әсерлі. Меңгерілуі қиын сабақтарды компьютердің көмегімен студенттерге ұғындырса, жаңа тақырыпқа деген студенттің құштарлығы оянады деп ойлаймыз. (Семенов, 2000).

Бүгінгі күнде қоғамның жедел дамуы барысында жоғарғы оқу орындарында студенттердің білім алуын ұйымдастырудағы негізгі мақсат – оқытудың

әдістемелік жүйесін оның білім беру, ақпараттық функциясына қатынасына қарай дамытушылық функциясына шешуші рөл бере отырып бағыттау және осы ақпараттарды пайдалану біліктерін қалыптастыруға басты назар аудару болып табылады. Оқулық – жоғарғы оқу орындарында негізгі білім беру міндеттерін жүзеге асыратын, студенттерге ғылым негіздерімен, оқытушы ұйымдастыратын оқыту үдерісінің моделі – білім, дағды жүйелерімен қаруландыратын негізгі оқыту құралы. Бүгінгі күнде оқытуды электрондық оқулықтардың көмегімен ұйымдастыру студенттердің білімдерін жетілдіруге, сабаққа қызығушылықтарын арттыруға мүмкіндік беріп отыр.

Электронды оқыту құралдары мен ресурстары сапалы болу керек екені бәріне мәлім. Ең басты олар стандартты талаптарға сай болу керек (Аристова, 2019).

Білім беру саласындағы негізгі талаптарының бірі - студенттердің білім сапасын арттыру. Бұл тұрғыдан электронды оқу құралдарына қойылатын дидактикалық талаптар білім беру жүйесіндегі негізгі міндеттерді қамтиды.

Бұл дидактикалық әдістемелік талаптар тығыз байланысты. Әдістемелік талаптары белгілі бір пәннің ерекшелігін ескеріп, студенттердің дайындық сапасын арттыруға бағытталады.

1. Көптеген техникалық құралдары мен жүйелер оқытуды ақпараттандыруға арналып, студенттердің ойлау компоненттерінің байланысына негізделуі қажет.

2. Электронды оқыту құралдары оқытудың жүйелілігін дәлелдеп, әр деңгейі пән бойынша белгілі ғылыми ұғымдарын жүйеге келтіруі керек.

3. Электронды оқыту құралдары студенттерге оқу материалын меңгеруде дағдыландыру әрекеттерін ұсынуы керек.

Оларды төмендегі кестеден көрсетуге болады (кесте 2).



Кесте 2 - Электронды оқу құралдарына қойылатын дидактикалық талаптар және олардың мазмұны

Электронды оқыту, дәстүрлі қағаз кітаптардан айырмашылығы «жанды» болып келеді. Педагогика ғылымдарының негізін салушы Ян Амос Каменский тұжырымдаған: «Барлық мүмкін деген нәрселерді қабылдауды сезіммен жүзеге асыру керек, атап айтқанда, қабылдау үшін көруді, көзбен; естуді есту қабілетімен; иістерді иіс түйсігімен; дәмге тиістіні дәммен; түйсікке қатыстыны түйсіну жолымен (Лерне, 2019). Егер қандайда болмасын затты бірнеше сезіммен қабылдау керек болса, бірнеше сезімді салу қажет». Дидактиканың алтын ережелеріне сәйкес келеді.

Бүгінгі таңда ақпараттандыру дәуірі техникалық және кәсіптік қолдануды қажет етеді. Білім беру жүйесін ақпараттандыру–білім сапасын көтеруге бағытталған үдеріс, ол келешек ұрпақтың жан-жақты сапалы білім алуына, іскер, талапты, шығармашыл, еркін дами алатын педагогикалық жағдай жасауға тигізер пайдасы мол. Алдыңғы қатардағы жетекші ғалымдар өз зерттеулерінде білім беру жүйесін ақпараттандыру, ақпараттық технология құралдары арқылы педагогикалық мәселелерді шешу жайлы құнды пікірлер айтқан.

Ақпараттық-коммуникациялық технологияларды міндетті пән ретінде оқытуға бөлінген сағаттар саны әртүрлі. Мемлекеттерде бір жылда 20-дан 6-ға дейін өзгереді. Осы сағаттар санына білім беру жобаларында және басқа пәндерді оқытуда ақпараттық технологияны қолданатын уақытты қосу керек. Бірақ бұл параметр тәжірибе жүзінде есептелінбейді. (Коммерс, 2011).

Кәдімгі экспериментті жасау әдетте қымбат және оны шынайы түрде іске асыру қиын болады. Міне, сондықтан да компьютерлік демонстрацияны қолданып тәжірибе жасаудың артықшылығы бар.

Компьютер экранда үдерісті бірнеше рет қайталауға, оны кез келген кезеңіне өтуге болады.

Білім мен біліктілікті меңгерудегі компьютерді оқыту жүйесіне арналған қосымша ғана емес және оның рөлі «оқытушы - оқулық - оқушы» деп аталатын үш компонентті жүйені «оқытушы - оқулық - компьютер - оқушы» байланысы арқылы кеңейтеді.

Білім беруді ақпараттандырудың қазіргі жағдайында жаратылыс пәндерін оқыту үдерісінде заманауи ақпараттық-технологияны, ақпараттық жүйені және бағдарламалық құралдарды пайдалануды талап етеді .

Компьютер көрнекі-бейнелі ойлауды, қозғалыстық және ауызша қарым-қатынас машықтарын, мақсатты әрекеттерді және әлеуметтендіруді дамыту үшін мүмкіндіктер туғызады.

**Талқылау.** Қолданыстағы заманауи ақпараттық технологияны қолданудың негізгі бағыттарын анықтап алғаннан кейін, Ақпараттық-коммуникациялық технологиялық құралдарын жоғарғы оқу орындарында оқу-тәрбие үдерісінде пайдаланудың қазіргі педагогикалық мүмкіндіктерін саралауды жөн көрдік. Ақпараттық-коммуникациялық технологиялық құралдарын оқу-тәрбие үдерісінде оқыту технологиясына едәуір оң өзгерістер әкелетін құрал ретінде қарау басымдылыққа айналып келеді. Оларды оқу-тәрбие үдерісіне

пайдалану білім мазмұны бойынша берілетін тапсырмаларға қойылатын талаптар мен оның мазмұнын кеңейтуге, студенттердің білім алуға құлшынысын арттыруға, оқу үдерісіне белсенділігін дамытуға, дайындық сапасын бағалау, тексеру түрлерін өзгертуге, студенттердің іс-әрекетінің рефлексиясын қалыптастыруға жағдай тудыратынына көз жеткіздік. Физика және астрономия пәндерін оқыту кезінде студенттердің дайындық сапасын арттыруда заманауи ақпараттық технологияны пайдаланудың дидактикалық мүмкіндіктері төмендегідей, олар:

- кез келген көлемдегі және кез келген түрдегі ақпаратты кез келген қашықтықта, тез арада тасымалдай алу;

- алынған ақпаратты компьютерде қажетті уақытқа дейін сақтай алу, өңдеу, шығару және т.б.

- алынған материалды өз тасымалдауына ауыстыра алу, басып шығару және онымен қажетті уақытта жұмыс жасай алу (Бабанский, 2019).

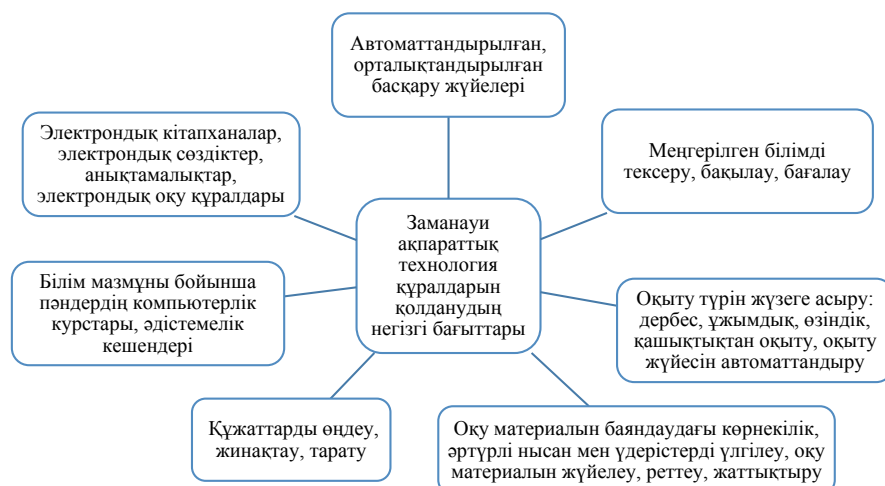
Сонымен, білім беру жүйесіндегі заманауи ақпараттық-коммуникациялық технологиялар оқытуды тиімді ұйымдастыруға ықпал етеді.

3. Ақпараттық-коммуникациялық технологияқұралдарын басқару тұрғысынан қолдану.

Ақпараттық-коммуникациялық технологияқұралдары оқу-тәрбие үдерісін оңтайлы басқаруға, студенттердің іс-әрекетіне сапалы түрде бақылау жүргізуге мүмкіндік береді.

4. Ақпараттық-коммуникациялық технологияқұралдарын дайындық сапасын арттыру тұрғысынан қолдану.

Белгілі ғалымдардың зерттеулерін саралай келе, заманауи ақпараттық технологияны оқу-тәрбие үдерісінде қолданудың негізгі бағыттарын төмендегідей анықтадық. (2 - кестеде көрсеттік).



Сурет 2 - Ақпараттық-коммуникациялық технологияқұралдарын қолданудың негізгі бағыттары

1. Ақпараттық технология құралдарын танымдық тұрғыдан қолдану.

Ақпараттық технология құралдарын танымдық тұрғыдан қолданудың психологиялық-педагогикалық аспектілері С. Пейперт, Дж. Нок секілді ғалымдардың еңбектерінде зерттелген. Мәселен, С. Пейперт «компьютермен оқытуда студент өзінің интеллектуалдық құрылымын құрушы құрылысшы студент қазіргі техниканы меңгеріп қана қоймайды, сонымен қатар жаратылыстану, математика пәндерінен, басқа да интеллектуалдық дамуына қажетті ақпараттармен танысады» - дейді (Скаткин -2018). Компьютермен жұмыс істеу барысында студенттер өзінің қызығушылығына орай оқу дағдыларын меңгереді, айнала қоршаған әлеммен танысады, өз бетінше білімін толықтырады, жетілдіреді, білуге құштарлығы артады, алатын мамандығы туралы мәлімет, оның еңбек рыногындағы орны нықтыланады. Сондықтан, студенттерді ақылмен, сапамен, белгілі бір режиммен әрекет жасауға төселдіру, қажетті ақпаратпен жұмыс істей білу дағдыларын қалыптастыру – педагогтардың міндеті деп білеміз.

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

**Begaliev Erbol** – Doctoral student, The Korkyt Ata Kyzylorda State University, puntik\_92@mail.ru, [https://orcid.org/\(0000-0002-2411-6249\)](https://orcid.org/(0000-0002-2411-6249));

**Seitmuratov Angisin** – Doktor of Physical and Matematical Sciences, Profesoz, The Korkyt Ata Kyzylorda State University. Kyzylorda. Kazakhstan. angisin\_@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9622-9584>;

**Kozybai A.K.** – Candidate of Pedagogical Sciences, Professor, k.anarbek@gmail.com, [https://orcid.org/\(0000-0002-4043-7771\)](https://orcid.org/(0000-0002-4043-7771));

**Isaeva G.B.** – Candidate of Pedagogical Sciences, Guka\_issaeva@mail.ru, [https://orcid.org/\(0000-0002-4860-3797\)](https://orcid.org/(0000-0002-4860-3797)).

#### **ӘДЕБИЕТТЕР:**

Аристова Л.П. Активизация учебно-познавательной деятельности студентов технического вуза в процессе профессиональной подготовки 2019 –С.56-58.

Әбылкасымова А.Е., Ашаев Ю.П., Карчагина Л.В. Автоматизированный контроль знаний как фактор повышения качества обучения //Современные индивидуального образовательные технологии. Алматы: Туған, 2018. – С.36-37.

Бабанский Ю.С. Компьютеризация процесса обучения в педогогическом вузе и средней школе: учебное пособие. –2019.-144с.

Кабылбеков К.А., Аширбаев Х.А, Саидахметов ПА., Байгулова З.А., Байдуллаева Л.Е. Ньютон сақиналарын зерттеуді ұйымдастыруға арналған компьютерлік зертханалық жұмыстың бланкі үлгісі. Изв. НАН РК, серия физ.-мат, № 1(299), Алматы, 2015, -С14-20.

Коммерс П. Социальные медиа в обучении с применением ИКТ: Аналит. записка, март, 2011. М.: Институт.

Гершунский Б.С. Компьютеризация в сфере образования. Проблемы и перспективы.-М.: Педагогика.-2020.-С.345.

Лернер И.Я. Дидактические основы методов обучения. - М.: Педагогика, 2019 - 186 с.

Нейл Дж. Рубенкинг. Эффективный поиск в Интернете// PC Magazine. – 2001. – №6.



Нурғалиева Г.Г. Страновой отчет о внедрении информационно- коммуникационных технологий в систему общего образование республики Казахстан – Алматы, 2019. – С. 120.

Скаткин М.Н. Проблемы современной дидактики. - М.: Педагогика, 2018. -96 с.

Семенов М.И. и др. Автоматизированные информационные технологии в экономике // Финансы и статистика –2000 - № 9.ISSN 1991-346X Серия физико-математическая. № 1. 2016109.

Талантов М. Поиск в Интернете: использование имён// Компьютер Пресс. – 2000. – №2.

#### **REFERENCES:**

Aristova L.P. Activation of learning and cognitive activity of technical university students in the process of professional training 2019 -P.56-58.

Abylkasymova A.E., Ashaev Yu.P., Karchagina L.V. Automated knowledge control as a factor in improving the quality of education // Modern individual educational technologies. Almaty: Tukan, 2018. - P.36-37.

Babansky Yu.S. Computerization of the learning process in a pedagogical university and secondary school: a textbook. –2019.-144p.

Kabyzbekov K.A., Ashirbaev H.A., Saidakhmetov, P.A., Baigulova Z.A., Baidullaeva L.E. Newton saқinalaryn zertteudi üyimdastyrugа arnalga computer-aided zhummyhalyk үlgisi. Proceedings of the National.

Kommers P. Social media in ICT-based learning: Analytical note, March, 2011. Moscow: Institute.

Gershunsky B.S. Computerization in education. Problems and prospects.-M.: Pedagogy.-2020.-P.345.

Lerner I.Ya. Didactic foundations of teaching methods. - M.: Pedagogy, 2019 - 186 p.

Neil J. Rubenking. Effective search on the Internet// PC Magazine. - 2001. - №6.

Nurgalieva G.G. Country report on the introduction of information and communication technologies in the general education system of the Republic of Kazakhstan - Almaty, 2019. - P. 120.

Skatkin M.N. Problems of modern didactics. - M.: Pedagogy, 2018. -96 p.

Semenov M.I. et al. Automated information technologies in economics // Finance and Statistics -.2000 - no. 9.ISSN 1991-346X Series Physics and Mathematics. № 1. 2016109,

Talantov M. Search in the Internet: the use of names // Computer Press. - 2000. - №2.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483.173>  
Volume 4, 82-94

UDC 52-76  
IRSTI 41.25.29

**А. Демесинова, А.Б. Манапбаева, Н.Ш. Алимгазинова, А.Ж. Наурзбаева,  
М.Т. Кызгарина\***

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.  
E-mail: meir83physics@gmail.com

### **SV CENTAURI ҚОС ЖҰЛДЫЗ ЖҮЙЕСІНІҢ ЭВОЛЮЦИЯЛЫҚ МОДЕЛІ**

**Аннотация.** Жұлдыздық объектілердің эволюциясын зерттеу астрофизиканың негізгі міндеттерінің бірі болып табылады. Массалары әртүрлі және эволюцияның әртүрлі кезеңдеріндегі жекелеген жұлдыздар мен (қос және еселі) жұлдыздық жүйелерді зерттеу галактикалардың да, жалпы Әлемнің де эволюциясын зерттеуге қажетті ақпаратты алуға мүмкіндік береді.

Бұл зерттеуде SV Centauri тұтылатын қос жұлдыздар жүйесін зерттеу нәтижелері ұсынылды. Ғылыми әдебиеттерде келтірілген осы жүйенің жұлдыздарының сипаттамалары туралы бақылау деректері негізге ала отырып, Van Rensbergen тобының (2008, 2011) еңбектерінде ұсынылған қос жүйелер эволюциясының жүз елуден астам сценарийі қарастырылды. Қос жүйелердің дамуының консервативті және либералды сценарийлеріне сәйкес келетін, жүйенің құрамдас бөліктерінің массасы мен оның жоғалуына, жасына тәуелді орбиталық периодын, жұлдыздардың жарқырауының эффективті температураға тәуелділігін қамтитын негізгі эволюциялық диаграммалар құрастырылды және талданды.

Зерттеу нәтижесінде SV Centauri қос жұлдыздық жүйесінің дамуының ең ықтимал сценарийі ретінде құрамдас бөліктерінің бастапқы массалары 15М $\odot$  және 6М $\odot$  болатын эволюцияның либералды моделі тандалды, бұл ретте жүйенің жасы  $\sim 13.6$  Мжыл деп бағаланды. Бұл болжам бойынша SV Centauri компоненттерінің параметрлері (массалар, радиустар, жарықтықтар, эффективті температуралар және орбиталық период) әйкесінше эволюциялық диаграммалардағы теориялық қисықтарға жақын орналасқан. Ғылыми әдебиеттерде сипатталған SV Centauri үшін орбиталық периодтың өзгерістер мен массалық жоғалтуда байқалатын заңдылықтар, сонымен қатар,

тандалынған модельге сәйкес эволюцияның берілген кезеңінде орын алатын заңдылықтарға сәйкес келеді.

**Түйін сөздер:** SV Centauri, қос жұлдыздар, эволюция, W. Van Rensbergen моделі.

**А. Демесинова, А.Б. Манапбаева, Н.Ш. Алимгазинова,  
А.Ж. Наурзбаева, М.Т. Қызгарина\***

Казахский национальный университет им. аль Фараби,  
Алматы, Казахстан.

E-mail: meir83physics@gmail.com

## **ЭВОЛЮЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДВОЙНОЙ ЗВЕЗДНОЙ СИСТЕМЫ SV CENTAURI**

**Аннотация.** Изучение эволюции звездных объектов является одной из основных задач в астрофизике. Исследование отдельных звезд и звездных систем (двойных и кратных) различных масс и на разных стадиях эволюции позволяет получить необходимую информацию для изучения как эволюции галактик, так и Вселенной в целом.

В данном исследовании приводятся результаты изучения затменной двойной звездной системы SV Centauri. Основываясь на наблюдательных данных о характеристиках звезд данной системы, приведенных в научной литературе, было рассмотрено более ста пятидесяти сценариев эволюции двойных систем, предложенных в работах группы Van Rensbergen (2008, 2011). Были построены и проанализированы основные эволюционные диаграммы, которые включают в себя зависимости массы и ее потери для компонентов системы, орбитального периода от возраста, светимости звезд от их эффективных температур, соответствующие консервативным и либеральным сценариям развития двойных систем.

В результате исследования в качестве наиболее вероятного сценария развития двойной звездной системы SV Centauri отобрана либеральная модель эволюции с начальными массами компонентов 15 $M_{\odot}$  и 6 $M_{\odot}$ , при этом возраст системы оценен как ~13.6 Млет. В таком предположении параметры компонентов SV Centauri (массы, радиусы, светимости, эффективные температуры и орбитальный период) лежат вблизи теоретических кривых на соответствующих эволюционных диаграммах. Наблюдаемые в изменениях орбитального периода и потери массы для SV Centauri закономерности, описанные в научной литературе, также соответствуют тем, которые должны иметь место согласно выбранной модели в данный период эволюции.

**Ключевые слова:** SV Centauri, двойные звезды, эволюция, модели W. Van Rensbergen.

**A. Demesinova, A.B. Manapbayeva, N.Sh. Alimgazinoва,  
A.Zh. Naurzbayeva, M.T. Kyzgarina\***

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.  
E-mail: meir83physics@gmail.com

## **EVOLUTIONARY MODEL OF SV CENTAURI DOUBLE STAR SYSTEM**

**Abstract.** The study of evolution of stellar objects is one of the main tasks in astrophysics. Investigating stars and (double and multiple) stellar systems of different masses and at different stages it is possible to obtain the necessary information for studying evolution of galaxies and the Universe as a whole.

This study presents the results of studying SV Centauri double star system. Based on the observational data on the characteristics of the stars, given in the scientific literature, one hundred and fifty scenarios proposed in the works of the Van Rensbergen group (2008, 2011) were considered. Evolutionary diagrams were constructed and analyzed, which include dependences of mass and its loss, orbital period on age, luminosity of stars on effective temperatures, corresponding to conservative and liberal scenarios for the development of double systems.

The liberal model of evolution with the initial masses of the components  $15M_{\odot}$  and  $6M_{\odot}$  was selected as the most probable scenario for SV Centauri double star system, while the age of the system was estimated as  $\sim 13.6$  Myears. Under this assumption, the parameters of the SV Centauri components (masses, radii, luminosities, effective temperatures and orbital period) lie close to the theoretical curves on the corresponding evolutionary diagrams. The patterns observed in the orbital period changes and mass loss for SV Centauri, described in the scientific literature, also correspond to the chosen model in a given period of evolution.

**Key words:** SV Centauri, double stars, evolution, models of Van Rensbergen.

**Кіріспе.** Қос жұлдыздар өте көп және жұлдыздардың негізгі параметрлері туралы астрофизикалық ақпараттың бірнеше көздерінің бірі болып табылады. Қос жұлдыз жүйелерін бақылау әртүрлі әдістермен бақылау компоненттердің радиустарын, температураларын және жарықтылықтарын тікелей бағалауға мүмкіндік береді, сәйкесінше, қалған параметрлердің массалары мен бақыланыатын мәндерін өзара байланыстыруға және оларды дара жұлдыздардың физикалық сипаттамаларын анықтауға ауыстыру.

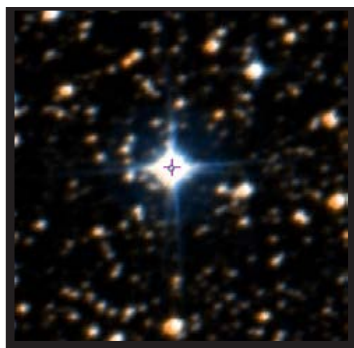
Қос жұлдыз жүйелерін объектінің қосарлануын ашу немесе зерттеу әдістеріне байланысты бірнеше кластарға бөлуге болады: астрометриялық, спектроскопиялық, фотометрлік және т.б. Қос жүйелерді бақылау және зерделеу әдістерінің әрқайсысы орбита параметрлері бойынша, массасы және компоненттердің басқа да сипаттамалары бойынша белгілі бір деректер жиынтығын ұсынады. Ақпараттың толықтығы тұрғысынан қарағанда ең қызықтысы жүйенің тұтылу айнымалылары болып табылады, олар фотометрлік қос жүйелер болып табылады және олар бір уақытта спектроскопиялық

қос жұлдыздар ретінде байқалады. Бұл жұп компоненттердің физикалық сипаттамаларының толық жиынтығын алуға мүмкіндік беретін фотометрлік және спектрлік бақылаулардың қосындысы. Қос жүйеде тұтылудың пайда болуы орбитаның бағдарына және жұптың компоненттері арасындағы қашықтыққа едәуір күшті шектеулер қояды: жұп неғұрлым кең болса, орбитаның жазықтығы көру сызығынан азырақ ауытқуы керек.

Бұл тұтылу жүйелерінің көпшілігінің тығыз жұптар ретінде жіктелуіне әкеледі, оларда компоненттердің бірінің эволюциясы ерте ме, кеш пе екіншісінің эволюциясына әсер ете бастайды. Тұтылу тығыз жұптардың компоненттері әр түрлі физикалық қасиеттері бар жұлдыздар болып табылады, олардың арасындағы өзара әрекеттесу дара жұлдыздар жағдайында ғана мүмкін емес эволюциялық сатылардың пайда болуына әкеледі. Тығыз қос жүйенің эволюциясы мен физикалық параметрлерін зерттеу жұлдыздардың пайда болу теориясы мен эволюциясын тексеру үшін қажет, сондай-ақ жұлдыздық атмосфералардың құрылысын, аккреция процестерін зерттеуге, жұлдыздардың байқалатын түрлерінің алуан түрлілігін түсіндіруге және т.б. мүмкіндік береді.

Бұл зерттеуде біз SV Centauri қос жұлдыз жүйесін зерттедік және W. Van Rensbergen ұсынған қос жұлдыз жүйелерінің эволюциясының теориялық моделін қарастырдық (Van Rensbergen, et al, 2008).

**Материалдар мен әдістер.** SV Centauri -  $\alpha(2000) = 11^{\text{h}}47^{\text{m}}57.22^{\text{s}}$  және  $\delta(2000) = -60^{\circ}33'57.76''$  ( $l = 295.21^{\circ}$   $b = +01.35^{\circ}$ ) координаталары бойынша Centauri шоқжұлдызында орналасқан айнымалы жұлдыз. Тұтылмалы қос жүйе болып табылады, оның визуалды көрінетін шамасы максимум 8,71 құрайды, бірінші тұтылу кезінде 9,98-ге дейін және екінші тұтылу кезінде 9,42-ге дейін жоғалады. GAIA каталогы бойынша ол Жерден шамамен 2559 парсекте қашықтықта орналасқан. SV Centauri - B1V және B6.5III спектрлік типтері бар және эффективті температурасы 23 000 К және 14 000 К болатын В типті екі ыстық жұлдыздан тұратын қос байланыс жүйесі. Бірінші компонент, күн сәулесінен 11700 есе үлкен жарық жұлдыз, массасы күн массасынан 7,7 есе көп және радиусы күн радиусынан 6,8 есе көп.



Сурет 1. SV Centauri қос жұлдыз жүйесінің 2MASS кескіні.

Екінші компоненттің массасы 9,6 күн массасына, радиусы 7,4 күн радиусына және жарықтығы күн жарықтығынан 1900 есе көп. Әр жұлдыздың орталықтары арасындағы қашықтық 15,3 күн радиусын құрайды. Жүйе  $81,8^{\circ}$  жоғары келбеу арқылы көрінеді. SV Centauri қос жүйенің орбиталық периоды монотонды түрде жылына 2,1 секунд жылдамдықпен төмендейді, бұл кез-келген белгілі жүйе үшін ең үлкен жылдамдық. 1894 жылы

жүргізілген жүйенің алғашқы бақылаулары 1.6606 күн периодын анықтады, ал 1993 жылы 1.6581 күнге дейін төмендеді, уақыт өте келе өзгертін, бірақ тұрақты болған кезде 10-30 жыл уақыт аралығында болатын төмендеу жылдамдығын көрсетті. Тұрақты өзгерістің осындай аралықтары арасындағы ауысу периодының өте тез төмендеуімен қатар жүруі мүмкін, мысалы, 1975 жылы жылына 15 секундқа төмендеді (Drechsel, et al, 1982) жұмысында SV Centauri бірнеше жылдардағы уақыт шкаласында үлкен вариациялармен орбиталық периодтың азаюының бір келі емес жылдамдығын көрсетеді. УФ-спектроскопиялық бақылаулар SV Centauri қос жүйесінен массаның жоғалуын және кеңейетін сақиналы қабықтың пайда болуын анықтауға мүмкіндік береді. (Rucinski, et al, 1992) сәйкес, периодтың өзгеруі бұрыштық моменттің жоғалуымен түсіндіріледі.

(Wilson, et al, 1976) жұмысында SV Centauri жұлдыз жүйесінің массасының жоғалу жылдамдығы есептелген, ол жылына  $\sim 4 \cdot 10^{-4}$  МӨ құрады, бұл Lyrа  $\beta$  қарағанда шамамен 30 есе көп. SV Centauri екінші компоненті өз массасы үшін аз жарқырайтын, ал бастапқы компонент - аса жарқырайтын болып табылады. Бұл сәйкесінше тез жоғалтатын және массасын арттыратын жұлдыздарға тән. 1-кестеде зерттелетін қос жүйенің компоненттері туралы кейбір әдеби деректер келтірілген. Кейбір параметрлерді, атап айтқанда, компоненттер массасын анықтауда әртүрлі авторлар арасындағы сәйкессіздікті көруге болады.

Кесте 1. SV Centauri қос жұлдыз жүйенің әр түрлі мәлімет көздері бойынша алынған параметрлері (Nakamura, et al, 1978).

	(Nakamura, et al, 1978)	(Wilson, et al, 1976)	(Drechsel, et al, 1982)	(De Mink, et al, 2013)	(Linnell, et al, 1991)	(Rucinski, et al, 1992)
$M_1(M)$	-	9.3	8.0	7.7	7.7	6.05
$M_2(M)$	-	11.1	12.4	9.6	9.6	8.56
P(day)	1.66	1.659	1.659	1.6585	1.65	1.66
$T_1(K)$	28000	23000	26000	23000	24000	23000
$T_2(K)$	17000	16050	18200	14050	16000	14000
$L_1(L)$	-	10900		11700	9307	-
$L_2(L)$	-	2830		1900	2467	-
$R_1(R)$	-	6.9		6.8	7.3	-
$R_2(R)$	-	7.2		7.4	7.8	-

Бұл зерттеуде SV Centauri қос жұлдыз жүйесінің деректері (Wilson, et al, 1976) зерттеуге сәйкес қолданылған. Бұл таңдау бұл жұмыста SV Centauri компоненттерінің орбиталық периоды, жарықтылықтары, эффективті температуралары, массалары және радиустары туралы деректердің ең толық жиынтығын ұсынуына негізделген. Сонымен қатар, жарықтылық

пен эффективті температураның мәні біз пайдаланған өзінің эволюциялық модельдерін есептеу кезінде Алголь (Podsiadlowski, 1992) түріндегі қос жүйелерді талдау кезінде Van Rensbergen жұмыстарында пайдаланылған деректерге өте жақын. Сондай-ақ басқа зерттеулерде есептелген, мысалы, жүйенің орбиталық периодының мәнімен жақсы сәйкес келеді.

**Нәтижелер.** Массивті қос жүйелердің эволюциясы әдетте олардың бас тізбектің нөлдік жас сызығынан шығуынан бастап қарастырылады. Осы уақыт аралығында жүйе компоненттерінің әрқайсысы дара жұлдыз ретінде эволюцияланады, ал масса алмасу тек неғұрлым қысқа периодты жүйелерде ғана пайда болуы мүмкін. Эволюцияның осы кезеңінде орбиталық периодтары 10 күннен кем жүйелер үшін орбиталық қозғалыс жылдамдығы және әрбір компоненттің айналу жылдамдығы синхрондалған. Орбиталық периодтары 10 күннен асатын қос жүйелер әдетте орбитаның эксцентриситетіне ие болады, ал компоненттердің айналу жылдамдығы олардың бүкіл өмір бойы бас тізбектегі орбиталық периодтарымен синхрондалмай қалуы мүмкін.

Компоненттердің бірі (donor) өзінің Рош (RLOF) қуысын толтырған сәтте, қос жүйе белсенді масса алмасу фазасына енеді. Жүйенің масса алмасу фазасына енуі көбінесе орбиталық периодтың мәніне, бастапқы компоненттің массасына және аз дәрежеде компоненттер массаларының арақатынасына байланысты. Егер жүйенің орбиталық периоды айтарлықтай аз болса (бастапқы компоненттің массасына байланысты ~2-5 күннен), онда масса алмасу сутегінің жану сатысында одан да көп массивті компоненттің ядросында (donor) басталуы мүмкін, ал егер орбиталық период өте қысқа болса, онда қайтадан пайда болған жұлдыздың айналу жылдамдығының айтарлықтай ұлғаюымен екі жұлдыздың қосылуы болуы мүмкін. Жаңадан пайда болған объектіде сутегінің жануы жалғасады (De Mink, et al, 2013). Ең маңызды өзгерістер қос жүйеде үлкенірек жұлдыз алып аймаққа кеткен кезде болады. Ядродағы гелийдің жану фазасының басталуы неғұрлым ауқымды жұлдыздың жылдам кеңеюімен, оның Роштың өз қуысын толтыруымен және неғұрлым ауқымды қос жүйелер үшін шамасы  $\dot{M} \sim 10\text{-}4 \text{ M}\odot$  болатын жеке, өте қысқа уақыт бөліктеріне жететін жүйедегі массалық алмасудың жылдам ұлғаюымен шығарылып салынады. Эволюцияның осы фазасының жылдамдығы 0.1 млн жылдан кем болғандықтан, қазіргі уақытта эволюцияның осы сатысында жүйелердің аздаған саны зерттелді.

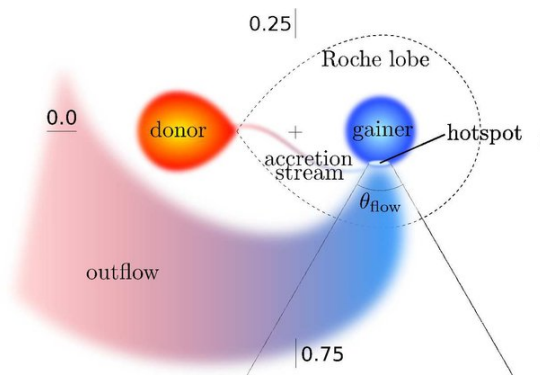
Эволюцияның осы сатысындағы қос жүйелер әдетте ерекше суық супералыптарға немесе ыстық супералыптарға ұқсайды, көбінесе фото-сфералық сызықтардың айқын іздері жоқ, бірақ сутегі сызықтарында жарқын сәулеленуі бар және күрделі профильді және әдеттен тыс радиалды жылдамдықтары бар жұтылу сызықтарының жиынтығымен сирек емес көрінеді. Жүйедегі массаның қарқынды алмасуы екінші реттік компонент массасының ұлғаюына ғана емес, сонымен қатар оның критикалық мәндеріне жететін бұрыштық моментінің жылдам ұлғаюына әкеледі. Бұл жағдайда жүйедегі массалық алмасу жоғары консервативті емес сипатқа ие болады және

жүйенің жалпы массасын жоғалтуымен және орбиталық период ұзақтығының елеулі өзгерістерімен бірге жүреді (Wellstein, et al, 2001).

Егер массивті қос жүйенің орбиталық периоды 5 тәуліктен аз болса, онда жылдам масса алмасу фазасы массивті Алгольдың пайда болуына әкеледі. Көбінесе осы объектілер тобы үшін жүйедегі масса және бұрыштық момент алмасу неғұрлым ауқымды компонент (donor) бас тізбекте тұрған кезеңде басталады (Kuiper, 2008).

Көп жағдайда эволюция бастапқыда неғұрлым көп массивті компонент (donor) нейтрондық жұлдыздың пайда болуымен аса жаңа жарқылымен аяқталады. Бұл ретте, көбінесе, қос жүйе бұзылады және бастапқыда аз массивті компонент (gainer) бас тізбектегі жылдам айналатын қалыпты дара жұлдызға айналады. Егер қос жүйе бұзылмаған жағдайда, Ве компоненті бар рентген қос жүйелері пайда болады.

(Kuiper, 2008) және (Kopal, 1959) жұмыстарында шектелген үш дене есебін шешу арқылы жақын қос жұлдыз жүйелерінің динамикалық эволюциясының негіздерін сипаттады. Авторлар қос жүйелердің үш түрін ажыратады: бөлінген жұптар, олардың екеуі де өздерінің Роштың критикалық беттерінің ішінде болады және олардың әрқайсысының эволюциясын бір жұлдыздың эволюциясы ретінде сипаттауға болады; жартылай бөлінген жұптар, онда компоненттердің бірі оның Рош қуысын толтырады, ал оның бетінің заты спутниктің гравитациялық өрісі арқылы алынуы мүмкін, нәтижесінде бір компоненттен екіншісіне масса алмасу процесі жүреді; екі компонент те критикалық Рош қуыстарын толтыратын байланыс жүйелері. Қос жүйені сипаттаудың осындай тәсілінің пайда болуы тұтылған жұлдыздардың бақылауларын талдау кезінде кері мәселені шешуге көшуге және әртүрлі физикалық қасиеттердің компоненттерін қамтитын жүйелер үшін бірқатар математикалық модельдерді әзірлеуге мүмкіндік берді. (Wilson, 1994) шолуында әдістердің даму тарихы және қос жүйенің қарапайым моделі шеңберінде бақылауларды талдаудың белгілі тәсілдері, сондай-ақ жұп компоненттерінің эволюциясы барысында пайда болатын физикалық әсерлерді ескеретін модельдер, сондай-ақ қос жұлдыз жүйесінің орбитасының қасиеттері сипатталған.



Сурет 2. Массасы аз (gainer) компонентінің бетіндегі ыстық нүктеден жүйелік масса жоғалтуға ұшырайтын Алголь жүйесінің схемалық шолуы (Van Rensbergen, et al, 2011)



Соңғы жылдары қос жұлдыздар жүйесі эволюциясының либералды және консервативті үлгілері кеңінен талқылануда. (Warner B., 1978) массаның жоғалуы және кейіннен импульсінің жоғалуы бар қос жүйенің эволюциясын масса жүйеден шықпайтын консервативті жағдайдан ажырату үшін «либералдық» терминін енгізді. Әрбір компонент-жұлдыздың айналасындағы қос жүйелерде оның тартылыс күштері басқа компоненттің гравитациялық күштерінен басым болатын аймақ бар. Рош аймағындағы жұлдыздың гравитациялық күштері қос жүйедегі жұлдыз компонентінің тартылыс күшінен ғана емес, центрден тепкіш күштен де басым. Рош қуысының шекаралары эквипотенциал бетпен анықталады. Бұл бетте Лагранждың бірінші нүктесі бар. Екі компонент-жұлдыздардың (gainer & donor) Лагранжының бірінші нүктесінде бір-бірімен жанасады (2-сурет). Осы себептен екі жұлдыздың тартылыс күштері осы нүктеде нөлге айналады. Осыған байланысты бірінші Лагранж нүктесі арқылы бір жұлдыздың заты екіншісіне және керісінше ағуы мүмкін. Қос жұлдыздардың эволюциялық дамуында заттың бір жұлдыздан екінші жұлдызға және керісінше өтуі маңызды рөл атқарады.

Жүйелік массаның жоғалуын түсіндірудің әртүрлі механизмдері ұсынылды. Оларды төрт топқа бөлуге болады: биполярлық ағындар, жеделдетілген ағындар, сыртқы Лагранж нүктесі 3 арқылы жоғалтулар және «ыстық нүктелер». Соңғы механизм ең перспективалы болып көрінеді, өйткені алғашқы үш механизмнен алынған массаның жоғалу коэффициенттері кейбір Алголь жүйелерінің болжамды жүйелік массаның жоғалуын түсіндіру үшін тым аз. (Van Rensbergen, et al, 2011) либералды сценарий әзірледі, онда қос жұлдызды жүйенің массасы Рош қуысының (RLOF) толуы басталғаннан кейін көп ұзамай тез масса алмасуының қысқа уақытында жоғалуы мүмкін. Бұл сценарийде массаның жоғалуы ыстық нүктенің радиациялық қысымымен байланысты, ол RLOF арқылы массивтік компоненттен (donor) түсетін материал ағыны аккрецирлеуші жұлдызға түсіп, жұлдыздың бетін жылытуға және жергілікті жарықтылықты арттыруға арналған энергияны шығарған кезде пайда болады. Бұл ыстық нүкте кейбір ұқсас жұлдыздарда байқалады, жұлдыз бетінде тікелей аккреция болған жағдайда және дискінің шетінде аккреция болған жағдайда).

Либералды эволюция кезінде массаның жоғалуы донордың (массасы үлкен компонент) жоғалтқан массасының үлесін беретін  $\beta \sim [0,1]$  шамасымен анықталады ( $d$  индексі), оны гейнер (массасы кіші компонент) жинайды ( $g$  индексі) (Warner, 1978):

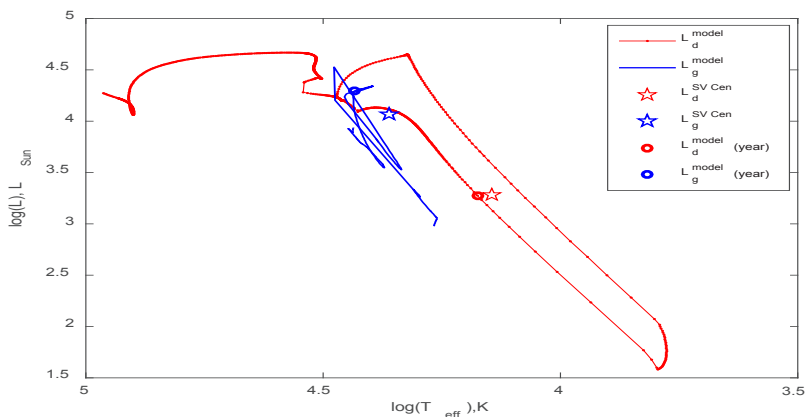
$$\dot{M}_g = -\beta \dot{M}_d^{RLOF}$$

$\beta = 1$  = тең болса, консервативті даму тән. Либералды теориялық есептеулер (яғни, біраз уақыт кем, болғанда) параметріне немесе тек жүйеден жоғалған массаның мөлшеріне байланысты емес, сонымен қатар импульс моментіне ( $a$  параметрге қатысты) байланысы бар екенін (Umana, et al, 2002) жұмысында механизмі бойынша тұжырымдалған.

**Талқылау.** Жұмыста SV Centauri жүйесі үшін бақылау деректері мен сипаттамаларын пайдалана отырып, қос жүйелер эволюциясының 150-ден астам сценарийі қарастырылды. Негізгі эволюциялық диаграммалар салынды және талданды, олар жүйе компоненттері үшін массаның тәуелділігін және оның жоғалуын, жас бойынша орбиталық периодын, жұлдыздардың жарықтылығының эффективті температураға тәуелділігін, Van Rensbergen ұсынған қос жүйелерді дамытудың консервативтік және либералдық сценарийлеріне сәйкес келетін тәуелділіктерді қамтиды.

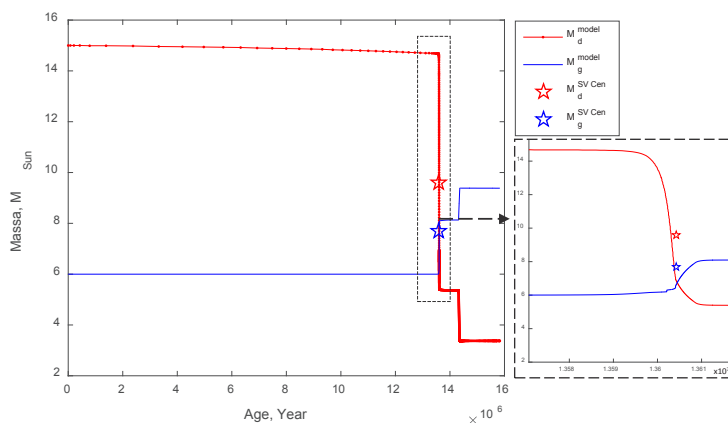
Бастапқыда жарықтылық диаграммасына сүйене отырып - эффективті температура әрбір сценарий үшін жүйенің мүмкін болатын жасы анықталды: осы диаграммадағы теориялық эволюциялық қисықтан екі компонент жұлдыз үшін осы шамалардың өлшенген мәндерінің ең аз ауытқуы бар нүктелер іздестірілді. Содан кейін SV Centauri жүйесінің массалары, радиустары, орбиталық периоды және жұлдыз-компоненттері массасының жоғалу жылдамдығы туралы бақылау деректері осы эволюция сценарийі мен жүйенің жасына сәйкес осы шамалардың теориялық мәндеріне сәйкес келетіндігіне талдау жүргізілді. Егер бақылау деректері сәйкес жастағы теориялық қисық нүктеден алыс болса, онда бұл сценарий алынып тасталды. Бұл процедура барлық ықтимал сценарийлер үшін қайталанды.

Нәтижесінде біз бастапқы массалары 15 M $\odot$  және 6 M $\odot$  болатын массивті қос жүйелер үшін либералды модельдердің бірін таңдадық. Бұл модельге сәйкес, SV Centauri жүйесінің жасы шамамен 13,6 мегажыл. 3-7 суреттерде зерттеу нәтижелері көрсетілген. Барлық диаграммаларда бастапқы массасы жоғары жұлдыз (donor) үшін мәндер қызыл түспен, ал массасы аз жұлдыз үшін (gainer) көк түспен белгіленген. Сызықтар - таңдалған либералды модельге сәйкес келетін теориялық қисықтар, жұлдызшалар - SV Centauri үшін бақылау деректері, шеңберлер - жүйедегі жұлдыздар модельге сәйкес таңдалған эволюция жылында болуы керек шама мәндері.



Сурет 3. «Жарықтылық - эффективті температура» диаграммасында массасы 15M $\odot$  және 6M $\odot$  қос жұлдыз жүйесі компоненттерінің эволюциялық жолдары

3-суретте жарықтың эволюциялық диаграммасы көрсетілген - таңдалған модель үшін эффективті температура. SV Centauri үшін мәндер теориялық модельдің қисық сызықтарына өте жақын екенін көруге болады.

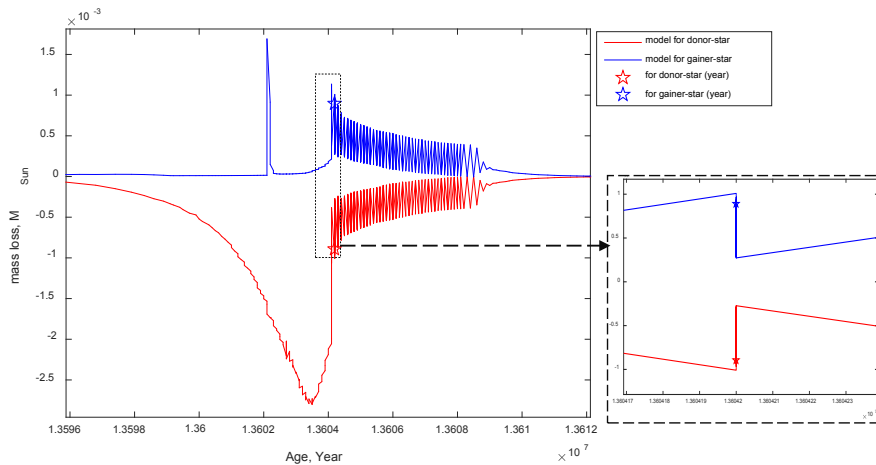


Сурет 4. Іріктелген модель үшін қос жұлдыз жүйесі компоненттері массасының уақытқа тәуелділігі

Бір қызығы, бұл сценарийде gainer-жұлдызының жарықтылығы мен эффективті температурасының мәндері эволюция кезінде donor-жұлдызға қарағанда әлдеқайда аз диапазонда өзгереді: қос жүйенің donor-жұлдызының жарықтылығы  $\sim 38000 \div$  шамасында өзгереді. Эволюцияның барлық кезеңінде  $\sim 38000 \div 46500 L_{\odot}$ , ал gainer-жұлдыздар  $\sim 900 \div 33500 L_{\odot}$ . Сондай-ақ, осы эволюциялық диаграммаға және ондағы SV Centauri позициясына сәйкес, болашақта бұл жүйенің donor-жұлдызының жарықтылығы мен эффективті температурасының жоғарылауы байқалуы керек деп болжауға болады. Зерттелетін жүйедегі gainer-жұлдызының жарықтылығы эффективті температураның төмендеуімен қысқа уақыт ішінде аздап артуы керек, яғни бұл жұлдыздың өлшемі ұлғаюы керек, содан кейін процесті керісінше өзгерту қажет болады.

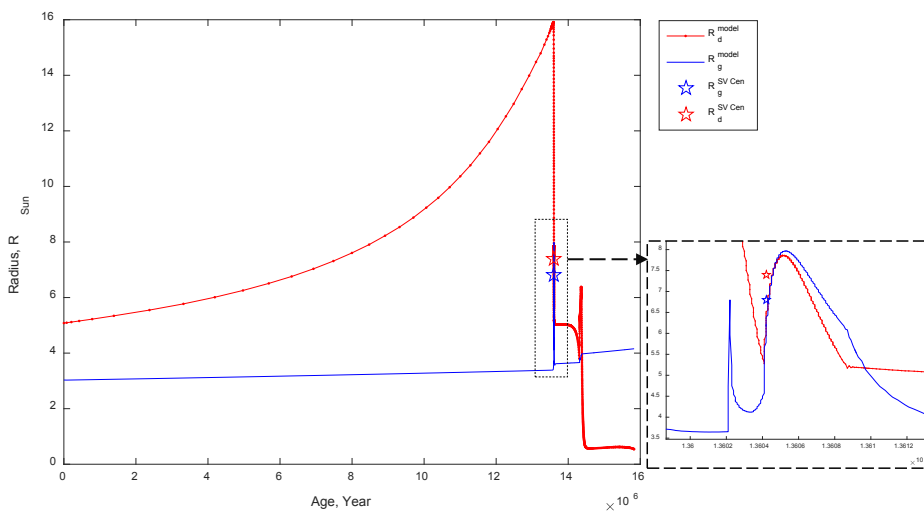
4-суретте іріктелген модель үшін уақыт бойынша қос жұлдыз жүйесі компоненттері массасының өзгеруі көрсетілген. Бұл жерде біз SV Centauri үшін мәндердің қисық теориялық модельдерге жақын орналасқанын көріп отырмыз. Диаграммада біз donor-жұлдыздың массаның жоғалуы және gainer-жұлдыздың массасын қосып алу процесін байқаймыз. Алайда, жүйенің екі компоненті үшін де массаның жоғалуы және өсу қарқыны бірдей емес, яғни массаның кейбір бөлігінің жұлдыз маңындағы ортаға кетуі байқалады, бұл өз кезегінде қос жүйенің айналасында шаң қабығының немесе дискінің пайда болуына әкелуі мүмкін. Эволюцияның теориялық моделіне сәйкес бастапқыда осы қос жүйе жиынтық  $21 M_{\odot}$  массасына ие болды, ал эволюцияның соңында жүйенің жұлдыз-компоненттерінің жиынтық массасы  $12.8 M_{\odot}$  дейін азаяды, осылайша жүйе бастапқы массаның шамамен 40%-ын жоғалтады. (Rucinski,

et al, 1976) сәйкес, SV Centauri жылына шамамен  $4 \cdot 10^{-4} M_{\odot}$  жылдамдықпен өз массасын жоғалтады. Іріктелген теориялық модельге сәйкес, біз таңдаған эволюция жылында массаның жоғалу жылдамдығы шамамен жылына  $2 \cdot 10^{-4} M_{\odot}$  құрайды (5-сурет).

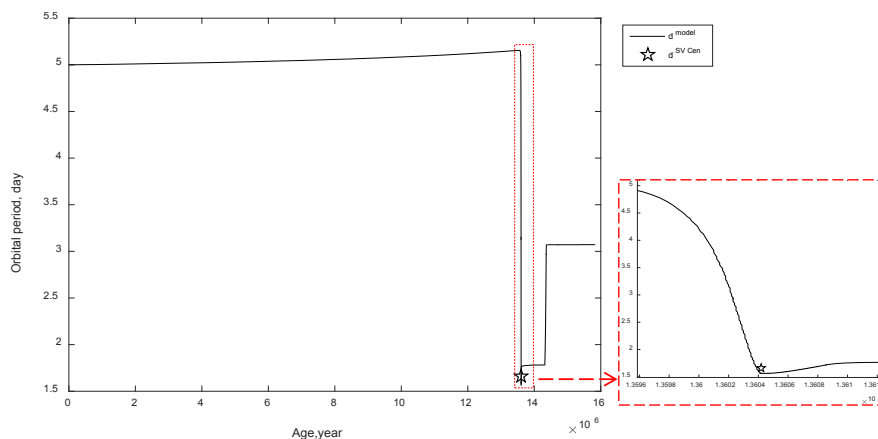


Сурет 5. Қос жұлдыздар жүйесінің компоненттерінің массасының жоғалуының уақытқа тәуелділігі

6-7-суреттерде қарастырылып отырған либералдық модель бойынша жұлдыздардың радиусы мен жүйенің орбиталық периодының уақытының өзгеруі көрсетілген. Біз таңдаған эволюция кезеңінде жұлдыздардың радиустары ұлғайып, орбиталық период орташа есеппен 32 с/жыл төмендейтінін көруге болады. Соңғысы (Манапбаева, т.б., 2021) тұжырымдарымен сәйкес келеді.



Сурет 6. Қос жүйе жұлдыздарының радиустарының уақытқа тәуелділігі



Сурет 7. Қос жұлдыз жүйесінің орбиталық периодының уақытқа тәуелділігі.

**Қорытынды.** Зерттеу нәтижесінде SV Centauri қос жұлдыз жүйесінің дамуының ең ықтимал сценарийі ретінде  $15M_{\odot}$  және  $6M_{\odot}$  компоненттерінің бастапқы массалары бар эволюцияның либералды моделі таңдалды, ал жүйенің жасы  $\sim 13.6$  мегажыл деп бағаланды. Мұндай болжамда SV Centauri компоненттерінің параметрлері (массалар, радиустар, жарықтылық, эффективті температуралар және орбиталық период) тиісті эволюциялық диаграммаларда теориялық қисықтарға жақын жатыр. Орбиталық периодтың өзгерістерінде байқалатын және SV Centauri үшін массаның жоғалуы (Umana, et al, 2002) жұмыстарында сипатталған заңдылықтар да эволюцияның осы периодына таңдалған модельге сәйкес орын алуы тиіс заңдылықтарға сәйкес келеді.

Осылайша, біз SV Centauri тұтылатын қос жұлдыз жүйесінің эволюциясы W. Van Rensbergen ұсынған массивті жұлдыз жүйесі үшін либералды сценарий бойынша жүреді деп болжаймыз.

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (грант № AP14972694), «Жұлдызаралық орта мен жұлдыз маңындағы қабықтардың жұлдыздар эволюциясына әсері», мақала 2022-2024 жылдарға берілген «Жас Ғалым» жобасы бойынша жас ғалымдарға арналған ғылыми гранты аясында дайындалды.

**Information about authors:**

**Demisnova A.M.** – Senior Lecturer, Al-Farabi Kazakh National University, <https://orcid.org/0000-0001-5049-9338>, [aizatdem@gmail.com](mailto:aizatdem@gmail.com);

**Manapbayeva A.B.** – Senior Researcher, Scientific Research Institute of Experimental and Theoretical Physics, <https://orcid.org/0000-0002-0322-1509>, [manapbayeva.arailym@gmail.com](mailto:manapbayeva.arailym@gmail.com);

**Alimgazinova N.Sh.** – Candidate of physical and mathematical sciences, Senior Lecturer, Al-Farabi Kazakh National University, <https://orcid.org/0000-0002-4596-1855>, [nazgul.alimgazinova@kaznu.kz](mailto:nazgul.alimgazinova@kaznu.kz);

**Naurzbayeva A.Zh.** – Candidate of physical and mathematical sciences, Senior Lecturer, Al-Farabi Kazakh National University, <https://orcid.org/0000-0001-6653-2948>, [aisha.nuryzbaeva@kaznu.kz](mailto:aisha.nuryzbaeva@kaznu.kz);

**Kyzgarina M.T.** – PhD, Senior Lecturer, Al-Farabi Kazakh National University, <https://orcid.org/0000-0002-4103-7657>, [meir83physics@gmail.com](mailto:meir83physics@gmail.com).

#### REFERENCES:

De Mink S.E. et al. The rotation rates of massive stars: the role of binary interaction through tides, mass transfer, and mergers //The Astrophysical Journal. – 2013. – Vol. 764. – №. 2. – C. 166. (in Eng.).

Drechsel H. et al. The interacting early-type contact binary SV Centauri //Astronomy and Astrophysics. – 1982. – Vol. 110. – C. 246-262. (in Eng.).

Drechsel H., Rahe J., Wargau W., Wolf B. Structure and Evolution of SV Centauri. In: Kopal Z., Rahe J. (eds) Binary and Multiple Stars as Tracers of Stellar Evolution. Astrophysics and Space Science Library (A Series of Books on the Recent Developments of Space Science and of General Geophysics and Astrophysics Published in Connection with the Journal Space Science Reviews), 1982. – Vol. 98. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-7861-4\\_26](https://doi.org/10.1007/978-94-009-7861-4_26) (in Eng.).

Kopal Z. Close binary systems. — London: Chapman and Hall, 1959. –558 p. (in Eng.).

Kuiper G.P. On the interpretation of  $\beta$  Lyrae and other close binaries // Astrophys. J. – 1941. Vol. 93. - P. 133-177. (in Eng.).

Linnell A.P., Scheick X. Does SV Centauri harbor an accretion disk? //The Astrophysical Journal. – 1991. – Vol. 379. – C. 721-728. (in Eng.).

Nakamura Y., Saio H., Sugimoto D. Evolutionary models of the early-type contact binary SV Centauri //Publications of the Astronomical Society of Japan. – 1978. – Vol. 30. – C. 649-655. (in Eng.).

Podsiadlowski P. The progenitor of SN 1987A //Publications of the Astronomical Society of the Pacific. – 1992. – Vol. 104. – №. 679. – C. 717. (in Eng.).

Rucinski S.M. et al. Photometry and spectroscopy of the very close early type binary SV Centauri //The Astronomical Journal. – 1992. – Vol. 103. – C. 573-578. (in Eng.).

Umana G., Leone F., Triglio C. The origin of the radio emission from  $\beta$  Lyrae //Astronomy & Astrophysics. – 2002. – Vol. 391. – №. 2. – C. 609-615. (in Eng.).

Van Rensbergen W. et al. Mass loss out of close binaries-The formation of Algol-type systems, completed with case B RLOF //Astronomy & Astrophysics. – 2011. – Vol. 528. – C. A16. (in Eng.).

Van Rensbergen W. et al. Spin-up and hot spots can drive mass out of a binary //Astronomy & Astrophysics. – 2008. – Vol. 487. – №. 3. – C. 1129-1138. (in Eng.).

Warner B. Apsidal motion and evolution of cataclysmic variables //Acta Astronomica. – 1978. – Vol. 28. – C. 303-326. (in Eng.).

Wellstein S., Langer N., Braun H. Formation of contact in massive close binaries //Astronomy & Astrophysics. – 2001. – Vol. 369. – №. 3. – C. 939-959. (in Eng.).

Wilson R.E. Binary-star light curve models // Publ. Astron. Soc. Pac. – 1994. – Vol. 106. – P. 921-941. (in Eng.).

Wilson R.E., Starr T.C. SV Centauri: an unusual example of mass transfer //Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 1976. – Vol. 176. – №. 3. – C. 625-632. (in Eng.).

Manapbaeva A.B., Esimbek J., Alimgazinova N.Sh., Kyzgarina M.T., Atamurat A.B. detection of young star objects near dust bubbles N22 //Izvestia NAN RK. Series physical and mathematical, (3), – 2021. 96–105. <https://journals.nauka-nanrk.kz/physics-mathematics/article/view/2078>.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES

OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483.174>

Volume 4, 95-107

МРНТИ 29.15.03; 29.15.19

УДК 539.141

**А.Д. Дүйсенбай<sup>1\*</sup>, В.С. Василевский<sup>2</sup>, В.О. Курмангалиева<sup>1</sup>,  
Н. Калжигитов<sup>1</sup>, Е.М. Ақжігітова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Украина ҰҒА Н.Н. Боголюбов атындағы теориялық физика институты,  
Киев, Украина.

E-mail: [duisenbay.aknur@gmail.com](mailto:duisenbay.aknur@gmail.com)

### **ҮШКЛАСТЕРЛІК МИКРОСКОПИЯЛЫҚ ҮЛГІДЕГІ 9Be МЕН 9В АЙНАЛЫҚ ЯДРОЛАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ**

**Аннотация.** <sup>9</sup>Be мен <sup>9</sup>B ядроларының үшкластерлік континуумдағы резонансты күйлерінің спектрлері үшкластерлік микроскопиялық үлгі көмегімен анықталған. Бұл үлгі үшкластерлік континуумды дұрыс сипаттауын қамтамасыз ететін гиперсфералық гармоникаларды қолданады. <sup>9</sup>Be мен <sup>9</sup>B айналық ядроларында сәйкесінше,  $\alpha + \alpha + n$  және  $\alpha + \alpha + p$  басым үшкластерлік құрылымдар ескеріледі. Қолданылып отырған әдіс осы ядролардағы резонансты күйлердің параметрлерін есептеу үшін және олардың табиғатын зерттеу үшін таңдап алынған.

Есептеулер нуклон-нуклондық Миннесота потенциалы және модифицирленген Хасегава-Нагата потенциалы арқылы жүргізілді. Резонансты күйлердің параметрлері Миннесота және модифицирленген Хасегава Нагата потенциалдары арқылы анықталған. <sup>9</sup>Be мен <sup>9</sup>B айналық ядроларындағы резонансты күйлердің E энергиясы мен  $\Gamma$  кеңдігіне кулондық өзара әрекеттесудің әсері жете қарастырылды. Кулондық өзара әрекеттесудің эффектісін сандық бағалау үшін бұрылыс пен ығысуды анықтайтын екі параметр енгізілді, себебі айналық ядролардың сәйкес резонансты күйлері E –  $\Gamma$  жазықтығында көрініс береді. Бұл параметрлерді пайдалана отырып, кулондық өзара әрекеттесудің әлсіз, орташа, күшті эффектілері бар резонансты күйлер анықталды. Кулондық күшке байланысты резонансты күйлер қозғалысының әр түрлі сценарийлері зерттелген. Үшкластерлік ең басым сценарий <sup>9</sup>Be ядросының сәйкес резонансты күйінің орнынақатысты <sup>9</sup>B ядросының энергиясының да, кеңдігінің де ұлғаюы болып табылады. Бұл сценарий <sup>9</sup>Be мен <sup>9</sup>B ядроларының

үшкластерлік континуумында болатынбарлық резонансты күйлер үшін бақыланды.

**Түйін сөздер:** үшкластерлік үлгі, айналық ядролар, кулондық өзара әрекеттесу.

**А.Д. Дуйсенбай<sup>1\*</sup>, В.С. Василевский<sup>2</sup>, В.О. Курмангалиева<sup>1</sup>,  
Н. Калжигитов<sup>1</sup>, Е.М. Акжигитова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Казахский Национальный университет имени аль-Фараби,  
Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Институт теоретической физики им. Н.Н. Боголюбова НАН Украины,  
Киев, Украина.

E-mail: duisenbay.aknur@gmail.com

### **СТРУКТУРА ЗЕРКАЛЬНЫХ ЯДЕР ${}^9\text{Be}$ И ${}^9\text{B}$ В МИКРОСКОПИЧЕСКОЙ ТРЕХ-КЛАСТЕРНОЙ МОДЕЛИ**

**Аннотация.** Спектры резонансных состояний в трехчастичном континууме ядер  ${}^9\text{Be}$  и  ${}^9\text{B}$  были определены с помощью микроскопической трехкластерной модели. Эта модель использует гиперсферические гармоники, которые обеспечивают корректное описание трехкластерного континуума. В зеркальных ядрах  ${}^9\text{Be}$  и  ${}^9\text{B}$  учитываются доминирующие трехкластерные конфигурации  $\alpha + n$  және  $\alpha + \alpha + p$  соответственно. Используемый метод позволяет вычислять параметры резонансных состояний и исследовать их природу в этих ядрах. Расчеты проведены с нуклон-нуклонным потенциалом Миннесоты и модифицированным потенциалом Хасегавы-Нагаты. Детально исследовано влияние кулоновского взаимодействия на энергию  $E$  и ширину  $\Gamma$  резонансных состояний в зеркальных ядрах  ${}^9\text{Be}$  и  ${}^9\text{B}$ . Для количественной оценки эффектов кулоновских взаимодействий введены два параметра, которые определяют вращение и смещение, поскольку энергия и ширина соответствующих резонансных состояний зеркальных ядер отображаются на  $E - \Gamma$  плоскости. С помощью этих параметров были найдены резонансные состояния с сильными, малыми и средними эффектами кулоновского взаимодействия. Были исследованы различные сценарии движения резонансных состояний за счет кулоновских сил. Преобладающий сценарий для трехкластерных систем – это когда и энергия, и ширина ядра  ${}^9\text{B}$  увеличиваются относительно положения соответствующего резонансного состояния в ядре  ${}^9\text{Be}$ . Этот сценарий наблюдается для всех резонансных состояний, находящихся в трехкластерном континууме ядер  ${}^9\text{Be}$  и  ${}^9\text{B}$ .

**Ключевые слова:** трехкластерная модель, зеркальные ядра, кулоновское взаимодействие.



**A.D. Duisenbay<sup>1\*</sup>, V.S. Vasilevsky<sup>2</sup>, V.O. Kurmangaliyeva<sup>1</sup>, N. Kalzhigitov<sup>1</sup>,  
E.M. Akzhigitova<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Bogolyubov Institute for Theoretical Physics, Kiev, Ukraine.

E-mail: duisenbay.aknur@gmail.com

### **STRUCTURE OF MIRROR NUCLEI <sup>9</sup>Be AND <sup>9</sup>B IN MICROSCOPIC THREE-CLUSTER MODEL**

**Abstract.** The spectra of resonance states in a three-particle continuum of <sup>9</sup>Be and <sup>9</sup>B are determined by using a three-cluster microscopic model. This model employs hyperspherical harmonics, which provide one with a correct description of the three-cluster continuum. In the mirror nuclei <sup>9</sup>Be and <sup>9</sup>B, the dominant three-cluster configurations  $\alpha + \alpha + n$  and  $\alpha + \alpha + p$  are taken into account, respectively. The employed method allowed us to calculate parameters of resonance states and to study their nature. Calculations are performed with the Minnesota and modified Hasegawa-Nagata nucleon-nucleon potentials. The influence of the Coulomb interaction on the energy  $E$  and the width  $\Gamma$  of resonance states is investigated in detail in mirror nuclei <sup>9</sup>Be and <sup>9</sup>B. For a quantitative assessment of the effects of Coulomb interactions, two parameters are introduced which determine the rotation and displacement, since the energy and width of the corresponding resonance states of mirror nuclei are displayed on the  $E - \Gamma$  plane. Using these parameters, resonance states with strong, weak and medium effects of the Coulomb interaction are found. Various scenarios of the motion of resonance states due to Coulomb forces are also investigated. It is shown that the dominant scenario for three-cluster systems is when both the energy and the width of resonance states in the <sup>9</sup>B nucleus are increased relatively to the position of the corresponding resonance state in the <sup>9</sup>Be nucleus. This scenario is observed for all resonance states in a three-cluster continuum of <sup>9</sup>Be and <sup>9</sup>B.

**Key words:** three-cluster model, mirror nuclei, Coulomb interaction.

**Кіріспе.** Үшкластерлік континуумда болатын кулондық күштердің резонанстық күйлер кеңдігі мен энергиясына әсерін зерттеу – бұл жұмыстың басты мақсаты. Бұл зерттеулер үшін айналық ядролар ең таптырмас нысандар болып табылады. Егер біз көпкластерлі үлгіні тек нуклон-нуклондық әрекеттесуден пайда болатын кластераралық әрекеттесулердіекі айналық ядроларда бірдей болатындай етіп алсақ, онда байланыс және резонансты күйлердің қатыстық орны мен олардың кеңдігі толығымен протонның кулондық әрекеттесуімен анықталады. Мысалы, <sup>9</sup>Be және <sup>9</sup>B айналық ядроларын қарастырайық. Оларды үшкластерлік құрылым ретінде сәйкесінше  $\alpha + \alpha + n$  және  $\alpha + \alpha + p$  ала аламыз. Бұл ядролардың бақыланып отыратын көптеген қасиеттерін дұрыс сипаттауды қамтамасыз ету үшін, осындай үшкластерлік құрылымыбар клас-

терлік үлгілер (Varga et al., 1995), (Csótó, 2000), (Vasilevsky et al., 2017, b) жұмыстарында көрсетілген.  ${}^8\text{Li}$  ядросындағы кулондық әсерлесу тек альфа-бөлшектің тритонмен әрекеттесуіне ғана әсер етеді.  ${}^8\text{B}$  айналық ядросындағы кулондықәрекеттесуші мынадай барлық кластер жұптарындағы әсерлі тартылысты бәсеңдетеді:  $\alpha + {}^3\text{He}$ ,  $\alpha + p$  және  ${}^3\text{He} + p$ . Сонымен қатар, Паули принципі, құрама жүйенің толық антисимметризациясын дұрыс есептей отырып, үш бөлшекті кулондық әсерлесуді тудырады.

Мұндай мәселе бірнеше рет (Wildermuth et al., 1961), (Humblet et al., 1967), (Everling, 1970), (Aoyama et al., 1997), (Aoyama et al., 1998), (Myo et al., 2014), (Ito, 2016), (Nakao et al., 2017), (Nakao et al., 2018) әдебиеттерінде зерттелген еді. Көбінесе бұл басылымдарда байланыс күйлеріне көңіл бөлінген және кулондық өзара әрекеттесудің резонансты күйге әсері қарастырылған. Бұл мәселеге арналған (Webb et al., 2019), (Wang et al., 2019) жаңа басылымдар да бар.  ${}^{11}\text{Li}$  мен  ${}^{11}\text{O}$  айналық ядроларының құрылымы тәжірибе жүзінде (Webb et al., 2019) жұмысында және Гамовтың қосарланған арналар тәсілі аясында (Wang et al., 2017) зерттелді. Бұл тәсіл аясында  ${}^{11}\text{Li}$  мен  ${}^{11}\text{O}$  айналық ядролары инертті ядросы бар үш бөлшекті жүйе және сәйкесінше, екі валентті нейтрондар мен протондар ретінде қарастырылған.

**Материалдар мен әдістер.** Айналық ядролардың  ${}^9\text{Be}$  мен  ${}^9\text{B}$  жұбына талдаулар жасалынды. Бұл ядроларүшкластерлік микроскопиялық үлгі аясында қарастырылды. Мұндай ядролардың барлығы үшін басым болатын үшкластерлік құрылымдар таңдап алынды. Кесте 1-де айналық ядролардың жұбы мен олардың басым үшкластерлік арналары ұсынылған. Жұбы L және R әріптерімен белгіленген. Кесте 1-де қолданылған микроскопиялық үлгі мен есептеу көзі, сонымен қатар,  $= Z_R - Z_L$  зарядтар айырымы көрсетілген.

Кесте 1– Зерттеу үшін ядролар тізімі, үшкластерлік басым конфигурациялар, қолданылған микроскопиялық үлгі мен сілтемелер

L-ядро	R-ядро		Сілтеме	Үлгі
${}^9\text{Be} = \alpha + \alpha + n$	${}^9\text{B} = \alpha + \alpha + p$	1	(Vasilevsky et al., 2001), (Vasilevsky et al., 2017, a)	ГГБАУ

Үшкластерлік жүйелердегі резонансты күйлерге кулондық өзара әрекеттесуін зерттеу үшін, Кесте 1-де көрсетілгендей екі микроскопиялық үлгі қолданылды. Ол резонансты топтар әдісінің модификациясын көрсетеді. Бұл әдіс жеңіл атом ядроларының үшкластерлік құрылымын зерттеу үшін арналған және кластераралық қозғалыс динамикасын сипаттау үшін квадратты интегралданатын негізді қолданады. Берілген үлгі (Гиперсфералық гармоникалық базалы алгебралық үлгі – ГГБАУ) кластерлердің қатыстық қозғалысын зерттеу үшін гиперсфералық гармониканы қолданады және үшкластерлік континуумдағы үрдістерді зерттеу үшін (Vasilevsky et al., 2001) жұмысында ойлап табылды.

Резонансты күйлер екі параметрмен сипатталады: E энергия мен Г кеңдігі.

S-матрицасының полюсі болып табылатын резонанстың күйі  $E-i\Gamma/2$  комплексті шамамен анықталады. Осылайша, резонансты күй параметрлерін екі өлшемді кеңістікте қарастырған жөн.  $E$  мен  $\Gamma$  жазықтығы алынды. Бұл жазықтықта кулондық күштердің резонансты күйге әсерін екі амалмен сипаттауға болады: айналу мен ығысу. Сондықтан  $\theta_c$  кулондық бұрылу бұрышы енгізіледі

$$\theta_c = \arctan \left[ \frac{\Gamma(R) - \Gamma(L)}{E(R) - E(L)} \right] \quad (1)$$

және  $R_c$  кулондық ығысу

$$R_c = \sqrt{[E(R) - E(L)]^2 + [\Gamma(R) - \Gamma(L)]^2} \quad (2)$$

Бұл қатынастар айналық ядролардың резонансты күйлерін бірдей  $J$  толық бұрыштық моментпен және бірдей  $\pi$  жұптылығымен байланыстырады. Сонымен қатар, олар  $L$  ядросындағы байланыс күй үшін және  $R$  ядросындағы резонансты күй үшін, сонымен қатар, осы ядролардағы екі байланыс күйлері үшін қолданылады. Соңғы жағдайда бұл қатынастар тривиалды шешімді береді:  $\theta_c = 0$  және  $R_c = E(R) - E(L)$ .

$\theta_c$  кулондық бұрылу бұрышы (Vasilevsky et al., 2017, a) жұмысында енгізілген және  ${}^9\text{Be}$  мен  ${}^9\text{B}$  ядроларындағы кулондық күштердің әсерін зерттеуде қолданылған.

(1) мен (2) формулалары айырманы қолданған жөн екендігін көрсетеді

$$\begin{aligned} \Delta E &= E(R) - E(L) = R_c \cos \theta_c \\ \Delta \Gamma &= \Gamma(R) - \Gamma(L) = R_c \sin \theta_c \end{aligned} \quad (3)$$

Сәйкесінше  $x$  осі мен  $y$  осі тәрізді. Екі ерекшелік те оң немесе теріс болуы мүмкін.  $E$  мен  $\Gamma$  параметрлерінің терминдерінде келесі төрт болжамдық сценарий қарастырылды:

S1 Екі параметр де оң, сондықтан кулондық өзара әрекеттесу  $R$  ядросындағы резонансты күйдің кеңдігі мен энергиясын үлкейтеді.

S2  $E$  параметрі оң және  $\Gamma$  теріс,  $R$  ядросындағы резонансты күйдің энергиясы көп, бірақ оның кеңдігі  $L$  ядросына қарағанда аз.

S3  $E$  параметрі теріс және  $\Gamma$  оң, кулондық өзара әрекеттесу  $R$  ядросындағы резонансты күйдің энергиясын төмендетеді, бірақ оның кеңдігін кеңейтеді.

S4 Екі параметр де теріс, бұл кулондық өзара әрекеттесу  $R$  ядросындағы резонансты күйдің кеңдігі мен энергиясын азайтатындығын білдіреді.

Бірінші және екінші сценарийде кулондық өзара әрекеттесу  $R$  ядросындағы резонансты күйдің энергиясын ұлғайтады, ал үшінші мен төртінші сценарий кулондық өзара әрекеттесу салдарынан энергияның азаятындығын болжайды.

${}^9\text{Be}$  мен  ${}^9\text{B}$  резонансты күйлерінің спектрі ГГБАУ аясында (Vasilevsky et al., 2017, a), (Nesterov et al., 2014) жұмыстарынан алынған.

Бұл әдіс  ${}^9\text{Be}$  мен  ${}^9\text{B}$  ядроларындағы резонансты күйлердің табиғаты мен

параметрлерін зерттеу үшін таңдап алынған, себебі бұл ядролардың барлық резонансты күйлері үшкластерлік континууммен бекітілген, және бұл әдіс үшкластерлік үздіксіз спектр күйі үшін тиісті шекаралық шарттарын жүзеге асырады. Үшкластерлік жүйені сипаттау үшін мынадай үшкластерлік толқындық функция құрастырылды (Vasilevsky et al., 2017, a)

$$\Psi_{JM_J} = \sum_{L,S} \hat{A} \left\{ \left[ \left[ \Phi_1(A_1, s_1) \Phi_2(A_2, s_2) \right] \Phi_3(A_3, s_3) \right]_S f_{L,S}^{(J)}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) \right\}_{JM_J} \quad (4)$$

Көп денелі Шредингер теңдеуін шешу барысында, кластераралық толқындық функция  $f_{L,S}^{(J)}(\mathbf{x}, \mathbf{y})$  мен байланыс күйінің спектрін немесе үздіксіз спектр күйінің S-матрицасын анықтау керек. Якоби векторлары  $\mathbf{x}$  пен  $\mathbf{y}$  кластерлердің өзара орналасуын анықтайды.  $\Phi_\alpha(A_\alpha, s_\alpha)$  ( $\alpha=1, 2, 3$ ) толқындық функциялары  $A_\alpha$  нуклондардан  $s_\alpha$  спиннен тұратын кластердің ішкі қозғалысын сипаттайды және бекітілген болады.  $\Phi_\alpha(A_\alpha, s_\alpha)$  толқындық функциясының бекітілген түрімен байланысқан адиабаттылық әдістің негізгі болжамы болып табылады. Бұл резонансты топтар әдісі ретінде қарастырылды және мұндағы толқындық функция көп бөлшек есебін үш дене есебіне локальды емес және энергиядан тәуелді потенциал арқылы алып келетін проектор операторы болып табылады (Vasilevsky et al., 2017, a). Амплитудалар үшін интегралдық-дифференциалдық теңдеулердің екі өлшемді шексіз жүйесін шығаруға болады

$$f_{L,S}^{(J)}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_{l_1, l_2} f_{l_1, l_2; L, S}^{(J)}(x, y) \left\{ Y_{l_1}(\hat{\mathbf{x}}) Y_{l_2}(\hat{\mathbf{y}}) \right\}_{LM_L} \quad (5)$$

Ал, бұл теңдеулер жүйесін жеңілдету үшін гиперсфералық координаталардың енгізілуі қажет

$$\begin{aligned} x &= \rho \cos \theta, & y &= \rho \sin \theta, \\ \Omega &= \{ \theta, \hat{\mathbf{x}}, \hat{\mathbf{y}} \} \end{aligned} \quad (6)$$

Сонымен қатар, ортонормаланған гиперсфералық гармониканың толық жиынтығы да құрылуы керек

$$Y_{K, l_1, l_2, LM_L}(\Omega) = \chi_{K, l_1, l_2}(\theta) \left\{ Y_{l_1}(\hat{\mathbf{x}}) Y_{l_2}(\hat{\mathbf{y}}) \right\}_{LM_L} \quad (7)$$

Онда (1) толқындық функциясы былай өрнектеледі

$$\Psi_{JM_J} = \hat{A} \left\{ \sum_{c=\{K, l_1, l_2, L, S\}} \left[ \left[ \left[ \Phi_1(A_1, s_1) \Phi_2(A_2, s_2) \right] \Phi_3(A_3, s_3) \right]_S Y_{K, l_1, l_2, L}(\Omega) \right]_{JM_J} \Psi_{K, l_1, l_2, L, S}(\rho) \right\} \quad (8)$$

мұндағы  $\Psi_{K, l_1, l_2, L, S}(\rho)$  толқындық функцияның гиперрадиалды құраушылары интегралдық-дифференциалдық теңдеулердің шексіз жүйесіне бағынады,

сонымен қатар, мұндай теңдеулер жүйесінің сандық шешімін жеңілдетудің соңғы қадамы ретінде  $\{\psi_{K,l_1,l_2;L,S}(\rho)\}$  гиперрадиалды амплитудалардың алты өлшемді кеңістіктегі осциллятор функцияларының гиперрадиалды бөліктері негізінде жіктелуі алынған

$$\psi_{K,l_1,l_2;L,S}(\rho) = \sum_{n_\rho} C_{n_\rho, K, l_1, l_2; L, S}(b) R_{n_\rho, K}(\rho, b). \quad (9)$$

$R_{n_\rho, K}(\rho, b)$  осциллятор функциясы, ал  $b$  осциллятор ұзындығы болып табылады

$$R_{n_\rho, K}(\rho, b) = (-1)^{n_\rho} N_{n_\rho, K} r^K \exp\left\{-\frac{1}{2}r^2\right\} L_{n_\rho}^{K+3}(r^2),$$

$$r = \rho / b, \quad N_{n_\rho, K} = b^{-3} \sqrt{\frac{2\Gamma(n_\rho + 1)}{\Gamma(n_\rho + K + 3)}}, \quad (10)$$

$\Psi_{JM_J}$  Осцилляторлардың базис бойынша жіктелуі интегралдық-дифференциалдық теңдеулер жүйесін жіктеу коэффициенттері үшін арналған сызықты алгебралық теңдеулер жүйесіне алып келеді

$$\sum_{n_\rho, c} \left\{ \left\langle n_\rho, c \left| \hat{H} \right| \tilde{n}_\rho, \tilde{c} \right\rangle - E \langle n_\rho, c | \tilde{n}_\rho, \tilde{c} \rangle \right\} C_{n_\rho, \tilde{c}} = 0, \quad (11)$$

Мұндағы  $c$  көпше саны  $c = \{K, l_1, l_2, L, S\}$  гиперсфералық базис каналын білдіреді. Бұл жүйе байланыс күйлері үшін де, үздіксіз спектр үшін де маңызды болып келеді, ал байланыс күйлерінің спектрін алу үшін редукцияланған теңдеулер жүйесінің диагоналдандыру үрдісін қоладана аламыз. Сонымен қатар, (11) теңдеуіндегі жіктеу коэффициенттеріне сәйкес шекаралық шарттарды жүзеге асыратын болсақ, онда толқындық функциялар мен шашырау матрицасының элементтерін таба аламыз (Vasilevsky et al., 2017, a).

Гиперсфералық гармоникалар мен осцилляторлық функциялар үшін қатынастар

$$\sum_{K, l_1, l_2, LM} Y_{K, l_1, l_2, LM}(\Omega) Y_{K, l_1, l_2, LM}(\tilde{\Omega}) = \delta(\Omega - \tilde{\Omega}),$$

$$\sum_{n_\rho} R_{n_\rho, K}(\rho, b) R_{n_\rho, K}(\tilde{\rho}, b) = \delta(\rho - \tilde{\rho}),$$

мұндағы  $\delta$  функция  $\delta(\Omega - \tilde{\Omega})$  әрбір  $\{\theta, \hat{\mathbf{x}}, \hat{\mathbf{y}}\} = \{\theta, \theta_x, \varphi_x, \theta_y, \varphi_y\}$  гиперсфералық бұрыштар үшін бес  $\delta$  функциядан алынады.

Гиперсфералық бұрыштар үшбұрыш кеңістігіндегі орны мен пішінін анықтайды. Бұл кеңістік өзара әрекеттесеуші масса центрлерін біріктіретіндіктен, гиперсфералық гармоникалар үшбұрыштың барлық мүмкін болатын

бұрылыстары мен деформацияларын сипаттайды. Барлық гиперсфералық гармоника  $Y_{K,l_1,l_2;LM}(\Omega)$  үш ткластерден тұратын үшбұрыштың бір немесе бірнеше басым пішінін алдын ала анықтайды (Vasilevsky V., 2017, a).

$\Psi_{K,l_1,l_2;L,S}(\rho)$  және  $R_{n_p,K}(\rho, b)$  функцияларына қатысты олардың радиалды қозуларды сипаттайтындығы туралы айта аламыз. Сонымен қатар,  $\Psi_{K,l_1,l_2;L,S}(\rho)$  толқындық функциялары үшкластерлік континуумдағы барлық серпімді және серпімсіз үрдістерді сипаттайды, осыған орай, S матрицасының мынадай шашырау элементтерін қамтиды:

$$\Psi_{K,l_1,l_2;L,S}(\rho) \Rightarrow \delta_{c_0,c} \Psi_c^{(-)}(k\rho, \eta_c) - S_{c_0,c} \Psi_c^{(+)}(k\rho, \eta_c), \tag{12}$$

мұндағы  $c_0$  және  $c$  сәйкесінше кіретін әрі осы мезеттегі немесе шығатын каналдарды білдіреді, жалпы алғанда олар  $c = \{K, l_1, l_2; L, S\}$  бес кванттық санды құрайды (Vasilevsky et all., 2017, a).

**Нәтижелер мен талқылау.** Ал, енді ядроларының спектрлеріне келер болсақ, онда МХНП көмегімен алынған есептеулер нәтижелері 2, 3, 4 және 5 кестелерінде көрсетілген. Бұл жерде нәтижелер эксперименталды мәліметтермен салыстырылған (Vasilevsky et all., 2017, a). Мұндағы кейбір резонансты күйлердің энергиясы мен кендігі эксперименталды мәліметтерге жақын. Мысалы,  ${}^9\text{Be}$  ядросының  $5/2^-$  пен  $1/2^-$  резонансты күйлерінің параметрлері және  ${}^9\text{B}$  ядросының  $5/2^-$ ,  $1/2^-$  пен  $5/2^+$  резонансты күйлерінің параметрлері.

Кесте 2 – Спині тақ болатын  ${}^9\text{Be}$  ядросының МХНП көмегімен есептелген байланыс және резонансты күйлерінің спектрі.

$J^\pi$	ГТБ АҰ, МХНП		Эксп.	
	Е (МэВ)	Г (МэВ)	Е(МэВ ±кэВ)	Г(МэВ±кэВ)
$3/2^-$	-1.5743		-1.5735	
$5/2^-$	0.897	$2.363 \cdot 10^{-5}$	$0.8559 \pm 1.3$	$0.00077 \pm 0.15$
$1/2^-$	2.866	1.597	$1.21 \pm 120$	$1.080 \pm 110$
	2.704	2.534	$4.02 \pm 100$	$1.33 \pm 360$
$7/2^-$	4.766	0.404	$4.81 \pm 60$	$1.21 \pm 230$
	5.365	4.384	$6.37 \pm 80$	

Кесте 3 – Спині жұп болатын  ${}^9\text{Be}$  ядросының МХНП көмегімен есептелген байланыс және резонансты күйлерінің спектрі

$J^\pi$	ГТБ АҰ, МХНП		Эксп.	
	Е (МэВ)	Г (МэВ)	Е(МэВ±кэВ)	Г(МэВ±кэВ)
$1/2^+$	0.338	0.168	$0.111 \pm 7$	$0.217 \pm 10$
$5/2^+$	2.086	0.112	$1.476 \pm 9$	$0.282 \pm 11$
$3/2^+$	4.062	1.224	$3.131 \pm 25$	$0.743 \pm 55$
$9/2^+$	4.913	1.272	$5.19 \pm 60$	$1.33 \pm 90$
$7/2^+$	5.791	3.479		

Кесте 4 – Спині тақ болатын  ${}^9\text{B}$  ядросының резонансты күйлерінің эксперименталды және теориялық спектрі.

$J^\pi$	ГТБ АҰ, МХНП		Эксп.	
	Е (МэВ)	Г (МэВ)	Е(МэВ $\pm$ кэВ)	Г(МэВ $\pm$ кэВ)
3/2 <sup>-</sup>	0.379	1.076 · 10 <sup>-6</sup>	0.277	0.00054 $\pm$ 0.21
5/2 <sup>-</sup>	2.805	0.018	2.6385	0.081 $\pm$ 5
1/2 <sup>-</sup>	3.398	3.428	3.11	3.130 $\pm$ 200
	3.420	3.361		
7/2 <sup>-</sup>	6.779	0.896	7.25 $\pm$ 60	2.0 $\pm$ 200
	5.697	5.146	12.67040	0.4520

Кесте 5 – Спині жұп болатын  ${}^9\text{B}$  ядросының резонансты күйлерінің эксперименталды және теориялық спектрі.

$J^\pi$	ГТБ АҰ, МХНП		Эксп.	
	Е (МэВ)	Г (МэВ)	Е(МэВ $\pm$ кэВ)	Г(МэВ $\pm$ кэВ)
1/2 <sup>+</sup>	0.636	0.477	(1.9)	$\approx$ 0.7
5/2 <sup>+</sup>	3.670	0.415	3.065 $\pm$ 30	0.550 $\pm$ 40
3/2 <sup>+</sup>	4.367	3.876		
9/2 <sup>+</sup>	6.503	2.012		
7/2 <sup>+</sup>	7.100	4.462		

Кесте 6-да  ${}^9\text{Be}$  мен  ${}^9\text{B}$  резонансты күйлерінің энергиясы мен кендігі көрсетілген. Олар ГТБАҰ аясында модифицирленген Хасегава Нагата потенциалы (МХНП) көмегімен (Vasilevsky et al., 2017, a) жұмысында алынған. Сонымен қатар, кесте 6-да кулондық ығысу  $R_C$  мен бұрылу бұрышы  $\theta_C$  бар.

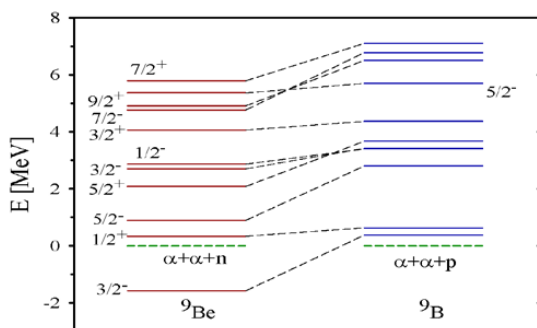
${}^9\text{Be}$  мен  ${}^9\text{B}$  ядроларындағы мүмкін болатын сценарийлер мен олардың  $J$  толық бұрыштық моменттен тәуелділігі қарастырылды.

${}^9\text{Be}$  мен  ${}^9\text{B}$  айналық ядроларындағы кулондық күштің алғашқы әсерлері Сурет 1-де көрінеді, мұнда бұл ядролардың спектрі көрсетілген.  ${}^9\text{Be}$  мен  ${}^9\text{B}$  ядроларындағы  $J$  толық бұрыштық моменті мен  $\pi$  жұптылығы бірдей деңгейлерді біріктіретін бес үзік сызықтар кулондық күштердің деңгейлерді айтарлықтай жоғары ығыстыратыны көрсетілген ( $J_\pi = 3/2^-, 5/2^-, 5/2^+, 7/2^-$  және  $9/2^-$ ), және төрт үзік сызықтар  ${}^9\text{Be}$  ядросындағы сәйкес күйлермен салыстырғанда  ${}^9\text{B}$  ядросындағы резонансты күйлер энергиясының деңгейі аздап ауытқитындығын ( $J_\pi = 1/2^+, 3/2^-, 1/2^-$  және  $3/2^+$ ) білдіреді.

Кесте 6–МХНП көмегімен есептелген  ${}^9\text{Be}$  мен  ${}^9\text{B}$  ядроларындағы байланыс және резонансты күйлердің спектрі. Е энергиясы мен Г кендігі МэВ-пен көрсетілген.

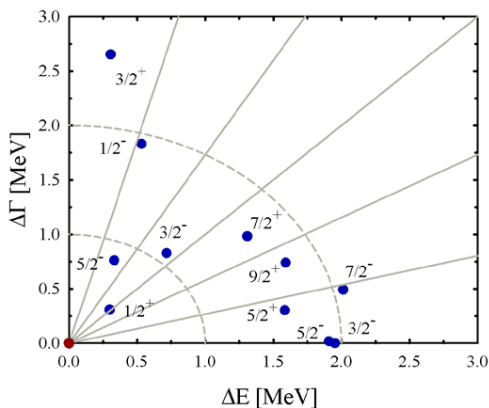
$J^\pi$	${}^9\text{Be}$		${}^9\text{B}$		Кулондық ығысу	
	Е	Г	Е	Г	$R_C$	$\theta_C$
	-1.574	0.00	0.379		1.953	
	0.338	0.168	0.636	0.477	0.429	46.04
	0.897		2.805	0.018	1.908	0.54

	2.866	1.597	3.398	3.428	1.907	73.80
	2.086	0.112	3.670	0.415	1.613	10.83
	4.062	1.224	4.367	3.876	2.669	83.44
	2.704	2.534	3.420	3.361	1.094	49.12
	4.766	0.404	6.779	0.896	2.072	13.74
	4.913	1.272	6.503	2.012	1.754	24.96
	5.365	4.384	5.697	5.146	0.831	66.46
	5.791	3.479	7.100	4.462	1.637	36.90



Сурет 1 –  ${}^9\text{Be}$  мен  ${}^9\text{B}$  ядроларындағы байланыс және резонансты күйлердің спектрі

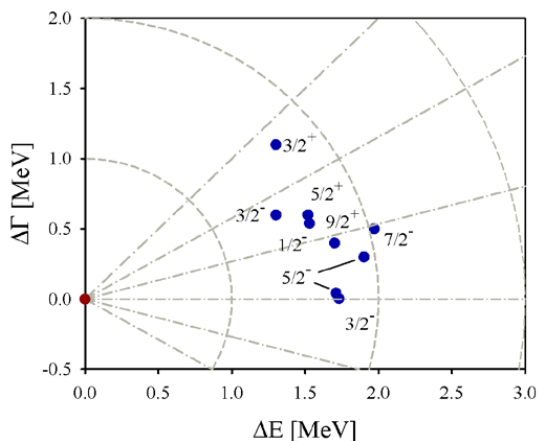
Кулондық өзара әрекеттесуді Сурет 2-ден анығырақ байқауымызға болады. Бұл суреттегі доғалар (сұр қисықтар)  $R_C = 1, 2$  мен  $3$  МэВ кулондық ығысуды білдіреді, ал сәулелер тобы (сұр тұтас сызықтар) әрбір  $15$  градустағы  $\theta_C$  кулондық бұрылу бұрышын білдіреді.



Сурет 2 –  ${}^9\text{B}$  ядросындағы кулондық өзара әрекеттесу салдарынан пайда болған резонансты күйлердің айналуы мен ығысуы.  ${}^9\text{Be}$  ядросындағы бұл резонансты күйлерінің аналогтары координат басына ауыстырылған

Көрініп отырғандай, резонансты күйлердің ең үлкен тобы  $R_C = 2$  айналасында шоғырланған, және осы топтың біреуінен басқа барлық дерлік күйлері  $\theta_C = 45^\circ$  бұрышынан төмен орналасқан.





Сурет 3 – Комплексті масштабтау әдісі арқылы алынған  ${}^9\text{Be}$  ядросындағы күйге қатысты  ${}^9\text{Be}$  ядросындағы резонансты кулондық ығысуы. Мәліметтер (Arai et al., 1996) жұмысынан алынған.

Осылайша,  ${}^9\text{Be}$  мен  ${}^9\text{B}$  айналық ядроларындағы резонансты күй параметрлеріне кулондық өзара әрекеттесудің әлсіз (энергиясы  $E = 0,25 \sim 0,75$  МэВ бірінші топ), орташа (энергиясы  $E = 1,25 \sim 1,8$  МэВ екінші топ) немесе күшті (энергиясы  $E > 1,9$  МэВ үшінші топ) әсері болады. Бұл үш топ кулондық ығысу  $R_c$  мен кулондық бұрыш  $\theta_c$  арқылы бақыланады. Сонымен қатар, бұл ядроларда бірінші сценарий орындалады, өйткені, кулондық өзара әрекеттесу  ${}^9\text{Be}$  ядросындағы мәндеріне қарағанда,  ${}^9\text{B}$  ядросындағы резонансты күйлерінің энергиясын да, кеңдігін де үлкейтеді.

Комплексті скейлинг әдісі (КСӘ)  ${}^9\text{Be}$  мен  ${}^9\text{B}$  айналық ядроларындағы резонансты күйлердің кеңдігі мен энергиясын анықтау үшін (Arai et al., 1996) жұмысында қолданылған. Резонансты күйлердің параметрлері Миннесота потенциалы арқылы анықталған. ГГБАУ мен КСӘ нәтижелерінің салыстырылуы (Nesterov et al., 2014) жұмысында толығырақ сипатталған. Мұнда КСӘ нәтижелері, осы әдіс арқылы байқалған кулондық өзара әрекеттесудің эффектін анық көру үшін  $E - \Gamma$  жазықтығында көрсетілген. Бұл нәтижелер Сурет 3-те келтірілген. Барлық резонансты күйлер  $R_c = 1,25$  пен  $R_c = 2,0$  МэВ арасында орналасқан, бұл нәтижелер Сурет 2-де көрсетілген ГГБАУ нәтижелерімен сәйкес келеді. Алайда, ГГБАУ әдісіндегі бірінші топ нәтижелеріне қарағанда, КСӘ әдісінде эффекттері әлсіз болатын кулондық әрекеттесудің ( $R_c \approx 1$  МэВ) резонансты күйлер жоқ. КСӘ әдісінде кулондық ығысу бұрыштары  $\theta_c 45^\circ$ - тан аспайды, бұл ГГБАУ әдісіндегі  $\theta_c$  шамасына қарағанда аз. КСӘ мен ГГБАУ нәтижелерінің айырмашылығы резонансты күйлерді анықтаудың әдістерінің әр түрлі болуына және барлық тәсілдерде қолданылған ішінара түрлі нуклон-нуклондық потенциалдарға да байланысты.

**Қорытынды.**  ${}^9\text{Be}$  мен  ${}^9\text{B}$  айналық ядроларындағы резонансты күйлердің энергиясы мен кеңдігіне кулондық өзара әрекеттесудің әсері қарастырылды.

Бұл ядролардың үшкласерлік континуумдағы резонансты күйлері талданды және олар үшкласерлік микроскопиялық үлгі аясында алынған. Сонымен қатар, гиперсфералық гармоникалық базалы алгебралық үлгіясында клас-терлердің қатыстық қозғалысын зерттеу үшін гиперсфералық гармоника қолданылды. Кулондық әрекеттесудің эффектісін дұрыс зерттеу үшін, резонансты күйлердің Е – Г жазықтығындағы энергия мен кеңдігі параметрлерінің орналасуына байланысты бұрылыс пен ығысуды анықтайтын екі параметр енгізілді. Кулондық ығысу резонансты күйлерге қарағанда байланыс күйлерінде үлкен екендігі көрсетілген, себебі, байланыс күйлері резонансты күйлерден ықшамдылау болып келеді. Ал, өте тар резонансты күйлер үшін кулондық ығысу байланыс күйлерінің ығысуына жуықтайды. Бұл тар резонансты күйлерді ықшамды нысандар ретінде қарастыруға болатындығын көрсетеді. Мұндай тар резонансты күйлер  ${}^9\text{Be}$  мен  ${}^9\text{B}$  үшкласерлік континуумда Хойл аналогының күйлері болып табылады (Vasilevsky et al., 2018). Сонымен қатар, резонансты күйлер қозғалысының бәрнеше сценарийлерін қарастырдық. Бұл кулондық күш әсерінен орын алған және ең доминантты сценарий ретінде екі айналық ядроның резонансты күйлерінің орынына байланысты энергиясының да, кеңдігінің де ұлғаюы алынған. Мұндай сценарий үшкласерлік континуумдағы резонансты күйлерде байқалды.

*Алғыс. Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (2021-2023) (грант №AP09259876).*

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

**Duisenbay A.D.** – PhD student, al-Farabi Kazakh National University, 71 al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan, researcher, phone number: +7-747-840-72-47, duisenbay.aknur@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4707-9812>;

**Vasilevsky V.S.** – dr.ph.-m.sc., Bogolyubov Institute for Theoretical Physics, 14-b Metrolohichna str. Kyiv, 03143, Ukraine, leading researcher, phone number: +38-044-526.53.62, vsvasilevsky@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0417-5978>;

**Kurmangalieva V.O.** – cand.ph.-m.sc., docent, al-Farabi Kazakh National University, 71 al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan, researcher, phone number: +7-707-397-06-38, venera\_bagg@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8046-8508>;

**Kalzhigitov N.K.** – PhD student, al-Farabi Kazakh National University, 71 al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan, phone number: +7-708-160-90-80, knurto@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2598-3176>;

**Akzhigitova E.M.** – PhD student, al-Farabi Kazakh National University, 71 al-Farabi Ave., Almaty, Kazakhstan, researcher, phone number: +7-747-616-78-71, kzo1994@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8544-1248>.

**REFERENCES:**

- Arai K., Ogawa Y., Suzuki Y. and Varga K. (1996) Structure of the mirror nuclei  ${}^9\text{Be}$  and  ${}^9\text{B}$  in a microscopic cluster model, *Phys. Rev. C*. 54:132–146. DOI:10.1103/physrevc.54.132 (in Eng.).
- Aoyama S., Kato K. and Ikeda K. (1997) Resonant structures in the mirror nuclei  ${}^{10}\text{N}$  and  ${}^{10}\text{Li}$ , *Phys. Lett. B*. 414:13-17. DOI:10.1016/S0370-2693(97)01158-1 (in Eng.).
- Aoyama S., Kato K. and Ikeda K. (1998) The mechanism of the anomalous energy shift between s-states in mirror nuclei with a halo structure, *Prog. Theor. Phys.* 99:623-634. DOI:10.1143/PTP.99.623 (in Eng.).
- Csótó A. (2000) Low-lying continuum structures in  ${}^8\text{B}$  and  ${}^8\text{Li}$  in a microscopic model, *Phys. Rev. C*. 61(2).024311. DOI:10.1103/PhysRevC.61.024311 (in Eng.).
- Everling F. (1970) Systematics of Coulomb-energy differences of excited mirror nuclei, *Nucl. Phys. A*. 144:539-544. DOI: 10.1016/0375-9474(70)90343-X (in Eng.).
- Humblet J. and Lebon G. (1967) Perturbation of resonance states and energy shift in mirror nuclei, *Nucl. Phys. A*. 96:593-604. DOI: 10.1016/0375-9474(67)90607-0 (in Eng.).
- Ito M. (2016) Cluster Thomas-Ehrman shift in  ${}^{10}\text{Be}$ - ${}^{10}\text{C}$ , *EPJ Conf.* 117.06014. DOI:10.1051/epjconf/201611706014 (in Eng.).
- Myo T. and Kato K. (2014) Mirror symmetry breaking in He isotopes and their mirror nuclei, *Prog. Theor. Exp. Phys.* 8.083D01. DOI:10.1093/ptep/ptu112 (in Eng.).
- Nakao M., Umehara H., Ebata S. and Ito M. (2018) Cluster Thomas-Ehrman effect in mirror nuclei, *Phys.Rev. C*. 98(5).054318. DOI:10.1103/PhysRevC.98.054318 (in Eng.).
- Nakao M., Umehara H., Sonoda S., Ebata S. and Ito M. (2017) Cluster structure and Coulomb shift in two-center mirror systems, *EPJ Conf.* 163.00040. DOI:10.1051/epjconf/201716300040 (in Eng.).
- Nesterov A.V., Vasilevsky V.S. and Kovalenko T.P. (2014) Nature of resonance states in the  ${}^9\text{Be}$  and  ${}^9\text{B}$  mirror nuclei, *Phys. At. Nucl.* 77(5):555–568. DOI: 10.1134/S1063778814050081 (in Eng.).
- Varga K., Suzuki Y. and Tanihata I. (1995) Microscopic multicluster description of the  ${}^7\text{Li}$ - ${}^7\text{Be}$ ,  ${}^8\text{Li}$ - ${}^8\text{B}$  and  ${}^9\text{Li}$ - ${}^9\text{C}$  mirror nuclei. *Nucl. Phys. A*, 588:157-160. DOI: 10.1016/0375-9474(95)00116-1 (in Eng.).
- Vasilevsky V.S., Kato K. and Takibayev N. (2017) Formation and decay of resonance states in  ${}^9\text{Be}$  and  ${}^9\text{B}$  nuclei: microscopic three-cluster model investigations, *Phys.Rev.C*. 96(3).034322. DOI: 10.1103/PhysRevC.96.034322.
- Vasilevsky V.S., Kato K. and Takibayev N. (2018) Systematic investigation of the Hoyle-analog states in light nuclei, *Phys. Rev. C*. 98(2).024325. DOI:10.1103/PhysRevC.98.024325 (in Eng.).
- Vasilevsky V., Nesterov A.V., Arickx F. and Broeckhove J. (2001) Algebraic model for scattering in three-s-cluster systems. I. Theoretical background, *Phys. Rev. C*. 63(3).034606. DOI: 10.1103/PhysRevC.63.034607 (in Eng.).
- Vasilevsky V.S., Takibayev N. and Duisenbay A.D. (2017) Microscopic description of  ${}^8\text{Li}$  and  ${}^8\text{B}$  nuclei within three-cluster model, *Ukr. J. Phys.* 62(6):461-472. DOI:10.15407/ujpe62.06.0461 (in Eng.).
- Wang S.M., Michel N., Nazarewicz W. and Xu F.R. (2017) Structure and decays of nuclear three-body systems: the Gamow coupled-channel method in Jacobi coordinates, *Phys. Rev.C*. 96(4).044307. DOI:10.1103/PhysRevC.96.044307 (in Eng.).
- Wang S.M., Nazarewicz W., Charity R.J. and Sobotka L.G.(2019) Structure and decay of the extremely proton-rich nuclei  ${}^{11,12}\text{O}$ , *Phys. Rev. C*.99(5).054302. DOI:10.1103/PhysRevC.99.054302 (in Eng.).
- Webb T.B., Wang S.M., Brown K.W., Charity R.J., Elson J.M., Barney J., Cerizza G., Chajecski Z., Estee J., Hoff D.E.M., Kuvín S.A., Lynch W.G., Manfredi J., McNeel D., Morfouace P., Nazarewicz W., Pruitt C.D., Santamaria C., Smith J., Sobotka L.G., Sweany S., Tsang C.Y., Tsang M.B., Wuosmaa A.H., Zhang Y. and Zhu K. (2019) First observation of unbound  ${}^{11}\text{O}$ , the mirror of the halo nucleus  ${}^{11}\text{Li}$ , *Phys. Rev. Lett.* 122 (12).12250. DOI:10.1103/PhysRevLett.122.122501 (in Eng.).
- Wildermuth K. and Tang Y.C. (1961) Study of nuclear structure from Coulomb energy differences of mirror levels, *Phys. Rev. Lett.* 6:17-19. DOI: 10.1103/PhysRevLett.6.17 (in Eng.).

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483.175>  
Volume 4, 108-125

UDC 539.17.01; 539.17.02

**S.B. Dubovichenko<sup>1</sup>, N.A. Burkova<sup>2</sup>, Ch.T. Omarov<sup>1</sup>, A.S. Tkachenko<sup>1</sup>, D.M. Zazulin<sup>2\*</sup>, R.R. Valiullin<sup>1</sup>, R. Kokumbaeva<sup>1</sup>, S.Z. Nurakhmetova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan;  
<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.  
E-mail: denis\_zazulin@mail.ru

### 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

**Abstract.** The reactions  ${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$ ,  ${}^2\text{H}(p,\gamma){}^3\text{He}$  are of significant interest both for nuclear astrophysics and in the field of controlled thermonuclear fusion. This is due to the fact that they can proceed intensively at sufficiently low temperatures, since the first one has a minimum Coulomb barrier, while the second one has no Coulomb barrier at all.

Therefore, in the presented work we have studied reaction rates of the neutron and proton capture reactions  ${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$ ,  ${}^2\text{H}(p,\gamma){}^3\text{He}$ , within the framework of the modified potential cluster model with allowed and forbidden states which follow from the classification orbital states of the clusters according to the Young tableaux. It is shown that on the basis of potentials that are consistent with the bound state energies and the asymptotic normalizing constant values one can obtain the total cross-sections and the astrophysical S-factors for the nuclear systems under consideration.

${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$  reaction is considered at energies from 10 meV (0.01 eV) to 10 MeV and the  ${}^2\text{H}(p,\gamma){}^3\text{He}$  reaction – at energies from 1 keV to 10 MeV. The comparisons of the total cross-section (for the  $n^2\text{H}$  radiative capture) and the astrophysical S-factor (for the  $p^2\text{H}$  radiative capture) found by us with other experimental and calculation results are given in the work. On the basis of theoretical total cross sections, these reaction rates have been calculated in the temperature range from 0.01  $T_9$  to 10  $T_9$ . The comparisons of the rates found by us with the rates obtained by other authors are presented in the work. The results for the rates are approximated by simple expressions, which simplify their use in applied thermonuclear and astrophysical researches.

**Key words:** Nuclear astrophysics, primordial nucleosynthesis, light atomic nuclei, low and astrophysical energies, radiative capture, thermonuclear processes, potential cluster model.

С.Б. Дубовиченко<sup>1</sup>, Н.А. Буркова<sup>2</sup>, Ч.Т. Омаров<sup>1</sup>, А.С. Ткаченко<sup>1</sup>, Д.М. Зазулин<sup>2\*</sup>, Р.Р. Валиуллин<sup>1</sup>, Р. Кокумбаева<sup>1</sup>, С.З. Нурахметова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>В.Г. Фесенков Атындағы Астрофизика Институты, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Әл-Фараби Атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: denis\_zazulin@mail.ru

## АСТРОФИЗИКАЛЫҚ ЭНЕРГИЯЛАРДАҒЫ ${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$ ЖӘНЕ ${}^2\text{H}(p,\gamma)$ РЕАКЦИЯ ЖЫЛДАМДЫҒЫНЫҢ ЖАҢА НӘТИЖЕЛЕРІ

**Аннотация.**  ${}^2\text{H}(p,\gamma){}^3\text{He}$ ,  ${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$  реакциялары ядролық астрофизика үшін де, басқарылатын термоядролық синтез саласында да маңызды қызығушылық тудырады. Бұл олардың жеткілікті төмен температурада қарқынды жүруіне байланысты, өйткені біріншісінде минималды кулондық тосқауыл бар, ал екіншісінде кулондық кедергі мүлдем жоқ. Сондықтан, бұл жұмыста авторлар рұқсат етілген және тыйым салынған күйлері бар және Юнг схемасы бойынша кластерлердің орбиталық күйлерін жіктейтін модификацияланған потенциалды кластерлік модель аясында  ${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$ ,  ${}^2\text{H}(p,\gamma){}^3\text{He}$  нейтрондар мен протондардың қармау реакцияларының жылдамдығын зерттейді. Байланысты күйлердің энергиясымен және асимптотикалық нормалау тұрақтыларының мәндерімен сәйкес келетін потенциалдар негізінде қарастырылып отырған ядролық жүйелер үшін толық Қималар мен астрофизикалық S-факторларын алуға болатындығы көрсетілген.

${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$  реакциясы 10 МэВ (0.01 эВ) -ден 10 МэВ-ке дейінгі энергияларда, ал  ${}^2\text{H}(p,\gamma){}^3\text{He}$  реакциясы 1 кэВ-тен 10 МэВ-ке дейінгі энергияларда зерттелді. Жұмыста табылған толық қималарды ( $n^2\text{H}$  радиациялық қармау үшін) және астрофизикалық S-факторларды ( $p^2\text{H}$  радиациялық қармау үшін) басқа эксперименттік және есептік нәтижелермен салыстыру келтірілген. Теориялық толық қималар негізінде бұл реакциялардың жылдамдығы 0.01  $T_9$ -дан 10  $T_9$ -ға дейінгі температура аралығында есептелді. Бұл реакциялардың жылдамдығын басқа авторлар алған жылдамдықтармен салыстыра ұсынылған. Жылдамдықтар үшін есептелген нәтижелер қарапайым өрнектермен жуықталады, бұл оларды қолданбалы термоядролық және астрофизикалық зерттеулерде қолдануды жеңілдетеді.

**Түйін сөздер:** ядролық астрофизика, біріншілік нуклеосинтез, жеңіл атомдық ядролар, төмен және астрофизикалық энергиялар, радиацияны түсіру, термоядролық процестер, потенциалды кластерлік модель.

С.Б. Дубовиченко<sup>1</sup>, Н.А. Буркова<sup>2</sup>, Ч.Т. Омаров<sup>1</sup>, А.С. Ткаченко<sup>1</sup>,  
Д.М. Зазулин<sup>2\*</sup>, Р.Р. Валиуллин<sup>1</sup>, Р. Кокумбаева<sup>1</sup>, С.З. Нурахметова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Астрофизический Институт Имени В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Казахский Национальный Университет имени Аль-Фараби,  
Алматы, Казахстан.

E-mail: denis\_zazulin@mail.ru

## 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

**Аннотация.** Реакции  ${}^2\text{H}(p,\gamma){}^3\text{He}$ ,  ${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$  представляют существенный интерес как для ядерной астрофизики, так и в области управляемого термоядерного синтеза. Это обусловлено тем, что они могут интенсивно протекать при достаточно низких температурах, поскольку первая имеет минимальный кулоновский барьер, а вторая вовсе не имеет кулоновского барьера.

Поэтому в данной работе нами изучены скорости реакций захвата нейтронов и протонов  ${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$ ,  ${}^2\text{H}(p,\gamma){}^3\text{He}$  в рамках модифицированной потенциальной кластерной модели с разрешенными и запрещенными состояниями и с классификацией орбитальных состояний кластеров по схеме Юнга. Показано, что на основе потенциалов, согласующихся с энергиями связанных состояний и значениями асимптотических нормировочных констант, можно получить полные сечения и астрофизические S-факторы для рассматриваемых ядерных систем.

Реакция  ${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$  изучалась при энергиях от 10 мэВ (0.01 эВ) до 10 МэВ, а реакция  ${}^2\text{H}(p,\gamma){}^3\text{He}$  – при энергиях от 1 кэВ до 10 МэВ. В работе приведены сравнения найденных нами полных сечений (для радиационного захвата  $n^2\text{H}$ ) и астрофизических S-факторов (для радиационного захвата  $p^2\text{H}$ ) с другими экспериментальными и расчетными результатами. На основе теоретических полных сечений были рассчитаны скорости этих реакций в интервале температур от  $0.01 T_\odot$  до  $10 T_\odot$ . В работе представлены сравнения найденных нами скоростей реакций, со скоростями, полученными другими авторами. Расчетные результаты для скоростей аппроксимируются простыми выражениями, что упрощает их использование в прикладных термоядерных и астрофизических исследованиях.

**Ключевые слова:** ядерная астрофизика, первичный нуклеосинтез, легкие атомные ядра, низкие и астрофизические энергии, радиационный захват, термоядерные процессы, потенциальная кластерная модель.

**Introduction.** Astrophysical aspects. The radiative capture reaction  $n^2\text{H} \rightarrow {}^3\text{H}\gamma$  at astrophysical energies with formation of the long-lived unstable tritium nucleus plays a role in some models of the Big Bang. In such models it is assumed that

primordial nucleosynthesis proceeded, for example, according to a chain of nuclear reactions of the form  ${}^1\text{H}(n,\gamma){}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}({}^2\text{H},n){}^4\text{He}({}^3\text{H},\gamma){}^7\text{Li}(n,\gamma){}^8\text{Li}$ , etc.

As is well known, the thermonuclear process of  $p+{}^2\text{H}\rightarrow{}^3\text{He}+\gamma$  radiative capture is the first nuclear reaction of the proton-proton (pp) cycle, which takes place as a result of electromagnetic interactions and weakens the observed rate of heating of the Sun and the majority of stars of the Main Sequence of our Universe. In the pp cycle, the process of the proton radiative capture on  ${}^2\text{H}$  is important for the transition from primordial fusion of protons  $p+p\rightarrow{}^2\text{H}+e+\nu_e$ , which proceeds due to weak interactions, to one of the final two  ${}^3\text{He}$  nuclei in the pp chain of the capture reaction:  ${}^3\text{He}+{}^3\text{He}\rightarrow{}^4\text{He}+2p$ , proceeding due to strong interactions. A detailed study of the  $p+{}^2\text{H}$  radiative capture reaction continues without letup and at the beginning of the 2000's decade, thanks to the European project LUNA, new experimental data have been obtained for the astrophysical S-factor at energies from 2.5 keV.

**Nuclear aspects.** One extremely successful line of development of nuclear physics in the last 50-60 years has been the microscopic model known as the Resonating Group Method (RGM) and the associated with it models, for example, Generator Coordinate Method or algebraic version of RGM. However, the rather difficult RGM calculations are not the only way to explain the available experimental facts. The possibilities offered by a simple two-body potential cluster model (PCM) have not been studied fully up to now, particularly if it uses the concept of forbidden states (FSs). The potentials of this model for discrete spectrum are constructed in order to correctly reproduce the main characteristics of the bound states (BSs) of light nuclei in cluster channels. In the continuous spectrum they directly take into account the resonance behavior of the elastic scattering phase shifts of the interactive particles at low energies (Dubovichenko, 2019, 2015).

It is enough to use the simple PCM with FSs taking into account the described methods of construction of potentials and classification of the orbital states according to Young diagrams for consideration many problems of nuclear physics of low energy and nuclear astrophysics. Such a model can be called a modified PCM (MPCM). In many cases, such an approach, as has been shown previously, allows one to obtain adequate results in the description of many experimental studies for the total cross sections of the thermonuclear reactions at low and astrophysical energies (Dubovichenko, 2019, 2015).

In the present paper, we consider the reaction rate of the  $n+2\text{H}\rightarrow{}^3\text{He}+\gamma$  capture in the low energy range on the basis of the same MPCM, which takes into account the supermultiplet symmetry of the wave function (WF) with classification of the orbital states according to Young diagrams. Such an approach makes it possible to analyze the structure of the intercluster interactions, and to determine the existence and positions of allowed and forbidden states in the intercluster potentials (Dubovichenko, 2019, 2015). We have already used this approach to describe more than 30 cluster systems (Dubovichenko, 2019, 2015).

We have already considered the process  ${}^2\text{H}(p,\gamma){}^3\text{He}$  at astrophysical energies in several works, beginning in 1995 (Dubovichenko, 1995) and extending up to 2009 (Dubovichenko et. al., 2009). These results were then presented in the monographs (Dubovichenko, 2019, 2015). But we never previously investigated the rate of this reaction, which we will now do here on the basis of the MPCM, used in all of our previous work, with classification of orbital states according to Young diagrams and leading to allowed states (ASs) and FSs (Dubovichenko, 2019, 2015).

**Model and calculation methods.** The nuclear part of the intercluster interaction potential, which depends on set of quantum numbers JLS, for carrying out calculations of photonuclear processes in the considered cluster systems. It has the form

$$\begin{aligned} V_{\text{JLS}\{f\}}(\mathbf{R}) = & V_0(\text{JLS}\{f\})\exp[-\alpha(\text{JLS}\{f\})r^2] + \\ & + V_1(\text{JLS}\{f\})\exp[-\beta(\text{JLS}\{f\})r^2], \end{aligned} \quad (1)$$

with Coulomb term of the potential of point-like form.

The dimensionless asymptotic constant  $C_w$  (AC) for any ground state (GS) potential was calculated using the asymptotics of the WF having a form of the exact Whittaker function

$$\chi_L(r) = \sqrt{2k_0} C_w W_{-\eta L+1/2}(2k_0 r) \quad (2)$$

where  $\chi_L(r)$  is the numerical WF of the BS, obtained from the solution for the radial Schrödinger equation and normalized to unity, the value  $W_{-\eta L+1/2}$  is the Whittaker function of the BS, determining the asymptotic behavior of the WF, which is the solution of the same equation without the nuclear potential.  $k_0$  is the wave number, caused by the channel binding energy  $E$ :  $k_0 = \sqrt{2\mu \frac{m_0}{\hbar^2} E}$ ;  $\eta$  is the Coulomb parameter  $\eta = \frac{\mu Z_1 Z_2 e^2}{\hbar^2 k}$ , determined numerically  $\eta = 3.44476 \cdot 10^{-2} \frac{\mu Z_1 Z_2}{k}$  and  $L$  is the orbital angular momentum of the BS. Here in this equation  $\mu$  is the reduced mass, and the constant  $\hbar^2/m_0$  is assumed to be  $41.4686 \text{ fm}^2$ , where  $m_0$  is the atomic mass unit (amu). The magnetic moment of neutron equals  $\mu_n = -1.91304272\mu_0$ , of the proton  $\mu_p = 2.792847\mu_0$ , for  ${}^2\text{H}$  nucleus  $\mu({}^2\text{H}) = 0.8574382338 \mu_0$ , where  $\mu_0$  is the nuclear magneton. Slightly transformed expressions (Dubovichenko, 2019, 2015) were used for total cross sections of the electromagnetic transitions.

Here we also use the relationship

$$A_{\text{NC}}^2 = S_f \times C^2, \quad (3)$$

where  $A_{\text{NC}}$  is the asymptotic normalization coefficient (ANC),  $S_f$  is the spectroscopic factor of the GS,  $C$  is the asymptotic constant in  $\text{fm}^{-1/2}$ , which is related to the dimensionless AC  $C_w$ , used by us in the following way:  $C = \sqrt{2k_0} C_w$ .



The total radiative capture cross sections  $\sigma_c(NJ, J_f)$  for the EJ and MJ transitions in the case of the PCM are given, for example, in (Dubovichenko, 2019, 2015) are written as:

$$\sigma_c(NJ, J_f) = \frac{8\pi K e^2}{\hbar^2 q^3} \frac{\mu}{(2S_1 + 1)(2S_2 + 1)} \frac{J + 1}{J[(2J + 1)!!]^2} \times A_J^2(NJ, K) \sum_{L_i, J_i} P_J^2(NJ, J_f, J_i) I_J^2(J_f, J_i) \quad (4)$$

where  $\sigma_c$  – total radiative capture cross section;  $\mu$  – reduced mass of initial channel particles;  $q$  – wave number in initial channel;  $S_1, S_2$  – spins of particles in initial channel;  $K, J$  – wave number and momentum of  $\gamma$ -quantum in final channel;  $N$  – is the E or M transitions of the  $J$  multipole ordered from the initial  $J_i$  to the final  $J_f$  nucleus state.

The value  $P_J$  for electric orbital EJ(L) transitions has the form (Dubovichenko, 2019, 2015):

$$P_J^2(EJ, J_f, J_i) = \delta_{S_i S_f} [(2J + 1)(2L_i + 1)(2J_i + 1)(2J_f + 1)] (L_i 0 J 0 | L_f 0)^2 \begin{Bmatrix} L_i & S & J_i \\ J_f & J & L_f \end{Bmatrix}^2, \quad (5)$$

$$A_J(EJ, K) = K^J \mu^J \left( \frac{Z_1}{m_1} + (-1)^J \frac{Z_2}{m_2} \right), \quad I_J(J_f, J_i) = \langle \chi_f | r^J | \chi_i \rangle.$$

Here,  $S_i, S_f, L_i, L_f, J_i, J_f$  and  $J$  – total spins, angular and total moments in initial (i) and final (f) channels;  $m_1, m_2, Z_1, Z_2$  – masses and charges of the particles in initial channel;  $I_J$  – integral over WFs of initial  $\chi_i$  and final  $\chi_f$  states, as functions of clusters (composed of  $^2\text{H}$  and  $n$  or  $p$ ) relative motion with intercluster distance  $R$ .

For consideration of the M1(S) magnetic transition, caused by the spin part of magnetic operator, it is possible to obtain an expression (Dubovichenko, 2019, 2015):

$$P_1^2(M1, J_f, J_i) = \delta_{S_i S_f} \delta_{L_i L_f} [S(S + 1)(2S + 1)(2J_i + 1)(2J_f + 1)] \begin{Bmatrix} S & L & J_i \\ J_f & 1 & S \end{Bmatrix}^2,$$

$$A_1(M1, K) = i \frac{\hbar K}{m_0 c} \sqrt{3} \left[ \mu_1 \frac{m_2}{m} - \mu_2 \frac{m_1}{m} \right], \quad I_J(J_f, J_i) = \langle \chi_f | r^{J-1} | \chi_i \rangle \quad J = 1. \quad (6)$$

Here,  $m$  is the mass of the nucleus, and  $\mu_1$  and  $\mu_2$  are the magnetic moments of the clusters.

The construction methods used here for intercluster partial potentials at the given orbital moment  $L$ , are expanded in (Dubovichenko, 2019, 2015) and would not be topic of discussion further. The next values of particle masses are used in the given calculations:  $m_n = 1.008664916$  amu,  $m_p = 1.00727646577$  amu,  $m(^2\text{H}) = 2.014102$  amu, and for 1 amu energy equivalent of 931.4941024 MeV is used.

**Results and discations. Capture reaction  ${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$ .  $n^2\text{H}$  interaction potentials.** To calculate radiative capture in cluster systems, the nuclear part of the intercluster potential of the  $n^2\text{H}$  interactions is represented in the form (1) with a Gaussian attractive part  $V_0$  and a Gaussian repulsive part  $V_1$  (Dubovichenko, 2019, 2015). Young-diagrams-mixed potentials of the  $p^2\text{H}$  interaction were obtained for the scattering processes whose parameters are shown in the first two rows of Table 1. Details of the classification of states according to Young diagrams for the  $n^2\text{H}$  system are given in (Dubovichenko, 2019, 2015). Pure scattering phase shifts with the  $\{3\}$  diagram were subsequently identified in the doublet channel, and on the basis of these phase shifts Young diagram pure potentials of the intercluster  ${}^2\text{S}$ -interaction in the GS of the  ${}^3\text{He}$  nucleus in the  $p^2\text{H}$  channel were constructed. These parameters are listed in the third row of Table 1 and in (Dubovichenko, 2019, 2015). Total cross sections of  $p^2\text{H}$  radiative capture and astrophysical S-factors were calculated at energies down to 10 keV (Dubovichenko, 2019, 2015). Parameters of the GS potential of  ${}^3\text{H}$  in the  $n^2\text{H}$  system were adjusted somewhat to obtain a correct description of the binding energy of tritium, which is equal to  $-6.257233$  MeV. As a result, the parameters were obtained that are shown in the last row of Table 1 – such a potential reproduces the energy of the  $n^2\text{H}$  system exactly.

To check the behavior of the wave function of the BS at large distances, the AC  $C_w$  with the asymptotic limit of the WF in the form of the exact Whittaker function  $\chi_L(R) = \sqrt{2k_0} C_w W_{-\eta L+1/2}(2k_0 R)$  (2) was calculated earlier, where  $\chi$  is the numerical wave function of the bound state, obtained by solving the radial Schrödinger equation and normalized to unity,  $W$  is the Whittaker function of the bound state, defining the asymptotic behavior of the WF and being the solution of the same equation without the nuclear potential, i.e., the solution at large distances,  $k_0$  is the wave number corresponding to the channel binding energy,  $\square$  is the Coulomb parameter, equal in the given case to zero, and  $L$  is the orbital angular momentum of the bound state. The asymptotic constants for such GS potentials of  ${}^3\text{He}$  in the  $p^2\text{H}$  channel and of  ${}^3\text{H}$  in the  $n^2\text{H}$  channel, obtained on the interval 10–30 fm, are listed in Table 1. The error of the constant is found by averaging it over the indicated interval of distances.

Table 1. Doublet interaction potentials of  $p^2\text{H}$  and  $n^2\text{H}$  systems (Dubovichenko et. al., 2020), mixed in Young diagrams  $\{f\}$  for scattering processes.

System	$(2S+1)L\{f\}$	$V_0$ , MeV	$\alpha$	$V_1$ , MeV	$\beta$	$E_{BS}$ , MeV	$E_{exp}$ , MeV	$C_w$
$p^2\text{H}$	${}^2\text{S } \{3\}+\{21\}$	55.0	0.2	–	–	–	–	–
	${}^2\text{P } \{3\}+\{21\}$	10.0	0.16	+0.6	0.1	–	–	–
	${}^2\text{S } \{3\}$	41.55562462	0.2	–	–	-5.493423	-5.493423	2.095(5)
$n^2\text{H}$	${}^2\text{S } \{3\}+\{21\}$	57.0	0.2	–	–	–	–	–
	${}^2\text{S } \{3\}$	41.42616550	0.2	–	–	-6.257233	-6.257233	2.05(1)

Remark. Here  $E_{BS}$  is the energy of the bound state of the  ${}^3\text{He}$  nucleus in the  $p^2\text{H}$  channel and of  ${}^3\text{H}$  in the  $n^2\text{H}$  channel,  $E_{exp}$  is its experimental value, and  $C_w$  is the dimensionless asymptotic constant.

**Neutron radiative capture on  $^2\text{H}$ .** In the present work we consider results for  $n^2\text{H}$  capture, when the negative sign of the magnetic moment is taken into account (Dubovichenko, 2019, 2015). Using the parameters of the  $p^2\text{H}$  nuclear potentials for the  $^2\text{S}$ - and  $^2\text{P}$ -scattering waves from Table 1 without the Coulomb term and the GS from the last row of Table 1, we calculated the total  $n^2\text{H}$  radiative capture cross sections in the energy range extending from 10 meV to 10 MeV. The results of this calculation for the sum of E1- and M1-transitions are shown in Fig. 1 by the double dash-dot curve. It turned out that at energies around 10 meV, the calculated cross sections are somewhat larger than the values measured in the experiments (Trail et. al., 1964). But at 25.3 meV they are somewhat less in comparison with the thermal cross sections from (Jurney et. al., 1982), for which the value 508(15)  $\mu\text{b}$  is given. In the most recent data for the thermal energy (Firestone et. al., 2016) the value 489(6)  $\mu\text{b}$  was obtained, which differs insignificantly from the previous results (these data are represented in Fig. 1 by an open triangle). The scattering phase shift of such a  $^2\text{S}$ -wave  $p^2\text{H}$  scattering potential, determining the M1-transition, is plotted in Fig. 2 by the dashed curve. We emphasize that for the calculations of the M1-transition, we used the  $p^2\text{H}$  potential for  $^2\text{S}$  scattering wave No. 1 from Table 1 without the Coulomb term, but the spread of the various experimental data over phase shifts of elastic  $p^2\text{H}$ -scattering, which are represented in Fig. 2 by points, reaches 20–30% (Schmelzbach et. al., 1972; Huttel et. al., 1983). As a result, even the  $p^2\text{H}$  scattering potential, whose phase shift is plotted in Fig. 2 by the dashed curve, is constructed on the basis of these data with large uncertainties.

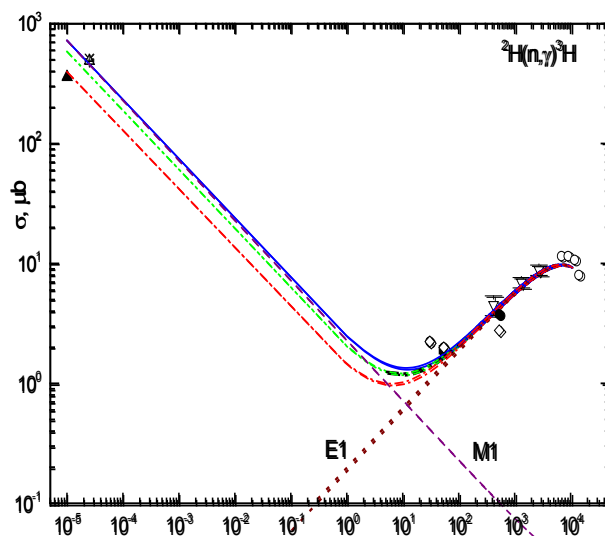


Figure 1. Total cross sections of  $n^2\text{H}$  radiative capture. Experimental results are from the indicated sources: (Nagai et. al., 2006) – points at energies 30, 55, and 530 keV, (Mitev et. al., 1986) – circles at energies in the range 7–14 MeV, (Trail et. al., 1964) – triangle at 10 meV, (Trail et. al., 1964) – asterisk at 25.3 meV, (Ohsaki et. al., 2008) – filled square at 50 keV, (Firestone et. al., 2016) – open triangle at 25.3 meV, (Nagai et. al., 1998) – open rhombuses, and data obtained from photo-breakup – inverted triangles from (Bosch et. al., 1964). Curves are explained in the text.

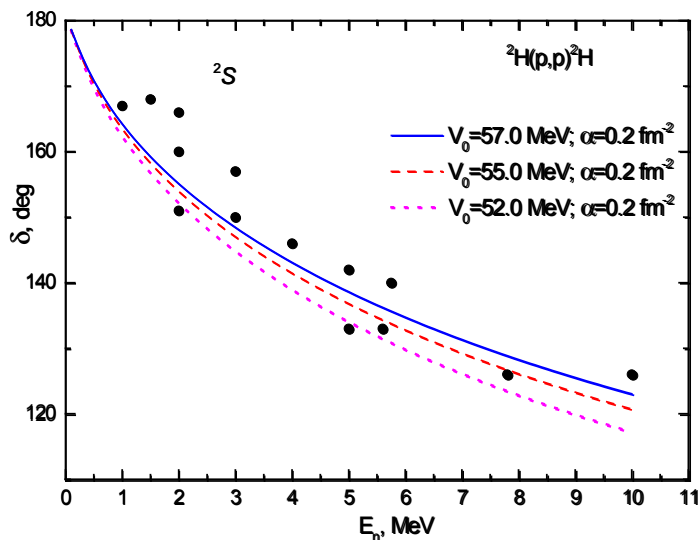


Figure 2.  ${}^2\text{S}$ -phase shifts of  $\text{p}^2\text{H}$  elastic scattering (dashed curve and dotted curve) and  $\text{n}^2\text{H}$ -scattering (solid curve). The experimental data were taken from (Schmelzbach et. al., 1972; Huttel et. al., 1983). The potential parameters are given in Table 1.

In connection with this, we considered changes which are needed for the  $\text{p}^2\text{H}$  potential in the  ${}^2\text{S}$  scattering wave so that it can describe the available experimental data for  $\text{n}^2\text{H}$ -capture at 25.3 meV. As a result, we obtained results for the total cross section which are plotted in Fig. 1 by the solid curve with the dotted curve and the dashed curve representing the total cross sections for the E1 and M1 processes. For the depth of the  ${}^2\text{S}$ -potential in  $\text{p}^2\text{H}$ -elastic scattering, we obtained the parameters shown in Table 1 in the second-to-the-last row. These results provide a good description of the available data at the thermal energy, but the  ${}^2\text{S}$ -phase shift of the potential of  $\text{p}^2\text{H}$  elastic scattering is plotted in Fig. 2 by the solid curve – it lies entirely inside the band of experimental error. Such a small change in the parameters has a marked effect on the results of the calculation of total cross sections for the M1 process, but this small change in the parameters can be explained by the uncertainty of the available  $\text{p}^2\text{H}$  phase shifts and their absence for  $\text{n}^2\text{H}$  scattering. As a result, the implemented model was able to reproduce the available data in an energy range whose end points differ by more than nine orders of magnitude: from  $10^{-5}$  to  $10^4$  keV.

In order to correctly describe the data at 10 meV shown in Fig. 1 by the filled triangle, it is necessary to decrease the depth of the  ${}^2\text{S}$ -potential of  $\text{p}^2\text{H}$ -scattering to 52 MeV. The result of this calculation of the total cross section is plotted in Fig. 1 by the dash-dot curve. The scattering phase shift of the potential with such parameters is plotted in Fig. 2 by the dotted curve – it lies markedly lower than the phase shift analysis data (Schmelzbach et. al., 1972). However, for final conclusions about agreement of such a potential with the phase shifts, results of a phase shift analysis of specifically  $\text{n}^2\text{H}$  scattering are needed, which at the present time are lacking.

Since at energies from  $10^{-5}$  to 0.1 keV the calculated cross section plotted in Fig. 1 by the solid curve is practically a straight line, it can be approximated by a simple function of the form

$$\alpha_{\text{ap}} (\mu\text{b}) = \frac{A}{\sqrt{E_n (\text{keV})}}. \quad (7)$$

The value of the constant  $A = 2.286 \mu\text{b} \cdot \text{keV}^{1/2}$  was determined from one point in the cross sections at the minimum energy equal to  $10^{-5}$  keV. The absolute value of the deviation from the calculated theoretical cross section of the approximation of this cross section by such a function in the range from  $10^{-5}$  keV to 0.1 keV

$$M(E) = \left| [\sigma_{\text{ap}}(E) - \sigma_{\text{theor}}(E)] / \sigma_{\text{theor}}(E) \right| \quad (8)$$

does not exceed 1%. It would seem possible to suppose that this form of the dependence of the total cross section on the energy will be preserved at lower energies. Therefore, we estimate the value of the cross section at 1  $\mu\text{eV}$  ( $10^{-6}$  eV). We obtain 72.3 mb.

Next, for the total cross sections plotted in Fig. 1 by the solid curve, we have calculated the reaction rate of the  $n^2\text{H}$  capture reaction. To calculate it, we used the theoretical total cross sections at energies ranging from 10 meV to 10 MeV, and the obtained total reaction rate (see Fig. 3 – the solid curve) grows smoothly at all considered temperatures. The dotted curve, which is in complete agreement with our results at temperatures above  $0.5 T_9$ , plots the capture rate from (Nagai et. al., 1998), which can be parameterized by the expression

$$N_A \langle \sigma v \rangle = 214 \cdot T_9^{0.075} + 742 \cdot T_9. \quad (9)$$

The dashed curve in Fig. 3 plots the rate of this reaction from (Fowler et. al., 1967), which is approximated by the form

$$N_A \langle \sigma v \rangle = 66.244 + 1250.157 \cdot T_9. \quad (10)$$

and coincides with the same form presented in (Nagai et. al., 1998).

The calculated reaction rate shown by the solid curve in Fig. 3 can be accurately approximated by the function

$$N_A \langle \sigma v \rangle = a_1 / T_9^{2/3} \exp(-a_2 / T_9^{1/3}) (1.0 + a_3 T_9^{1/3} + a_5 T_9 + a_6 T_9^{4/3} + a_7 T_9^{5/3} + a_8 T_9^{6/3}). \quad (11)$$

The parameters of this approximation are listed in Table 2.

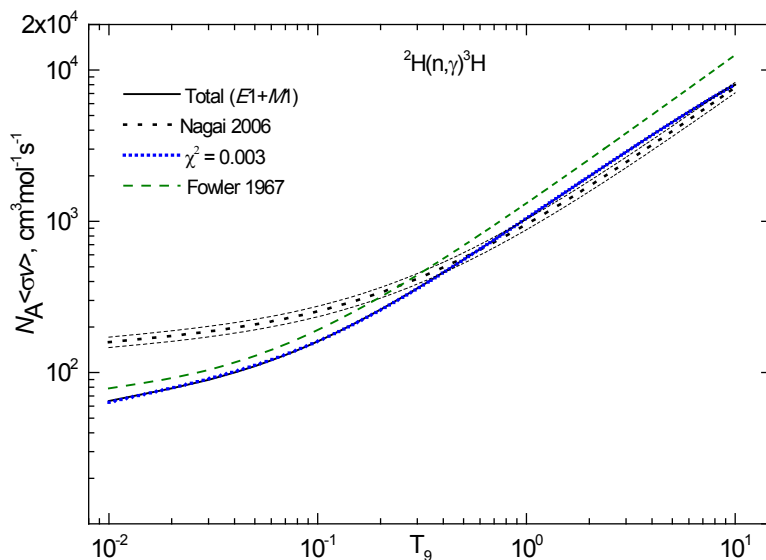


Figure 3. Total reaction rate of  $n^2\text{H}$  capture. The solid curve plots our results, the dotted curve plots the capture rate from (Nagai et. al., 1998), the thin dashed curves plot the error band from (Nagai et. al., 1998), the dashed curve plots results from (Fowler et. al., 1967), and the individual points plot the approximation of our calculated curve.

Table 2. Parameters of the parametrization given by eq. (11) of the reaction rate (Dubovichenko et. al., 2020).

	1	2	3	4
$i$				
$a_i$	$-0.6042998 \cdot 10^{-2}$	$0.2190303 \cdot 10^0$	$-0.1708195 \cdot 10^4$	$-0.2118940 \cdot 10^5$
	5	6	7	8
$i$				
$a_i$	$0.1110280 \cdot 10^5$	$-0.7034432 \cdot 10^2$	$-0.2525107 \cdot 10^6$	$0.4864969 \cdot 10^5$

Values of the reaction rate Eq. (11) calculated with these parameters are plotted in Fig. 3 by the tightly dotted curve, which merges with the solid curve with an average chi-square value  $\chi^2 = 0.003$ . One thousand of the calculation points shown in Fig. 3 were used in the approximation, and to calculate  $\chi^2$  the error of the calculated data was taken to be equal to 5%.

**Capture reaction  $^2\text{H}(p,\gamma)^3\text{He}$ . The  $p^2\text{H}$  system in the continuous and discrete spectrum.** We considered classification of orbital states of clusters according to Young diagrams for the  $n^2\text{H}$  and  $p^2\text{H}$  systems (see Sec. 3). We showed that the possible orbital Young diagrams  $\{f\}$  for the system of three nucleons in the  $1 + 2$  channel of the particle have the form  $\{1\} \times \{2\} = \{3\} + \{21\}$  (Dubovichenko et. al., 2009). The first of these is compatible with orbital angular momentum  $L = 0$  and is forbidden in the quartet spin channel (Dubovichenko, 2019, 2015). The second diagram is forbidden in any channel and is compatible with orbital angular momentum  $L = 1$ , which is determined on the basis of Elliott's rules. The state for the first Young diagram corresponds to the bound forbidden ground state of the  $^3\text{He}$  nucleus in the  $p^2\text{H}$  channel and has angular momentum and isospin  $J^\pi, T = 1/2^-, 1/2$  (for the  $^2\text{H}$  nucleus the characteristics are known:  $J^\pi, T = 1^+, 0$ ). This bound allowed

state for the  ${}^2S_{1/2}$  wave (the second Young diagram) corresponds to the GS of the  ${}^3\text{He}$  nucleus and has channel binding energy  $E_0 = -5.493423$  MeV.

In the calculations of the nuclear characteristics of the considered reaction, the cluster interaction potentials have the form (1) with a pointlike Coulomb term and a Gaussian attractive part  $V_0$  and a Gaussian repulsive part  $V_1$ . The potential is constructed in such a way as to correctly describe the corresponding elastic scattering partial phase shift. Employing these ideas, we obtained potentials of the  $p^2\text{H}$ -interaction for scattering processes whose parameters are given in (Dubovichenko, 2019, 2015; Dubovichenko, 1995; Dubovichenko et. al., 2009) and Table 1. Since we have different Young diagrams in the scattering state and in the BS, we use different potentials for them.

Here it should be noted that starting from our paper (Dubovichenko et. al., 2009) and proceeding further in the papers and reviews (Dubovichenko et. al., 2020), and also in the books (Dubovichenko, 2019, 2015), the form of potential (1) is given with a typographical error. In all of these works, the potential parameters of the P wave for the  $p^2\text{H}$  system, shown in Table 1, are given, but the repulsive part of potential (1) was written in the form of the exponential  $V_1 \exp(-\beta r)$  and the units indicated for  $\beta$  are  $\text{fm}^{-1}$ . However, the values of the parameters for the P-wave were obtained and used in all the calculations specifically for the repulsive part as is written above in expression (1). In other words, the numerical values of the parameters for this potential are listed in the works enumerated above and in Table 1 correctly, but the form of the potential should have a Gaussian repulsive component as is written now in expression (1).

To track the behavior of the WFs of the BS at large distances, we calculated the AC  $C_w$  with the asymptotic limit of the WF in the form of the Whittaker function (3), whose value in the interval 5–20 fm turned out to be equal to  $C_w = 2.095(5)$ . The normalized error is determined by averaging the constant over the indicated interval. This constant as determined by the experimental data is found to lie in the interval 1.76–2.35, which is in complete agreement with the obtained results.

**Total cross sections and reaction rate of the proton capture on  ${}^2\text{H}$ .** Previously, in (Dubovichenko et. al., 2009) it was shown that it is possible to consider the astrophysical S-factor of  $p^2\text{H}$  radiative capture in the energy range from 1 keV to 10 MeV on the basis of the E1-transition from the  ${}^2\text{P}$  scattering wave to the  ${}^2\text{S}$  bound ground state with the potential parameters shown in Table 1. For the S(E1)-factor at 1 keV we obtained the value  $0.135$  eV·b, which is in overall agreement with the known data. If we take into account the M1 process, then at 1 keV we obtain the total S-factor as being equal to  $0.212(5)$  eV·b. The experimental data of one of the last papers presented in the review (Xu et. al., 2013) give as the value of the total astrophysical factor  $S(0) = 0.216(10)$  eV·b. That paper gives the following values of the linear extrapolation parameters:  $S(E_{\text{c.m.}}) = S_0 + E_{\text{c.m.}} \cdot S_1$  and  $S_0 = 0.216(6)$  eVb and  $S_1 = 0.0059(4)$  eV·b·keV $^{-1}$ . The most recent determination of this S(0)-factor gave the value  $0.2156 \begin{pmatrix} +0.082 \\ -0.077 \end{pmatrix}$  eV·b (Iliadis et. al., 2016), which coincides within the limits

of error with the above results of (Xu et. al., 2013). If we change the width of the GS potential indicated in Table 1 by less than 4%, and adopt new parameters

$$V_0 = 40.55868 \text{ MeV and } \alpha = 0.1925 \text{ fm}^{-2}, \tag{12}$$

which lead to the AC being equal to 2.12(1), and the same binding energy, then at 1 keV we obtain the total S-factor as being equal to 0.220(1) eV·b for  $S(E1) = 0.139(1)$  eV·b and  $S(M1) = 0.081(1)$  eV·b. The potential parameters of the S and P scattering waves listed in Table 1 were left unchanged.

Our new calculations of the energy dependence of the  $S(E1)$ -factor of  $p^2\text{H}$  radiative capture for the GS potential given by Eq. (12) and the P-wave potential from Table 1 at energies from 1 keV to 10 MeV are plotted in Fig. 4 by the dashed line. The pink dotted curve in Fig. 4 plots the results of a calculation of the M1 process for the new version of the GS potential with the same S scattering wave potential with the parameters from Table 1. The continuous curve in Fig. 4 plots results for the total S-factor.

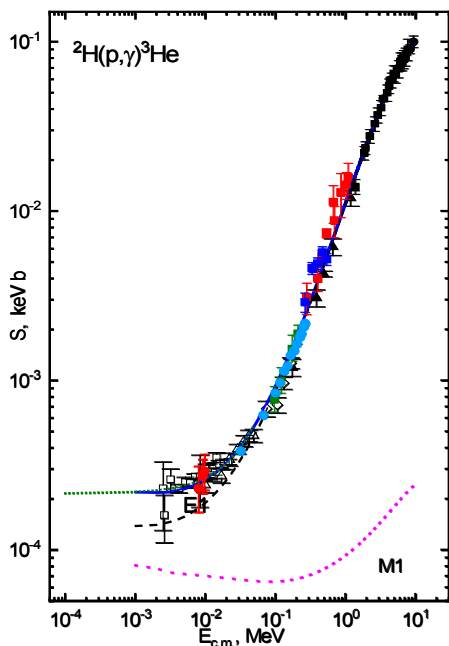


Figure 4. Astrophysical S-factor of the proton radiative capture on  $^2\text{H}$  in the energy range of 1 keV to 10 MeV for the E1 and M1 transitions.

The lines plot the calculations with the potentials indicated in the text. The triangles, open rhombuses, open triangles, open squares, squares, points and red points plot the measurements from corresponding works presented in the review (Xu et. al., 2013). Recent experiments are given by light blue points from (Mossa et. al., 2020), green squares plot the results from (Tišma et. al., 2019), red squares (target No. 3) and blue squares (target No. 4) are from (Turkat et. al., 2021).

The calculated total S-factor at energies down to 50 keV can be approximated by the form:

$$S(E_{c.m.}) = S_0 + E_{c.m.} S_1 + E_{c.m.}^2 S_2 + E_{c.m.}^3 S_3$$

with the parameters  $S_0 = 0.21508 \text{ eV}\cdot\text{b}$ ,  $S_1 = 0.00452 \text{ eV}\cdot\text{b}\cdot\text{keV}^{-1}$ ,  $S_2 = 5.0455 \cdot 10^{-5} \text{ eV}\cdot\text{b}\cdot\text{keV}^{-2}$ , and  $S_3 = -1.3778 \cdot 10^{-7} \text{ eV}\cdot\text{b}\cdot\text{keV}^{-3}$ , which lead to a  $\chi^2$  value equal to 0.11 for 5% errors in the calculated curve. The results of such a



parameterization lead to the value  $S(0) = 0.216(1) \text{ eV}\cdot\text{b}$  at 0.1 keV and are plotted in Fig. 4 by the green closely spaced dotted curve. As can be seen, the version of the GS defined by the parameters assigned by Eq. (12) allows one to obtain a value of the S-factor at zero energy (more precisely at 0.1 keV) that coincides almost exactly with the results of (Xu et. al., 2013; Iliadis et. al., 2016).

The value  $S_0 = 0.215 \text{ eV}\cdot\text{b}$  can also be treated as the value of the S-factor at zero energy and is in good agreement with the results of (Iliadis et. al., 2016), which are equal to  $0.2156 \left( \begin{smallmatrix} +0.082 \\ -0.077 \end{smallmatrix} \right) \text{ eV}\cdot\text{b}$ .

Moreover, our calculations of the proton radiative capture on  $^2\text{H}$  for the E1 transition at the energy range down to 10 keV were carried out in 1990 and 1995, when only the experimental data above 150–200 keV was known. It was found that these results well describe the behavior of the S-factor from 10 keV to 200 keV, which was obtained in later measurements in 1997 (Xu et. al., 2013), at the energies down to 10 keV. Thus, using the MPCM with the classification of the orbital states according to Young tableaux allowed us not only to describe available experimental data, but also predicted the behavior of the astrophysical S-factor of the proton radiative capture on  $^2\text{H}$  at the energy range from 10–20 to 150–200 keV.

Our next goal in this work was to calculate the reaction rate of  $p^2\text{H}$  capture. To calculate it, we used the theoretical total cross sections at energies range from 1 keV to 10 MeV, and the total rate so obtained and plotted in Fig. 5 by the continuous curve grows smoothly at all of the considered temperatures. The dotted curve, which agrees best of all with our results, plots the capture rate from the recent paper (Iliadis et. al., 2016), the dashed curve plots the results of (Xu et. al., 2013). This version of the reaction rate lies noticeably lower than our results and the results of (Iliadis et. al., 2016) at temperatures above  $(0.07\text{--}0.1) T_9$ .

The calculated reaction rate shown in Fig. 5 by the continuous curve can be approximated by the function

$$N_A \langle \sigma v \rangle = a_1 / T_9^{2/3} \exp(-a_2 / T_9^{1/3}) (1.0 + a_3 T_9^{1/3} + a_4 T_9^{2/3} + a_5 T_9 + a_6 T_9^{4/3} + a_7 T_9^{5/3} + a_8 T_9^{6/3}) + a_9 / T_9^{a_{10}} \quad (13)$$

The parameters of this approximation are listed in Table 3. The result of calculation of reaction rate (13) with these parameter values is plotted in Fig. 5 by the closely spaced dotted curve, which merges with the continuous curve, with a mean  $\chi^2$  value equal to 0.001. The approximation was based on 1000 calculated points, shown in Fig. 5, and to calculate the  $\chi^2$  value, the error of the calculated data was taken to be equal to 5%.

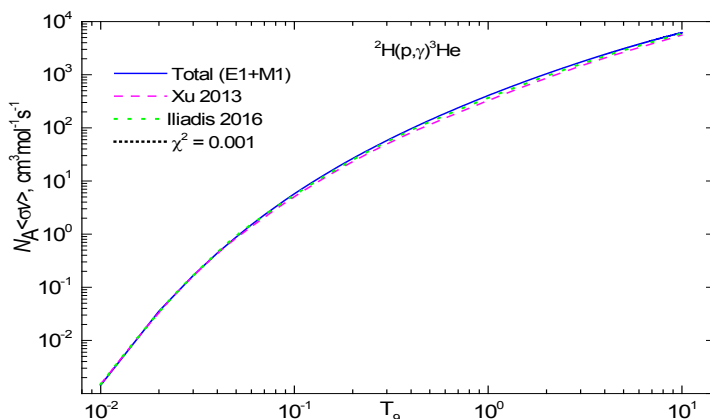


Figure 5. Total reaction rate of the proton capture on  ${}^2\text{H}$ . The continuous curve plots our results, the dotted curve plots the capture rate from (Iliadis et. al., 2016), the dashed curve plots the result from (Xu et. al., 2013), and individual points plot our approximation.

Table 3. Parameters of the parametrization given by Eq. (13) of the reaction rate

i	1	2	3	4	5
$a_i$	$-0.6626269 \cdot 10^{-2}$	$0.1751989 \cdot 10^1$	$-0.4456296 \cdot 10^4$	$0.2126028 \cdot 10^5$	$0.4718858 \cdot 10^5$
i	6	7	8	9	10
$a_i$	$-0.2258075 \cdot 10^6$	$-0.2558771 \cdot 10^6$	$0.6352764 \cdot 10^5$	$-0.3199279 \cdot 10^{-1}$	$-0.5347412 \cdot 10^0$

**Conclusions.**  ${}^2\text{H}(n,\gamma){}^3\text{H}$  reaction. To summarize, our calculations of total cross sections of the neutron radiative capture on  ${}^2\text{H}$  at energies from 10 meV to 10 MeV are in good agreement overall with the known experimental data. The implemented MPCM with forbidden states and classification of orbital states of the clusters according to Young diagrams, in addition to being able to describe the astrophysical S-factor of the proton capture on  ${}^2\text{H}$ , proved capable of correctly reproducing the overall dependence of the total cross sections of  $n^2\text{H}$  capture over a very wide energy range. Small changes in the depth of the  ${}^2\text{S}$  potential for this system are entirely admissible since the  $p^2\text{H}$ -phase shift analysis data contain large uncertainties, and  $n^2\text{H}$ -phase shift analysis data are in general lacking. Thus, here in comparison with our previous works (Dubovichenko, 2019, 2015) we summarize as follows:

1. Parameters of the S-wave scattering potential have been refined, allowing a better description of the available scattering phase shifts and affording a more accurate description of the values of the total cross section at thermal energies from the new experimental work (Firestone et. al., 2016);

2. The reaction rate has been calculated in the temperature interval  $0.01T_9 - 10T_9$ , and is in complete agreement with most of other results although at low temperatures of  $0.01T_9 - 0.1T_9$  it differs from the results of (Nagai et. al., 1998) by a factor of 2–3;

3. The reaction rate has been approximated by a simple analytical form of Eq.

(11) which simplifies its use in a wide variety of other research efforts and applied problems.

$^2\text{H}(p,\gamma)^3\text{He}$  **reaction.** To summarize, comparative simple model concepts allowed us to obtain theoretical results, which are in good agreement with the available experimental data for the astrophysical S-factor of  $p^2\text{H}$  radiative capture. Here, we have done the following:

1. We have refined the parameters of the GS potential (Eq. (12)), which has made it possible to more accurately describe the magnitude of the S-factor at zero energy from the new experimental work of (Iliadis et. al., 2016).

2. We have parameterized the calculated S-factor at energies down to 50 keV, which allowed us to obtain the value of the S factor at 0 keV and at 0.1 keV.

3. We have calculated the reaction rate in the temperature interval (0.01–10)  $T_9$ , and compared it with other results.

4. We have approximated the reaction rate using a simple analytical form Eq. (13) which may be useful in applied studies.

5. We corrected a typographical error (made in some of our previous papers) in the form of the potential for the P wave of the  $p^2\text{H}$  interactions.

***Acknowledgments.** This work was supported by the Grant of Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan under the program IPH BR10965141 «Creation of National Virtual Observatory based on robotic telescopes, Big Data technologies and high-performance computing systems» through the V.G. Fesenkov Astrophysical Institute of the National Center for Space Research and Technology of the Ministry of Digital Development, Innovation and Aerospace Industry of the Republic of Kazakhstan.*

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

**Dubovichenko Sergey Borisovich** – Laureate of the al-Farabi State Prize of the Republic of Kazakhstan in the field of science and technology, doctor of physical and mathematical sciences, prof., laboratory head, V.G. Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan; tel.: +77472229530, dubovichenko@gmail.com , <http://orcid.org/0000-0002-7747-3426>;

**Burkova Nataliya Aleksandrovna** – Al-Farabi Kazakh National university, Doctor of physics and mathematics, Professor, Professor of Department of theoretical and nuclear physics, natali.burkova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3122-1944>;

**Omarov Chingis Tukenovich** – candidate of physical and mathematical sciences, Director, V.G. Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan; tel.: +77773726812, chingis.omarov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1672-894X>;

**Tkachenko Alessya** – Fesenkov Astrophysical Institute, Ph.D., researcher, +7 777 3938317, tkachenko.alessya@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9319-0135>;

**Zazulin Denis Mikhailovich** – candidate of physical and mathematical sciences, associated professor, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; tel.: +77773873936; denis\_zazulin@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2115-6226>;

**Valiullin Rashit Ravilevich** – candidate of physical and mathematical sciences, Deputy Director for Science, V.G. Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan; tel.: +77771865419, valirash@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8073-8715>;

**Kokumbaeva Raushan Imangaliyeva** – Acting academic secretary (science coordinator), V.G. Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan; tel.: +77017424414, kokumbaeva@aphi.kz, <https://orcid.org/0000-0002-5973-5074>;

**Nurakhmetova Symbat Zhandosqyzy** – Ph.D. doctoral candidate in the educational program 8D05308-Nuclear Physics of al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan; tel.: +77072029620; ssymbat.nurakhmetov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3998-4142>.

#### REFERENCES:

Bosch R., et. al. (1964) Photodisintegration of  $^3\text{H}$ , Phys. Lett. 8: 120. doi: [https://doi.org/10.1016/0031-9163\(64\)90734-6](https://doi.org/10.1016/0031-9163(64)90734-6).

Dubovichenko S.B. (1995) Analysis of photonuclear processes in the nd and  $d^3\text{He}$  systems on the basis of cluster models for potentials with forbidden states Yad. Fiz., 58 1253-1259 (in Russian), Phys. Atomic Nuclei 58: 1174-1180 (in Engl), arXiv:nucl-th/9803022, doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.nucl-th/9803022>.

Dubovichenko S.B. (2019) Radiative neutron capture. Primordial nucleosynthesis of the universe, (Walter de Gruyter, Berlin, 2019), ISBN-13:978-3110617849, ISBN-10:3110617846. doi: <https://doi.org/10.1515/9783110619607-202>, Dubovichenko S.B. (2015) Thermonuclear Processes in Stars and Universe, Second English edition (Scholar's Press, Saarbrücken, 2015), ISBN-13:978-3-639-76478-9, ISBN-10:3639764781. <https://www.morebooks.de/store/ru/book/thermonuclear-processes-in-stars/isbn/978-3-639-76478-9>.

Dubovichenko S.B. and Dzhazairov-Kakhramanov A.V. (2009) Astrophysical S-factor of  $p^2\text{H}$  radiative capture. Eur. Phys. J. A 39: 139-143. doi: <http://dx.doi.org/10.1140/epja/i2008-10729-8>.

Dubovichenko S.B., et. al. (2020) Reaction rate of radiative capture of a neutron by a  $^2\text{H}$  nucleus. Rus. Phys. J. 63: 1077-1084. doi: <https://doi.org/10.1007/s11182-020-02139-8>.

Firestone R.B. and Revay Zs. (2016) Thermal neutron radiative cross sections for  $^6\text{Li}$ ,  $^9\text{Be}$ ,  $^{10,11}\text{B}$ ,  $^{12,13}\text{C}$ , and  $^{14,15}\text{N}$ , Phys. Rev. C 93: 054306. doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.93.054306>.

Fowler W., et. al. (1967) Thermonuclear reaction rates, Ann. Rev. Astro. Astrophys. 5: 525-570. doi: <https://doi.org/10.1146/annurev.aa.05.090167.002521>.

Huttel E., Arnold W., Baumgart H., Berg H., Clausnitzer G. (1983) Phase-shift analysis of pd elastic scattering below break-up threshold, Nucl. Phys. A 406: 443-455. doi: [https://doi.org/10.1016/0375-9474\(83\)90369-X](https://doi.org/10.1016/0375-9474(83)90369-X).

Iliadis C., et. al. (2016) Bayesian estimation of thermonuclear reaction rates, Astrophys. J. 831: 107. doi: <https://doi.org/10.3847/0004-637X/831/1/107>.

Jurney E.T., Bendt P.J. and Browne J.C. (1982) Thermal neutron capture cross section of deuterium, Phys. Rev. C 25: 2810-2811. doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.25.2810>.

Mitev G., et. al. (1986) Radiative neutron capture by deuterium, Phys. Rev. C 34: 389-400. doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.34.389>.

Mossa V., et. al. (2020) The baryon density of the Universe from an improved rate of deuterium burning, Nature 587: 210-213. doi: <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2878-4>.

Nagai Y., et. al. (1998) Pulsed keV neutrons for nuclear astrophysics and recent results of (n, $\gamma$ ) reaction of light nuclei, AIP Conference Proceedings 425: 399. doi: 10.1063/1.55188.

Nagai Y., et. al. (2006) Measurement of the  $^2\text{H}(n,\gamma)^3\text{H}$  reaction cross section between 10 and 550 keV, Phys. Rev. C 74: 025804. doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.74.025804>.

Ohsaki T., et. al. (2008) Role of multiparticle-multihole states of  $^{18,19}\text{O}$  in  $^{18}\text{O}(n,\gamma)^{19}\text{O}$  reactions at keV energy, Phys. Rev. C 77: 051303(R). doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.77.051303>.

Schmelzbach P.A., et. al. (1972) Phase-shift analysis of p-d elastic scattering, Nucl. Phys. A 197: 273-289. doi: [https://doi.org/10.1016/0375-9474\(72\)90762-2](https://doi.org/10.1016/0375-9474(72)90762-2).

Tišma I., et. al. (2019) Experimental cross section and angular distribution of the  $^2\text{H}(p,\gamma)^3\text{He}$  reaction at Big-Bang nucleosynthesis energies, Eur. Phys. J. A 55: 137. doi: <https://doi.org/10.1140/epja/i2019-12816-1>.

Trail C.C. and Raboy S. (1964) Neutron capture by deuterium, BAP 9: 176-180. doi: <https://doi.org/10.1007/s11182-020-02139-8>.

Turkat S., et. al. (2021) Measurement of the  $^2\text{H}(p,\gamma)^3\text{He}$  S-factor at 265–1094 keV, Phys. Rev. C 103: 045805. doi: <https://doi.org/10.1103/PhysRevC.103.045805>.

Xu Y., et. al. (2013) NACRE II: an update of the NACRE compilation of charged-particle-induced thermonuclear reaction rates for nuclei with mass number  $A < 16$ , Nucl. Phys. A 918: 61-169. doi: <https://doi.org/10.1016/j.nuclphysa.2013.09.007>.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483.176>  
Volume 4, 126-135

МРНТИ 37.15.29

**С.Н. Мукашева<sup>1</sup>, О.И. Соколова<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Институт ионосферы Национального центра космических исследований  
и технологий, Алматы, Казахстан.  
E-mail: [olgsokolova@yandex.ru](mailto:olgsokolova@yandex.ru)

### **ГЕОМАГНИТНОЕ СКЛОНЕНИЕ И ЕГО ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПО ДАННЫМ ДВУХ СРЕДНЕШИРОТНЫХ ОБСЕРВАТОРИЙ**

**Аннотация.** Показаны изменения геомагнитного склонения  $D$  в зависимости от места и времени измерений геомагнитного поля. Использование реальных данных, полученных при измерениях на геомагнитных обсерваториях за длительный временной интервал с 1963 по 2021 гг., позволяет получить наглядную картину изменения геомагнитного склонения  $D$  в пространстве и времени. Для получения реальных значений склонения  $D$  были выбраны две среднеширотные геомагнитные обсерватории – геомагнитная обсерватория «Алма-Ата», (IAGA код AAA), [43.25°N; 76.92°E], Институт ионосферы, г. Алматы, РК и обсерватория «Ключи», (IAGA код NVS), [54.85°N; 83.23°E] РАН, г. Новосибирск, РФ. Результаты расчетов склонений за рассматриваемый временной интервал, по наблюдаемым обсерваторским данным, показывают изменения значений  $D$  по годам. Так, для AAA произошло увеличение, а для NVS – уменьшение значений  $D$ . Показаны медленные вариации (вековой ход) геомагнитного склонения  $D$  для геомагнитных обсерваторий AAA и NVS за рассматриваемые годы. Так,  $D$  увеличилось на 30 мин для AAA, а для NVS  $D$  уменьшилось на 70 мин. Получены средние скорости изменения геомагнитного склонения для AAA и NVS. В среднем геомагнитное склонение  $D$  для AAA наращивается по 1.9 мин/год, а для NVS уменьшается на 2.08 мин/год. В практическом плане изменения геомагнитных склонений нужно учитывать при высокоточной навигации для уменьшения ошибок при определении азимута. Все современные навигационные карты содержат информацию о величине склонения геомагнитного поля. Эти карты необходимо постоянно обновлять.

**Ключевые слова:** геомагнитное поле, геомагнитное склонение, вековой ход.

**С.Н. Мукашева<sup>1</sup>, О.И. Соколова<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Ионосфера институты Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы, Алматы, Қазақстан.

E-mail: olgokolova@yandex.ru

## **ЕКІ ОРТА ЕНДІК ОБСЕРВАТОРИЯСЫНЫҢ МӘЛІМЕТТЕРІ БОЙЫНША ГЕОМАГНИТТІК АУЫТҚУ ЖӘНЕ ОНЫҢ КЕҢІСТІКТІК-УАҚЫТТЫҚ ӨЗГЕРІСТЕРІ**

**Аннотация.** Геомагниттік өрісті өлшеу орны мен уақытына байланысты геомагниттік ауытқудың өзгерістері көрсетілген. Геомагниттік обсерваторияларда 1963 жылдан 2021 жылға дейінгі ұзақ уақыт аралығында өлшеу кезінде алынған нақты деректерді пайдалану кеңістік пен уақыттағы геомагниттік ауытқудың өзгеруінің айқын көрінісін алуға мүмкіндік береді. D көлбеуінің дәл мәндерін алу үшін келесі геомагниттік обсерваториялар таңдалды: «Алма-Ата» геомагниттік обсерваториясы, (IAGA коды AAA), [43.25°N; 76.92°E], Ионосфера институты, Алматы қ., ҚР, және РФА «Ключи» обсерваториясы, (IAGA коды NVS), [54.85°N; 83.23°E], Новосибирск, Ресей Федерациясы. Бақыланып отырған обсерватория деректеріне сәйкес ауытқуларды есептеу нәтижелері жылдар бойы D мәндерінің өзгеруін көрсетеді, сондықтан 1963-2021 жылдар аралығында «Алма-Ата» геомагниттік обсерваториясы үшін өсу, ал «Ключи» геофизикалық обсерваториясы үшін D мәндерінің төмендеуі байқалды. Бақылаудағы обсерваториялық мәліметтерге сәйкес, қарастырылып отырған уақыт аралығындағы ауытқуларды есептеу нәтижелері жылдар бойынша D мәндерінің өзгеруін көрсетеді, сондықтан AAA үшін D мәндерінің жоғарылауы және NVS үшін D мәндерінің төмендеуі байқалды. Қарастырылған жылдар ішінде AAA және NVS геомагниттік обсерваториялары үшін D геомагниттік ауытқуының баяу вариациялары (ғасырлық қозғалыс) көрсетілген. Осылайша D AAA үшін 30 минутқа, ал NVS үшін D 70 минутқа төмендеді. AAA және NVS үшін геомагниттік ауытқудың орташа өзгеру жылдамдығы алынды. Орташа алғанда, «Алма-Ата» геомагниттік обсерваториясы үшін геомагниттік ауытқу D 1.9 мин/жылға артады, ал «Ключи» геофизикалық обсерваториясы үшін ол 2.08 мин/жылға төмендейді. Практикалық тұрғыдан алғанда, азимутты анықтаудағы қателерді азайту үшін жоғары дәлдіктегі навигацияда геомагниттік ауытқулардың өзгеруін ескеру қажет. Барлық заманауи навигациялық карталар геомагниттік

өрістің ауытқуы туралы ақпаратты қамтиды. Бұл карталарды үнемі жаңартып отыру қажет.

**Түйін сөздер:** геомагниттік өріс, геомагниттік ауытқу, ғасырлық вариациясы.

**S. Mukasheva<sup>1</sup>, O. Sokolova<sup>2\*</sup>**

<sup>1</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Institute of Ionosphere of the National Center for Space Research and Technology, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: olgsokolova@yandex.ru

### **GEOMAGNETIC DECLINATION AND ITS SPATIO-TIME CHANGES TO THE DATA OF TWO MID-LATITUDE OBSERVATORIES**

**Abstract.** Changes in geomagnetic declination D are shown, depending on the location and time of measurements of the geomagnetic field. The use of data obtained during measurements at observatories over a long time interval from 1963 to 2021 allows us to obtain a visual picture of changes in geomagnetic declination in space and time. To obtain real D, observatories were selected: the «Alma-Ata» geomagnetic observatory [43.25°N; 76.92°E] of Institute of the Ionosphere, Almaty, RK, and observatory «Klyuchi» [54.85°N; 83.23°E] of the RAS, Novosibirsk, RF. The results of calculations of declinations according to observational data, show changes in the values of D over the years, so for AAA there was an increase, and for NVS there was a decrease in the values of D. There are shown slow variations (secular course) of the declination D for AAA and NVS geomagnetic observatories over the years under consideration. D increased by 30 min for AAA, and for NVS D decreased by 70 min. The average rates of change of D for AAA and NVS are obtained. On average, the D for AAA increases by 1.9 min/year, while for NVS it decreases by 2.08 min/year. In practical terms, changes in D should be taken into account in high-precision navigation to reduce errors in determining the azimuth. All modern navigation charts contain information about the declination of the geomagnetic field. These maps need to be constantly updated.

**Key words:** geomagnetic field, geomagnetic declination, secular variation.

**Введение.** Для решения задачи высокой точной навигации движущегося объекта необходимо знать в каждой точке траектории движения, местоположение объекта (текущие координаты) и направление движения. Текущие координаты объекта обеспечивают спутниковые навигационные системы. Направление движения, как правило, определяют на основе измерения азимута относительно положения северного геомагнитного полюса. Координаты геомагнитного полюса не остаются постоянными – дрейфуют со временем, соответственно, вносится ошибка в величину азимута. Для того чтобы найти магнитный



азимут, необходимо знать численное значение геомагнитного склонения  $D$ . Величину геомагнитного склонения с большой точностью измеряют в геомагнитных обсерваториях. Геомагнитное склонение  $D$  имеет большую практическую и научную значимость и используется для решения различных научно-производственных задач. Например, геомагнитное склонение  $D$  используют при бурении наклонных скважин, при строительстве атомных и гидроэлектростанций, линий электропередач, метро, для обеспечения аэронавигационных карт, при сертификации аэропортов, указывается на топографических картах и т.д. (Mursula и др., 2008; Parkinson, 1983; Sokolova и др., 2020). Так как геомагнитное склонение меняется в пространстве и времени и эти изменения имеют постоянный или случайный характер, то это необходимо учитывать при определении магнитных азимутов направлений. Считается, что за последние 100 лет геомагнитное поле ослабло примерно на 5%. Известно, что ослабление геомагнитного поля ведет к переполусовке, при которой происходит инверсия северного и южного магнитных полюсов (Barbosa и др., 2013; Friis-Christensen и др., 2006; Reshetnyak, 2020; Thomson и др., 2011; Vigneron и др., 2015). Наличие магнитных аномалий в момент переполусовки может приводить к глобальным тектоническим явлениям на Земле. Подтверждают общую тенденцию ослабления величины магнитного поля данные, передаваемые спутниками Swarm, запущенными Европейским космическим агентством (European Space Agency, ESA). Как показали эти данные, наибольший уровень снижения геомагнитного поля наблюдается в Западном полушарии. Целью данной работы является расчет склонения  $D$  и его годовых изменений за временной интервал 1963-2021 гг. для пространственно-разнесенных пунктов.

**Материалы и основные методы.** Основным методом исследования в данной работе является расчет геомагнитного склонения  $D$  для пространственно-разнесенных пунктов по данным двух среднеширотных геомагнитных обсерваторий за длительный период времени для исследования временного хода, пространственного распределения значений геомагнитного склонения и средних скоростей изменений величин геомагнитного склонения  $D$ . Геомагнитные обсерватории выдают информацию о геомагнитном поле, используя данные вариационных станций, датчики которых являются относительными приборами с достаточно узким диапазоном измерений. Абсолютные значения вариаций эпизодически определяются путем проведения абсолютных наблюдений, с помощью которых становятся известны базисные значения. Так называемый вековой ход геомагнитного поля мы можем исследовать при помощи многолетних наблюдений за геомагнитными параметрами в специальных обсерваториях, которые расположены в разных точках Земли (Jankowski и др., 1996; Matzka и др., 2010; Nechaev, 2006; Rasson, 2007). Для получения реальных значений склонения  $D$  были выбраны две пространственно разнесенные геомагнитные обсерватории – геомагнитная обсерватория «Алма-Ата» [43.25°N; 76.92°E] Института

ионосферы, г. Алматы, РК; геофизическая обсерватория «Ключи» Российской академии наук (РАН), г. Новосибирск, РФ [54.85°N; 83.23°E]. В геомагнитной обсерватории «Алма-Ата» (IAGA код AAA) проводят наблюдения склонения  $D$  феррозондовым деклинометром Lemi-203 на базе теодолита ЗТ2КП. Из наблюдаемых значений  $D$  и вариационных значений  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  были вычислены среднемесячные и среднегодовые абсолютные значения склонения  $D$  за 1963-2021 годы. В Новосибирской комплексной магнитно-ионосферной станции (геофизическая обсерватория «Ключи») (IAGA код NVS) наблюдения склонения  $D$  проводят феррозондовыми (деклинometрами-инклинометрами) магнитометрами на базе немагнитных теодолитов Theo020B и ЗТ2КП. Из полученных абсолютных значений и суточных значений геомагнитного поля были рассчитаны среднегодовые абсолютные значения склонения  $D$  за 1963-2021 годы для обсерватории NVS. Элементы, используемые при расчете среднегодовых значений склонения  $D$  для геофизической обсерватории NVS – это  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  компоненты геомагнитного поля.

Теоретически геомагнитное склонение  $D$  в любой точке  $P$  на поверхности Земли в момент времени  $t$  – это соотношение  $Y$  и  $X$  составляющих поля:  $\text{tg } D(P,t) = Y(P,t) / X(P,t)$ , где  $X$  – северная компонента,  $Y$  – восточная компонента. На практике геомагнитное склонение в геомагнитных обсерваториях определяют путем одновременного измерения в точке наблюдения  $P$  астрономического  $A_a$  и магнитного  $A_m$  азимутов на удаленную точку (миру) и сравнивают их. На пространственно-разнесенных территориях, где находятся обсерватории AAA и NVS, геомагнитное склонение имеет восточное направление, тогда  $D$  для точки  $P$  в момент времени  $t$  будет:  $D(P,t) = A_m(P,t) - A_a(P,t)$ . Астрономический азимут можно определяем с использование GPS. При помощи GPS можно измерить географические координаты широту ( $\text{Ш}$ ) и долготу ( $\text{Д}$ ) в заданный момент времени  $t$  – точки наблюдения [ $\text{Ш}(P,t)$ ;  $\text{Д}(P,t)$ ] и миры [ $\text{Ш}(M,t)$ ,  $\text{Д}(M,t)$ ]. Затем рассчитать астрономический азимут по формуле:

$\text{tg } A_a(P,t) = (\text{Д}(M,t) - \text{Д}(P,t)) / (\text{Ш}(M,t) - \text{Ш}(P,t))$ , измеренные значения географических координат перевести в метры (Karataev и др., 2008; Orlyuk и др., 2015). Магнитное склонение в геомагнитных обсерваториях измеряют, например, с помощью магнитометра (деклинometра-инклинометра) Lemi-203 на базе теодолита ЗТ2КП.

**Результаты.** Из наблюдаемых значений  $D$  и вариационных значений  $X$ ,  $Y$  были вычислены среднемесячные и среднегодовые абсолютные значения склонения  $D$  за период 1963-2021 гг. для обсерваторий AAA и NVS. Изменения геомагнитного склонения  $D$ , полученные по данным геомагнитной обсерватории AAA и обсерватории NVS за период 1963-2021 гг., приведены на рисунке 1. Результаты расчетов склонений, по наблюдаемым обсерваторским данным, показывают изменения значений  $D$  по годам, так для AAA произошло увеличение, а для NVS уменьшение значений  $D$  за временной интервал 1963-2021 гг. Значение  $D$  для AAA в 1963 г. было порядка  $D=4^{\circ}40.0'$ , а в 2021 г.  $D=5^{\circ}8.03'$ . Для NVS в 1966 г.  $D=9^{\circ}21.7'$ , а в 2021 г.  $D=8^{\circ}14.9'$ .

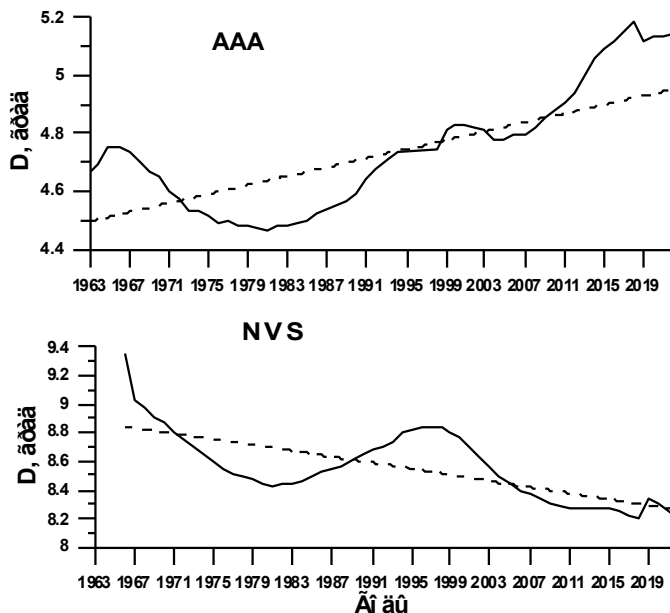
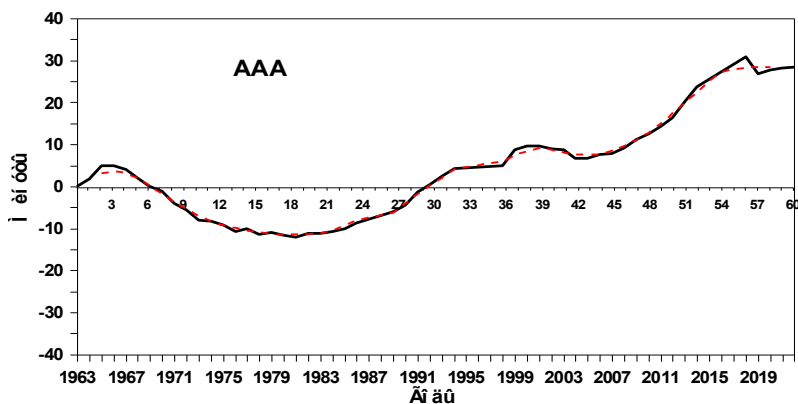
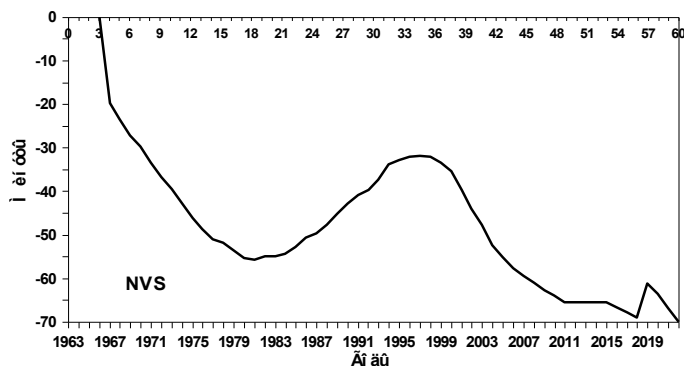


Рисунок 1 – Изменение геомагнитного склонения D в геомагнитной обсерватории AAA и геофизической обсерватории NVS за временной интервал с 1963 по 2021 гг.

Рассмотрим изменение среднегодовых значений геомагнитного склонения за период 1963-2021 гг. и определим вековой ход D (медленные вариации). На рисунке 2а,б показан вековой ход геомагнитного склонения D для пространственно-разнесенных геомагнитных обсерваторий AAA и NVS за временной интервал с 1963 по 2021 гг. Из рисунка 2а видно, что величина D в среднем изменилась на 30 мин (увеличилась) для AAA за 1963-2021 гг. Рисунок 2б показывает, что для NVS величина D уменьшилась на 70 мин за период 1963-2021 гг.



a



б

а – данные геомагнитной обсерватории AAA; б – данные геомагнитной обсерватории NVS  
 Рисунок 2 – Вековой ход геомагнитного склонения D для пространственно-разнесенных геомагнитных обсерваторий AAA и NVS за временной интервал с 1963 по 2021 гг.

Были рассчитаны средние скорости изменения геомагнитного склонения для AAA и NVS за 1963-2021 гг. На рисунке 3а приведена картина изменений скорости геомагнитного склонения на геомагнитной обсерватории AAA за 1963–2021 гг., в среднем геомагнитное склонение D наращивается по 1.9 мин/год. На рисунке 3б приведена картина изменений скорости геомагнитного склонения на геомагнитной обсерватории NVS за 1963–2021 гг. В среднем геомагнитное склонение D уменьшается на величину 2.08 мин/год.

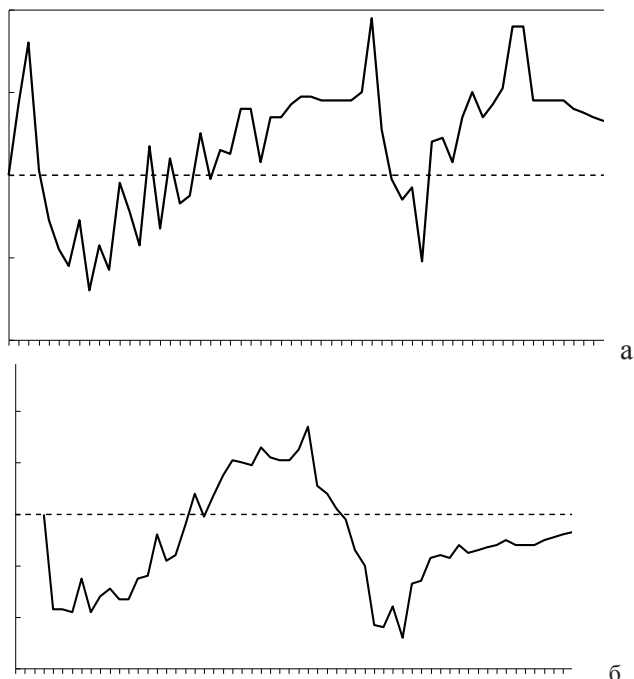


Рисунок 3 – Средние скорости изменения величины геомагнитного склонения D, по данным AAA и NVS, за временной интервал с 1963 по 2021 гг.

**Обсуждение.** Так как координаты геомагнитного полюса не остаются постоянными – дрейфуют со временем, соответственно вносится ошибка в величину азимута. Положение северного магнитного полюса (СМП), согласно модели Олсена CHAOS (A Model of Earth's Magnetic Field derived from CHAMP), подтвержденной наземными исследованиями (Olsen и др., 2006). Направление на геомагнитный полюс относительно географического в каждой точке Земли определяется величиной склонения геомагнитного поля, и эта величина с высокой точностью измеряется в геомагнитных обсерваториях современными магнитометрами. Полученные результаты демонстрируют изменения геомагнитного склонения, в зависимости от места и времени измерений геомагнитного поля и хорошо согласуются с другими работами. Так, например, многолетние измерения склонения  $D$ , которые проводят магнитные обсерватории, показывают, что магнитное склонение меняется во времени. Например, на обсерватории Плещеницы (Беларусь) склонение увеличилось с  $D=5^{\circ}02.7'$  до  $D = 7^{\circ}07.7'$  (1960÷2006 гг.), на обсерватории Бельск (Польша) склонение увеличилось с  $D = 2^{\circ}04.2'$  до  $D=4^{\circ}37.7'$  (1996÷2005 гг.), в Иркутске (Россия) склонение с восточного в 1887 г.  $D=+2^{\circ}24'$  перейдя через нулевое значение в 1934 г. сместилось на западное направлении и в 2001 г.  $D=-2^{\circ}24'$  (Karataev и др., 2008; Orlyuk и др., 2015). Достоинством данной работы является использование реальных данных, полученных при измерениях на геомагнитных обсерваториях за длительный период времени, что позволяет получить наглядную картину изменения геомагнитного склонения в пространстве и времени для пространственно-разнесенных пунктов.

**Выводы.** Таким образом, были получены реальные значения геомагнитного склонения  $D$  для пространственно разнесенных геомагнитных обсерваторий AAA и NVS за период 1963-2021 гг. Так, величина геомагнитного склонения  $D$  на обсерватории AAA увеличилась на 30 мин, в среднем геомагнитное склонение  $D$  наращивается по 1.9 мин/год. За этот период величина геомагнитного склонения уменьшилась на обсерватории NVS на 70 мин, в среднем геомагнитное склонение  $D$  уменьшается по 2.08 мин/год. Так, значение  $D$  для AAA в 1963 г. было порядка  $D=4^{\circ}40.0'$ , а в 2021г.  $D=5^{\circ}8.03'$ . Для NVS в 1966 г.  $D=9^{\circ}21.7'$ , а в 2021г.  $D=8^{\circ}14.9'$ . В практическом плане изменения геомагнитных склонений нужно учитывать при высокоточной навигации для уменьшения ошибок при определении азимута. Все современные навигационные карты содержат информацию о величине склонения геомагнитного поля. Эти карты необходимо постоянно обновлять. Результаты оценки состояния геомагнитного склонения для регионов Казахстана, в связи с ускоренным движением северного геомагнитного полюса, необходимы для успешного функционирования стратегических важных объектов, включая объекты Военно-промышленного комплекса страны, например, космодром «Байконур».

*Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан грантового проекта AP09259554.*

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

**Mukasheva Saule** – Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, senior lecturer, snmukasheva@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0002-1609-4430>;

**Sokolova Olga** – Institute of the Ionosphere, National Center for Space Research and Technology, Almaty, Kazakhstan, leading researcher, olgsokolova@yandex.ru, <http://orcid.org/0000-0003-1349-1235>.

### **ЛИТЕРАТУРА:**

Barbosa C.S., Ferreira D.S.R., Do Espírito S.M.A., Papa A.R.R. (2013) Statistical analysis of geomagnetic field reversals and their consequences, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 392(24):6554-6560. DOI: 10.1016/j.physa.2013.08.025 (in Eng.).

Friis-Christensen E., Lühr H., and Hulot G. (2006) Swarm: A constellation to study the Earth's magnetic field, *Earth Planets Space*, 58:351-358. DOI: 10.1186/BF03351933 (in Eng.).

Jankowski J., Sucksdoff C. (1996) Guide for magnetic measurements and observatory practice. Warszawa: Published by IAGA. 86-118. (in Eng.).

Карагаев Г.И., Карагодина О.И. (2008) Пространственно-временная характеристика магнитного склонения на территории Беларуси и практические аспекты его мониторинга, *ЛИТАСФЕРА*, 2(39):127-135. (in Russ.).

Matzka, J., Chulliat A., Manda M., Finlay C., and Qamili E. (2010) Geomagnetic observations for main field studies: From ground to space, *Space Sci. Rev.*, 155:29-64. DOI: 10.1007/s11214-010-9693-4 (in Eng.).

Mursula K., Holappa L., and Karinen A. (2008) Correct normalization of the Dst index, *Astrophys. Space Sci. Trans.*, 4:41-45. DOI: 10.5194/astra-4-41-2008 (in Eng.).

Нечаев С.А. (2006) Руководство для стационарных геомагнитных наблюдений. Иркутск: Издательство Института географии СО РАН, 35-71. (in Russ.).

Olsen N., Lühr H., Sabaka T., Manda M., Rother M., Tøffner-Clausen L., and Choi S. (2006) CHAOS-A model of Earth's magnetic field derived from CHAMP, Ørsted, and SAC-C magnetic satellite data, *Geophys. J. Int.*, 166:67-75. DOI: 10.1111/J.1365-246X.2006.02959.X (in Eng.).

Орлюк М.И., Роменец А.А., Марченко А.В., Орлюк И.М., Иващенко И.Н., (2015) Магнитное склонение на территории Украины: результаты наблюдений и вычислений, *Геофизический журнал*, 37(2):73–85. DOI: 10.24028/gzh.0203-3100.v37i2.2015.111307 (in Russ.).

Parkinson W.D. (1983) Introduction to Geomagnetism. Scottish Academic Press, 98-269. ISBN-13: 978-0707302928 (in Eng.).

Rasson J.L. (2007) Observatories, Intermagnet. In *Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism*. Springer, Dordrecht. 715-717. ISBN: 978-1-4020-4423-6 (in Eng.).

Reshetnyak M.Y. (2020) Evolution of the Large-Scale Geomagnetic Field over the Last 12 000 Years, *Geomagnetism and Aeronomy*, 60:121-130. DOI: 10.1134/S0016793220010119 (in Eng.).

Sokolova O.I., Mukasheva S.N. (2020) The methods for calculation of declination (d) for spaced of magnetic observatories, *News of the National, Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan*, 3(331):142-150. DOI: 10.32014/2020.2518-1726.47 (in Eng.).

Thomson A.W.P., Dawson. E.B., and Reay S.J. (2011) Quantifying extreme behavior in geomagnetic activity, *Space Weather*, 9, S10001. DOI: 10.1029/2011SW000696 (in Eng.).

Vigneron P., Hulot G., Olsen N., Leger J-M., Jager T., Brocco L., Sirol O., Coisson P., Lalanne X.,

Chulliat A., Bertrand F., Bonnes A., Fratter I. (2015) A (2015) International Geomagnetic Reference Field (IGRF) candidate model based on Swarm's experimental absolute magnetometer vector mode data, *Earth, Planets and Space*, 67, 95. DOI 10.1186/s40623-015-0264-4 (in Eng.).

#### REFERENCES:

Barbosa C.S., Ferreira D.S.R., Do Espírito S.M.A., Papa A.R.R. (2013) Statistical analysis of geomagnetic field reversals and their consequences, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 392(24):6554-6560. DOI: 10.1016/j.physa.2013.08.025 (in Eng.).

Friis-Christensen E., Lühr H., and Hulot G. (2006) Swarm: A constellation to study the Earth's magnetic field, *Earth Planets Space*, 58:351-358. DOI: 10.1186/BF03351933 (in Eng.).

Jankowski J., Sucksdoff C. (1996) Guide for magnetic measurements and observatory practice. Warszawa: Published by IAGA. 86-118. (in Eng.).

Karataev G.I., Karagodina O.I. (2008) Spatio-temporal characteristics of magnetic declination on the territory of Belarus and practical aspects of its monitoring [Prostranstvenno-vremennaya harakteristika magnitnogo skloneniya na territorii Belarusi i prakticheskie aspekty ego monitoring], *LITASFERA*, 2(39):127-135. (in Russ.).

Matzka, J., Chulliat A., Manda M., Finlay C., and Qamili E. (2010) Geomagnetic observations for main field studies: From ground to space, *Space Sci. Rev.*, 155:29-64. DOI: 10.1007/s11214-010-9693-4 (in Eng.).

Mursula K., Holappa L., and Karinen A. (2008) Correct normalization of the Dst index, *Astrophys. Space Sci. Trans.*, 4:41-45. DOI: 10.5194/astra-4-41-2008 (in Eng.).

Nechaev S. (2006) Guide to stationary geomagnetic observations [Rukovodstvo dlya stacionarnykh geomagnitnykh nablyudenij]. Irkutsk: Publishing House of the Institute of Geography SB RAS, 35-71 (in Russ.).

Olsen N., Lühr H., Sabaka T., Manda M., Rother M., Toffner-Clausen L., and Choi S. (2006) CHAOS-A model of Earth's magnetic field derived from CHAMP, Ørsted, and SAC-C magnetic satellite data, *Geophys. J. Int.*, 166:67-75. DOI: 10.1111/J.1365-246X.2006.02959.X (in Eng.).

Orlyuk M., Romenets A., Marchenko A., Orlyuk I., Ivashchenko I. (2015) Magnetic declination of the territory of Ukraine: the results of observations and calculations [Magnitnoe sklonenie na territorii Ukrainy: rezul'taty nablyudenij i vychislenij], *Geofizicheskiy Zhurnal*, 37(2):73-85. DOI: 10.24028/gzh.0203-3100.v37i2.2015.111307 (in Russ.).

Parkinson W.D. (1983) Introduction to Geomagnetism. Scottish Academic Press, 98-269. ISBN-13: 978-0707302928 (in Eng.).

Rasson J.L. (2007) Observatories, Intermagnet. In *Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism*. Springer, Dordrecht. 715-717. ISBN: 978-1-4020-4423-6 (in Eng.).

Reshetnyak M.Y. (2020) Evolution of the Large-Scale Geomagnetic Field over the Last 12000 Years, *Geomagnetism and Aeronomy*, 60:121-130. DOI: 10.1134/S0016793220010119 (in Eng.).

Sokolova O.I., Mukasheva S.N. (2020) The methods for calculation of declination (d) for spaced of magnetic observatories, *News of the National, Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan*, 3(331):142-150. DOI: 10.32014/2020.2518-1726.47 (in Eng.).

Thomson A.W.P., Dawson. E.B., and Reay S.J. (2011) Quantifying extreme behavior in geomagnetic activity, *Space Weather*, 9, S10001. DOI: 10.1029/2011SW000696 (in Eng.).

Vigneron P., Hulot G., Olsen N., Leger J-M., Jager T., Brocco L., Sirol O., Coisson P., Lalanne X., Chulliat A., Bertrand F., Bonnes A., Fratter I. (2015) A (2015) International Geomagnetic Reference Field (IGRF) candidate model based on Swarm's experimental absolute magnetometer vector mode data, *Earth, Planets and Space*, 67, 95. DOI 10.1186/s40623-015-0264-4 (in Eng.).

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483.177>  
Volume 4, 136-152

UDC 539.92  
HTAMP 30.51.41

**M. Nurizinova<sup>1\*</sup>, Sh. Sherzod Ramankulov<sup>2</sup>, M. Skakov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Sarsen Amanzholov East Kazakhstan University,  
Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Khoja Ahmet Yassawi International Kazakh-Turkish University,  
Turkestan, Kazakhstan.

E-mail: makpal.nurizinova@gmail.com

## **EVALUATION OF ADVANCED TECHNOLOGY FOR THE FORMATION OF RESEARCH COMPETENCE OF PHYSICS STUDENTS IN THE FIELD OF TRIBOLOGY**

**Abstract.** The article examines the issues of determining the capabilities of the tribology laboratory workshop for the formation of research competencies, identifying the content, methods and tools of the tribology laboratory workshop that contribute to the formation of research competencies and systematization of diagnostics of the formation of research competencies of physics students. The aim of the research is to develop a methodology for the formation of research competencies of physics students, which contains interesting materials for a variety of forms of activity aimed at the formation and development of generalized and significant research skills for physics students. The authors propose one of the variants of the conditions for the formation of students' activities in practical classes on the physical foundations of tribology. To achieve the purpose of the study, we applied such methods of theoretical research as analysis and synthesis of scientific, pedagogical, methodological literature, observation, interviewing, questioning, conducting a pedagogical experiment, processing the results of a pedagogical experiment by methods of mathematical statistics. At different stages of the pedagogical experiment, 15 teachers and 437 physics students of the 3rd and 4th courses took part. As a result of the study, the structural composition and indicators of the formation of research competencies of physics students were identified, the methodology of mini-studies conducted within the framework of a laboratory workshop on the physical foundations of tribology was developed and implemented. The effectiveness of the developed methods of mini-studies



conducted within the framework of a laboratory workshop in terms of the formation of research competencies of future physics specialists has been experimentally verified. The practical significance of the research is determined by the fact that its results provide a methodological basis and allows to significantly increase the possibilities of forming research competencies of future specialists by expanding the scope of tasks of the laboratory workshop on the basics of tribology and other profiling disciplines.

**Key words:** training, physical fundamentals of tribology, future specialists, professional competence, design and research activities, practical work.

**М.М. Нуризинова<sup>1\*</sup>, Ш.Ж. Раманкулов<sup>2</sup>, М.К. Скаков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>«Сарсен Аманжолов атындағы Шығыс Қазақстан университеті»,  
Өскемен, Қазақстан;

<sup>2</sup>«Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті»,  
Түркістан, Қазақстан.

E-mail: makpal.nurizanova@gmail.com

### **Трибология саласындағы физик студенттердің зерттеу құзыреттіліктерін қалыптастырудың озық технологияларын бағалау**

**Аннотация.** Мақалада зерттеу құзыреттіліктерін қалыптастыру үшін трибология бойынша зертханалық практикumның мүмкіндіктерін анықтау, зерттеу құзыреттіліктерін қалыптастыруға және физик студенттердің зерттеу құзыреттіліктерінің қалыптасуын диагностикалауды жүйелеуге ықпал ететін трибология бойынша зертханалық практикumның мазмұнын, әдістемесі мен құралдарының анықтау мәселелері зерттелді. Зерттеудің мақсаты физик студенттер үшін жалпыланған және маңызды зерттеу дағдыларын қалыптастыруға және дамытуға бағытталған қызмет түрлерінің алуан түрлілігі үшін қызықты материалдарды қамтитын физик студенттердің зерттеу құзыреттіліктерін қалыптастыру әдістемесін әзірлеу болып табылады. Авторлар трибологияның физикалық негіздері бойынша практикалық сабақтарда студенттердің іс-әрекетін қалыптастыру шарттарының бір нұсқасын ұсынды.

Зерттеу мақсатына жету үшін ғылыми-педагогикалық, әдістемелік әдебиеттерді талдау және синтездеу, бақылау, сұхбат беру, сауалнама жүргізу, педагогикалық эксперимент жүргізу, математикалық статистика әдістерімен педагогикалық эксперимент нәтижелерін өңдеу сияқты теориялық зерттеу әдістері қолданылды. Педагогикалық эксперименттің әртүрлі кезеңдеріне 15 оқытушы және 437 физик 3 және 4-курс студенттері қатысты. Зерттеу нәтижесінде физик студенттердің зерттеу құзыреттіліктерінің құрылымдық құрамы мен қалыптасу көрсеткіштері анықталды, трибологияның физикалық

негіздері бойынша зертханалық практикум шеңберінде жүргізілетін шағын зерттеулердің әдістемесі әзірленді және енгізілді. Болашақ физика мамандарының зерттеу құзыреттерін қалыптастыру бөлігінде зертханалық практикум шеңберінде жүргізілетін мини-зерттеулердің әзірленген әдістемелерінің тиімділігі эксперименталды түрде тексерілді. Зерттеудің практикалық маңыздылығы оның нәтижелері әдіснамалық негізді қамтамасыз ететіндігімен және трибология және басқа да бейіндік пәндер негіздері бойынша зертханалық практикум тапсырмаларының тақырыбын кеңейту арқылы болашақ мамандардың зерттеу құзыреттерін қалыптастыру мүмкіндіктерін едәуір арттыруға мүмкіндік беретіндігімен анықталады.

**Түйін сөздер:** оқыту, трибологияның физикалық негіздері, болашақ мамандар, кәсіби құзыреттілік, жобалау-зерттеу қызметі, практикалық жұмыс.

**М.М. Нуризинова<sup>1\*</sup>, Ш.Ж. Раманкулов<sup>2</sup>, М.К. Скаков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>«Восточно-Казахстанский университет имени Сарсена Аманжолова»,  
Усть-Каменогорск, Казахстан;

<sup>2</sup>«Международный казахско-турецкий университет им. Ахмеда Ясави»,  
Туркестан, Казахстан.

E-mail: makpal.nurizanova@gmail.com

## **ОЦЕНКА ПЕРЕДОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ-ФИЗИКОВ В ОБЛАСТИ ТРИБОЛОГИИ**

**Аннотация.** В статье исследованы вопросы определения возможностей лабораторного практикума по трибологии для формирования исследовательских компетенций, выявления содержания, методики и средств лабораторного практикума по трибологии, способствующие формированию исследовательских компетенций и систематизации диагностики сформированности исследовательских компетенций студентов-физиков. Целью исследования является разработка методики формирования исследовательских компетенций студентов-физиков, которая содержит интересные материалы для разнообразия форм деятельности, направленных на формирование и развитие обобщенных и значимых для студентов-физиков исследовательских умений. Авторами предложен один из вариантов условия формирования деятельности студентов на практических занятиях по физическим основам трибологии.

Для достижения цели исследования нами были применены такие методы теоретического исследования, как анализ и синтез научно-педагогической, методической литературы, наблюдение, интервьюирование, анкетирование, проведение педагогического эксперимента, обработка результатов педаго-

гического эксперимента методами математической статистики. На разных этапах педагогического эксперимента приняли участие 15 преподавателей и 437 студентов-физиков 3 и 4 курсов. В результате исследования выявлены структурный состав и показатели сформированности исследовательских компетенций студентов-физиков, разработана и внедрена методика мини исследований, проводимых в рамках лабораторного практикума по физическим основам трибологии. Экспериментально проверена эффективность разработанных методик мини исследований, проводимых в рамках лабораторного практикума, в части формирования исследовательских компетенций будущих специалистов физики. Практическая значимость исследования определяется тем, что его результаты обеспечивают методологическую основу и позволяет существенно увеличить возможности формирования исследовательских компетенций будущих специалистов путем расширения тематики заданий лабораторного практикума по основам трибологии и других профилирующих дисциплин.

**Ключевые слова:** обучение, физические основы трибологии, будущие специалисты, профессиональная компетентность, проектно-исследовательская деятельность, практическая работа.

**Introduction.** Currently, one of the main goals of higher education is the professional and personal development of a specialist and the development of his competitiveness as a competent specialist (Boiko, 2021). Achieving this goal will allow an individual to successfully solve the problems of employment, professional adaptation, socialization in the conditions of the growth of knowledge-intensive industries. However, teaching physics to students at universities today has no theoretical justification from the point of view of education focused on the industrial and technical sphere. In particular, the issues of the need to train future physicists in the field of tribology and the formation of their professional competencies in this field have not been resolved.

The concept of tribology is found in all spheres of our life. That is, tribology is a science that studies and describes contact interaction in the relative motion of highly deformable bodies, one of the specific areas of physics (Bharat Bhushan 2013).

Tribophysics as a branch of modern physics studies the processes and phenomena occurring in real systems of bodies (tribosystems), where bodies contact each other in conditions of mutual displacement. Tribophysics considers problems of thermodynamics, statistical physics, electrodynamics, kinetics and others that go beyond mechanics and materials science. The current stage of development of tribophysics is characterized by a comprehensive approach to the study and cognition of phenomena of processes occurring on surfaces and in the surface layers of interacting bodies, the use of highly effective physical, chemical and mathematical research methods and computer technology (CRC Press, 2020).

Analysis of the results of experimental and theoretical studies has made it

possible to achieve significant progress in understanding the nature of friction and wear of various materials under various external conditions and different states of interacting surfaces (Bougoffa et al., 2021; Guo et al., 2022).

Disciplines on tribology for physics students should be considered as interdisciplinary, innovative in nature, which aims the graduate to solve modern and advanced problems of quality development and enhanced properties of modern technical systems, for example, when performing final qualifying work, as well as in further professional activity. The study of such disciplines aims to assimilate students' knowledge of the basics of tribology and tribotechnics so that in practical work they can assign measures to ensure the durability of friction units of machines and equipment at the design, manufacture and operation stage. To achieve this goal, a competence-based approach occupies a special place in training.

Today, the urgent task of world education is to improve the quality of education, both general and professional. To solve this problem, the goals and results of education are being rethought, its content is changing and the concept of "professional competence" is being increasingly used (Bienzobas & Barderas, 2010; Antera, 2021), which includes such concepts as "qualification", "professionalism", "professional readiness", etc. The purpose of the competence approach is to establish a correspondence between the knowledge and skills acquired by university graduates and the requirements for professional qualities imposed by the labor market, smoothing the difference between educational and professional activities (Keinänen & Kairisto-Mertanen, 2019).

There are several definitions of the concept of competence, which formed the basis of our research. For example, Al jamal, Prabhakar, Saleem, Farley, (2019) defines competence as the ability to successfully respond to individual or societal requirements or perform a task. Knyazev, (2021) believes that competence is an alienated, predetermined requirement for human training. It includes a set of interrelated personality qualities (knowledge, skills, skills, ways of activity), set in relation to a certain range of subjects and processes and necessary for high-quality productive activity in relation to them.

Despite the constant growth of publications devoted to the development of the competence approach in education, the degree of development of this problem in the field of teaching natural sciences, in particular physics, is low. There are still discrepancies in the concept of "competence" and there is also no unified diagnostic system for the formation of certain competencies and the methodology for their formation. Despite a number of works devoted to the analysis of the formation of students' competencies (Tsvetkova M., Saenko N., Levina V., Kondratenko L. & Khimmataliev D., 2021); this issue is far from being resolved.

Our research is aimed at the formation of research competencies, since the organization of the educational process, during which the student would have the ability to explore emerging problems of various kinds, is an important pedagogical task. These skills are formed in the university during the educational and research work of students. When performing educational research, students learn to

independently conduct experiments of one kind or another, apply their knowledge in solving specific scientific problems. Since the experiment is a very important and integral part of teaching physics, the presence of research skills among physics students is a prerequisite for their high professionalism. In this regard, the problem of forming the research competence of physics students becomes urgent. Therefore, it is necessary to analyze the concept of "research competence", interpreted by scientists in different ways. Garay-Argandona, Rodriguez-Vargas, Hernandez, Carranza-Esteban, Tuero, (2021) research competence means the ability and research skills related to the analysis and evaluation of scientific material. Tastanbekova, Abenova, Yessekeshova, Sagaliyeva, Abildina, (2021) in her research built a model for the formation of students' research competence, which she based on research competence as a component of value-semantic, personal self-improvement, social and labor, educational and cognitive, general cultural, informational, communicative competencies.

Analyzing the above, we can conclude that there are contradictions between the need for future specialists capable of solving new professional tasks and an insufficiently developed system of preparation for their solution. Thus, the "research competence" in this study is understood as a combination of special human qualities with research and skills, allowing the student to perform laboratory practice at a high level.

Onipko & Sherstiuk, (2020); Anti, Kuswanto, Mundilarto, Rosa, (2019); Cheng, Tong & Tai, (2022); Bakhytkul, (2018) and other scientists have proposed methods for the formation of research skills in the framework of a laboratory workshop. A number of works are devoted to the methodology of organizing educational and research activities during laboratory work as a form of quasi-professional activity, including the use of "non-standard" materials.

Despite the considerable interest of researchers in the forms of organization and content of the laboratory workshop in physics, the question of its implementation in the courses has not been studied enough. The study of the process of teaching physics in higher school, the survey of students of VSU and MKTU teachers and their own experience of pedagogical activity allowed to reveal contradictions between:

- the need for high-quality training of future specialists to solve the problems of research activities and underestimation of the possibilities of forming their research competencies not only in courses, in particular, in the framework of a laboratory workshop on tribology;
- the potential possibilities of the tribology laboratory workshop and the insufficient development of its content and methodology for the formation of research of each physics student;
- the need to diagnose the formation of research competencies of physics students and the uncertainty of their structural composition.

Thus, the problem of research is to find the answer to the questions:

- what are the possibilities of a laboratory workshop in general physics for the formation of research competencies of physics students in junior courses?

- what are the contents, methods and means of a laboratory workshop in general physics that contribute to the formation of research competencies for all undergraduate physics students?

- what should be the diagnosis of the formation of research competencies of a physics student?

**Methods and materials.** The following methods were used in the course of the research: analytical and synthetic consideration of philosophical, psychological, pedagogical, methodological literature, dissertations, scientific publications and normative documents devoted to the problem of research; observation, interviewing, questioning, generalization of positive teaching experience; modeling of the educational process, abstraction; pedagogical experiment; processing of the results of pedagogical experiment by methods of mathematical statistics; method of reconstruction of pedagogical experience; analysis and generalization of experimental work.

The study of the problem was carried out in three stages: The ascertaining pedagogical experiment at the educational institution "International Kazakh-Turkish University named after H.A. Yassavi" and "East Kazakhstan University named after S. Amanzholov" was aimed at determining the level of formation of research competencies of physics students at different levels of education, as well as the search for means and methods to increase the level of formation of research competencies of junior physics students. At different stages, 15 teachers and 437 physics students of the 3rd and 4th courses took part in the pedagogical experiment.

During the ascertaining experiment, the following tasks were solved: determining the level of formation of research competencies of future physics teachers; determining the degree of readiness of senior students for independent research work. When conducting a ascertaining pedagogical experiment, the following methods were mainly used: attending laboratory practice classes and specialization disciplines, talking with leading teachers, questioning teachers and students, filling out diagnostic cards and student self-development cards, conducting control sections.

The search pedagogical experiment was carried out in order to clarify the hypothesis put forward, to select effective methods, forms, means of forming research competencies and to search for optimal diagnostics of research competencies.

During the search experiment, the following tasks were solved:

- approbation and verification of the developed creative tasks for mini-studies, clarification of the methodology and technique of their implementation;

- selection and verification of the effectiveness of diagnostics of the formation of various levels of research competencies;

The level of formation of students' research competencies was determined by the results of a series of control sections, questionnaire analysis, and evaluation of special seminars.

The next stage of our research was a formative pedagogical experiment, the purpose of which was to confirm the hypothesis of the study.

The experiment lasted four years: from 2018 to 2021.

During the formative experiment, the following task was solved: to test the effectiveness of the developed methodology for the formation of research competencies of undergraduate physics students in the framework of a laboratory workshop (using mini-studies).

The levels of formation of research competencies of undergraduate physics students were determined by the results of a series of control sections, questionnaires, seminars, analysis of diagnostic charts.

**Results.** Within the framework of our research, based on the study of the practical side of the problem under consideration, 4 main components of the professional research activity of a bachelor of physics are identified: planning and organizational; diagnostic and prognostic; inventive and rationalizing; experimental and measuring. The analysis of psychological and pedagogical literature and the selected components made it possible to systematize the research competencies of the Bachelor of Physics (Figure 1).

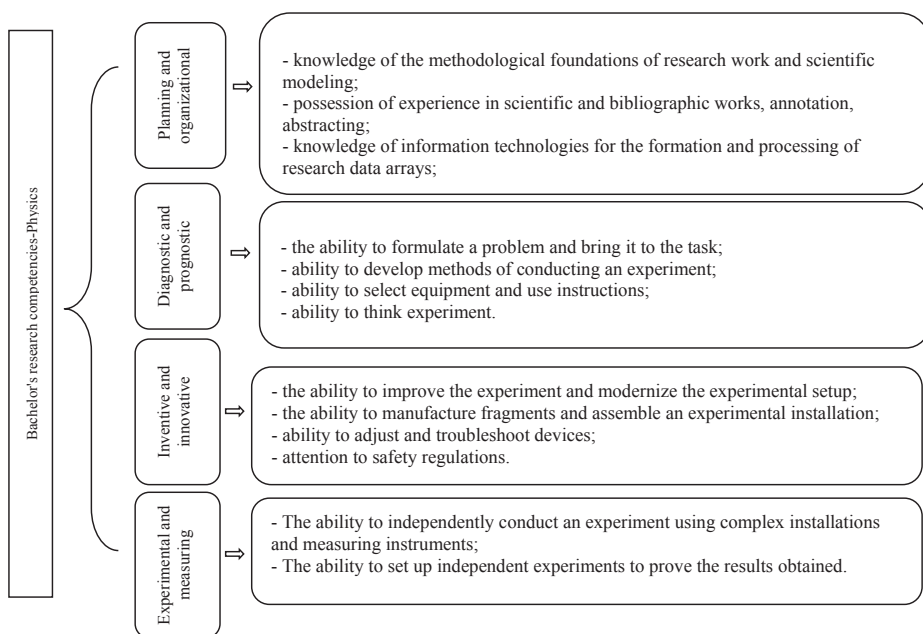


Figure 1. Bachelor's research competencies-Physics

The educational program of higher professional education highlights general cultural (OK) and professional competencies (PC), which must be formed by bachelors in the direction of 6B01510 and 6B05348 - physics.

When starting to study the research competencies of physics students, we took into account that by this time a certain level of research competencies had already

been formed at school and in the first year of the university. The measurement of this level, as well as its change during the pedagogical experiment, must be carried out on the basis of established indicators. It turned out to be rational to distinguish three levels of formation of research competencies: "low", "medium", and "high". The indicators on the basis of which it is possible to determine the levels of formation of research competencies are presented in Table 1.

Table 1 – The level of formation of research competencies

Indicators	The level of formation of research competencies		
	Low	Medium	High
positive motivation for research activities in the field of tribology	occupation by necessity, without interest	manifestation of unstable interest	manifestation of active interest, turning into a hobby
sustained interest in working with scientific sources of information on the physical foundations of tribology	lack of independent interest in sources containing scientific information; work with the proposed scientific information	manifestation of unstable interest in sources of scientific information; search for necessary information with some help	showing a steady interest in sources of scientific information; independent search for necessary information
activity in the search and solution of research problems of tribology	conducting research and solving research problems under the guidance of a teacher	conducting research and solving research problems with the partial assistance of a teacher	conducting research and solving research problems independently
conscious and rational implementation of the stages of research activity on the physical foundations of tribology	the sequence is chaotic, not rational	the sequence is not well thought out	performing all operations consistently, thoughtfully, rationally
Competent analysis of the results of laboratory work in the course of tribological processes	lack of analysis of the solution and the result obtained	a superficial analysis of the solution and the result obtained	in-depth analysis of the solution and the result obtained
Perseverance when performing operations with installations in the laboratory	the search for a solution can easily be interrupted	finding the only solution, inability to find an alternative solution	dissatisfaction with the result obtained, search for new solutions
competent and logical presentation and protection of the results obtained in determining the tribological characteristics of materials	presentation and protection of the obtained results is carried out under the guidance of a teacher	the presentation and protection of the obtained results is carried out with the partial help of a teacher	independent competent and logical presentation and protection of the results obtained
constant striving to connect the future with the field of tribology profession with research activities	future professional activity is associated with the fulfillment of the circle of designated duties	the desire to partially link the future profession with research activities	A steady desire to link his profession with research activities



To determine the level of formation of students' research competencies, diagnostic tasks were developed, the formulation of which is divided into three levels. The tasks of the first level are the most difficult. They only indicate the problem. For second-level tasks, the problem remains the same, only the wording has been changed so that it contains hints.

The third level of tasks is simplified as much as possible, its formulation contains even more hints, but elements of creativity are still present in it. The following requirements were imposed on the tasks: accessibility to students of this stage of study, equivalence of options, availability of devices and materials when performing tasks, availability of necessary literature, ease of performing experiments, the ability to do work in one lesson (50 minutes). The division into three levels of formation of research competencies is based on the degree of independence of performing a diagnostic task.

High level - the student independently performs a creative task of the first level of complexity, does not use help cards to complete the task.

Intermediate level - the student performs a task of the second level of complexity, uses one or two help cards to complete the task.

Low level - the student performs a task of the third level of difficulty, when completing the task, he uses more than two help cards.

Here is an example of creative tasks using non-standard materials.

We have developed tasks that use a liquid magnetizing medium - a magnetic liquid. Senior students in classes in the discipline of specialization study various properties of this unique, widely used in various fields of engineering and tribophysics. Therefore, it is useful to introduce them to some of its properties in advance.

Here is a methodology for using creative tasks with the use of MF in the framework of a laboratory workshop. First of all, it is necessary to conduct an excursion to the scientific laboratory of "Physics of Magnetic Phenomena". To talk about the properties of magnetic fluid, the fields of application of magnetic fluid, to accompany interesting presentations of problems of electrodynamics - one of the considered problems of tribophysics.

To acquaint with the scientific literature available at the department and in the library of the university concerning the problems related to MJ. It is useful to visit, together with junior students, the research center "Surface Engineering and Tribology" created at the S. Amanzholov East Kazakhstan University. Here are examples of creative tasks using magnetic fluid.

For example, after completing the laboratory work "Domain structure of a ferromagnet", it is proposed to perform the following task:

Task 1. The first level of complexity: to investigate the influence of the magnitude of the intensity of the external magnetic field directed perpendicular to the layer of a two-phase magnetic fluid on the dimensional parameters of the labyrinth and hexagonal structures arising in the magnetic field.

To complete this task, the student must: 1. having studied the scientific

literature, to identify the conditions for the formation of labyrinthine and hexagonal structures; 2. to develop an experiment plan; 3. to select the necessary devices; 4. from the proposed variants of the magnetic fluid to choose a suitable sample - a two-phase magnetic fluid; 5. to think about how to create and measure a homogeneous magnetic field directed perpendicular to the sample layer; 6. to think over ways to reduce errors; 7. to measure and process the results; 8. to conclude, present and protect the results obtained.

The second level of complexity: to investigate the effect of the intensity of the external magnetic field directed perpendicular to the layer of a two-phase magnetic fluid on the dimensional parameters of the labyrinth and hexagonal structures arising in the magnetic field using a microscope with an ocular micrometer and Helmholtz coils.

With this formulation of the task, the student will not have to independently select the necessary equipment, which can help him in completing the task. However, he must independently: 1. determine the price of dividing an ocular micrometer by one of the known methods (for example, using a diffraction grating); 2. using a microscope, find a two-phase magnetic fluid; 3. calibrate Helmholtz coils, for example, using a teslameter; 4. obtain structures whose dimensional parameters are small, and find a way to measure their linear dimensions, the error of which is minimal. For example, by measuring the total linear size of several periodic structures, divide by their number. Figure 2 shows photos of labyrinth structures obtained by students while performing this task.

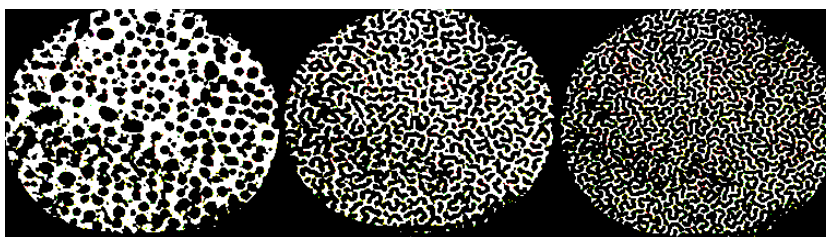


Figure 2. The labyrinth structure obtained by students when performing the task

The third level of complexity; to observe qualitatively the influence of the magnitude of the intensity of the external magnetic field directed perpendicular to the layer of a two-phase magnetic fluid on the dimensional parameters of the labyrinth and hexagonal structures arising in the magnetic field.

When solving a task of the third level of complexity, the student needs to fix the qualitative influence of the magnitude of the magnetic field on the size of the emerging labyrinth and hexagonal structures. To do this, you need: 1. Observe a two-phase magnetic liquid with a microscope; 2. Create a magnetic field using Helmholtz coils, the induction of which is directed perpendicular to the sample layer; 3. By changing the magnitude of the external magnetic field, observe the change in the dimensional parameters of labyrinth and hexagonal structures. 4.

Draw conclusions, present the results and explain the observed phenomenon. Such tasks are very interesting, students are happy to do them. They contribute to the development of research competencies regardless of abilities.

Help cards. It is not always possible to formulate a creative task in three levels of complexity. In such cases, students may be offered help cards in turn, which help to find the right solution. Tasks with help cards differ from multi-level tasks in that they are simpler. The help card is not a solution algorithm, but rather an indirect hint (of a creative nature). It is necessary that the help card be offered to the student on time, not too early or too late, otherwise interest in solving the creative task may be lost. Therefore, it is necessary for the teacher, having completed each task in advance, to carefully consider the actions of the student and make suggestive hints that do not give a direct answer, so that the task is simplified, but remains creative. If a student has proposed a solution that differs from the teacher's solution, it must be carefully considered, if it is incorrect, impossible in laboratory conditions or technically cumbersome, invite the student to think about a more rational solution. If the student's idea deserves attention, discuss the details of the solution and give the student the opportunity to bring the solution to the end.

The work of students was checked by both teachers leading the disciplines of specialization and leading classes in laboratory practice. The purpose of the double check is to reduce the possible subjectivity in assessing the level of formation of research competencies. The control and experimental groups contained the same number of students.

The results of the input control section conducted among the second-year students in the experimental and control groups are presented in Table 2.

Table 2 – Results of the control section of the second year students (entrance section)

Task number	The level of formation of research competencies, %					
	Level I (high)		Level II (medium)		Level III (low)	
	Control group	Experimental group	Control Group	Experimental group	Control Group	Experimental group
1	10,3	8,6	39,5	40,6	50,2	50,8
2	9,5	9,7	44,5	47,2	46,0	43,1
3	11,3	10,7	53,2	57,3	35,5	32,0
4	9,2	9,5	49,5	39,4	41,3	51,1

To evaluate the results of the formation of research competencies of physics students, the  $X^2$  criterion was used, which allows comparing not the absolute average values of some quantities before and after the experiment, but the percentage distributions of data.

The formula of the  $X^2$ —criterion looks like this:

$$X^2 = \frac{1}{n_j n_k} \sum_{i=1}^m \frac{(n_j O_{ki} - n_k O_{ji})^2}{O_{ki} + O_{ji}}, \text{ где}$$

$n_j$  — is the number of students in the experimental group,  
 $n_k$  — is the number of students in the control group,  
 $O_{kl}$  — the number of control group students who fell into category I,  
 $O_{ji}$  — is the number of students of the experimental group who fell into category i,  
 $m$  — is the total number of groups into which the results of the experiment were divided. In our case,  $n$  is equal to 3, because we compared high, medium and low levels of formation of research skills.

The criterion allows us to test the null hypothesis about the reliability of the coincidence of the initial level of formation of research competencies in the experimental and control groups. Table 3 shows the data obtained when calculating the  $X^2$  criterion.

Table 3 –  $X^2$ — CRITERION (input section)

Task number	$X^2$ – criteria
1	0,98
2	0,012
3	0,55
4	2,24

The critical value of the criterion for the significance level  $p = 0.05$  and the number of degrees of freedom  $v = 2$ . Thus is inconsistent, the difference in the results in the experimental and control groups at the initial stage of the experiment is not statistically significant. Prior to the experiment, no statistically significant differences were found between the control and experimental groups of students.

The analysis of the results of the control cross-section conducted among the second-year students allowed us to draw the following conclusions:

- 42.5% (control group), 43.1% (experimental group) of subjects showed a low level of research competencies formed during their studies at school and in the first year of university; average level — 47.3% (control group) 46.8% (experimental group) of subjects; high level - 10.2% (control group), 10,1% (experimental group) of subjects;

Thus, the ascertaining experiment revealed:

- insufficiently high level of formation of research competencies among junior, senior and graduate students;
- the traditional method of conducting a physical workshop is insufficient for the formation of a high level of research competencies.

The next stage of our research was a formative pedagogical experiment. During the formative experiment, the following task was solved: to test the effectiveness of the developed methodology for the formation of research competencies of undergraduate physics students in the framework of a laboratory workshop (using mini-studies). The levels of formation of research competencies of undergraduate physics students were determined by the results of a series of control sections, questionnaires. The results of the control section carried out after the experiment for 2nd-year physics students are presented in Table 4.

Table 4 – Results of the control section of the second-year students (after the experiment).

Task number	The level of formation of research competencies, %					
	Level I (high)		Level II (medium)		Level III (low)	
	Control group	Experimental group	Control group	Experimental group	Control group	Experimental Group
1	15,7	18,1	41,5	48,6	42,8	33,3
2	13,5	16,0	49,7	57,2	36,8	26,8
3	18,4	21,8	57,6	66,3	24	11,9
4	12,9	15,2	51,5	59,5	35,6	25,3

The data obtained during the calculation of the  $X^2$  criterion are presented in Table 5.

Table 5 –  $X^2$ — CRITERION (2nd course)

Task number	$X^2$ — criteria
1	6,25
2	6,33
3	6,10
4	6,13

As a result of statistical processing of the slice carried out at the control stage of the pedagogical experiment, the value of the  $X^2$  - criterion equal to 6.18 was obtained. Since the results obtained during the experiment indicate significant differences between the samples, i.e. the proposed methodology contributes to improving the level of formed research competencies of students.

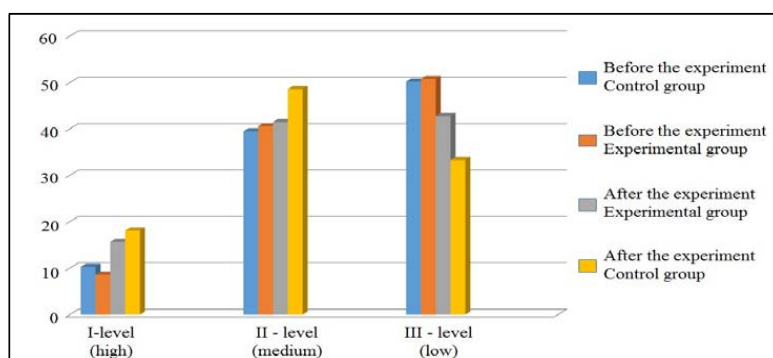


Figure 3. Dynamics of the formation of research competencies (according to the 1st task)

The results obtained allow us to conclude that the experimental group, even with further training, shows a higher level of formation of the Bachelor of Physics research competencies than the control group. Repeating the comparative diagnosis several times, as a result of which similar results were obtained, enhances the reliability of the results obtained.

**Discussion.** Galustyan, Borozdin, Pleshakov, Askhadulina, Radchenko, (2020) under research competence means the abilities and research skills related to the analysis and evaluation of scientific material. Thus, "research competence" in this

study is understood as a combination of special human qualities with research skills that allows an individual to perform any type of research activity at a high level.

In our study, we adhere to the opinion of Amirova, (2020) who believes that when designing students' research activities, the model and methodology of research developed and adopted in the field of science over the past few centuries is taken as the basis. This model is characterized by the presence of several standard stages present in any scientific research, regardless of the subject area in which it develops. At the same time, the main purpose of educational research, from a functional point of view, is fundamentally different from that in the field of science. In the field of science, the main goal is the production of new knowledge in a general cultural meaning, and in education, the goal of research activity is to acquire students a functional research skill as a universal way of mastering reality through increasing motivation for learning activities and activating the student's personal position in the educational process, the basis of which is the acquisition of subjectively new knowledge (i.e. independently acquired knowledge, which are new and personally significant for a particular student) (Leonard & Wibawa, 2020).

The main method of teaching the experience of creative activity, as a result of which, in our opinion, the formation of research competencies is most effective, is the research method. However, I.Ya. Lerner emphasizes that in accordance with the law of piecemeal assimilation of any new and complex content of the experience of creative activity can be assimilated only piecemeal and operationally.

Nacu, Martin, & Pinkard, (2018) proposed a transition from a research method to a heuristic one, which, in our opinion, is most suitable for the formation of research competencies of undergraduate physics students and is taken by us as a basis. It consists in the following: "Students' difficulties in solving a problem are overcome by dividing it into a series of subtasks, replacing a complex task with a similar, but simpler one, in order to then return to the first one."

The analysis of literature and educational practice led to the conclusion that the purposeful formation of students' research competencies is not given due attention.

In previous works, a reliable understanding of the complexity and patterns of the general learning experience of physics students was developed through a combination of a contextual model of competence formation, categories of random competencies and student accounts that form narrative trajectories through learning (Schneider, 2019; Savrasova-V'un, 2021). Our study examines these results from the point of view of their significance for education in the field of tribology.

**Conclusion.** Research competencies of undergraduate physics students as a special personality trait, representing a balanced combination of stable motivation to conduct physical research and the ability to perform research work using physical methods, it is advisable and possible to form, using mini-studies as part of a laboratory workshop in general physics. The organization of such mini-studies increases the level of formation of research competencies of physics students of junior courses and prepares them for independent research work at the senior

courses of the university. As a result, this increases the level of formation of research competencies of university graduates (Magaji, 2021).

The structural composition of the bachelor's research competencies- physics and indicators of their formation are revealed: positive motivation for research activities; sustained interest in working with sources of scientific information; activity in finding and solving research problems; conscious and rational implementation of the stages of research activities; competent analysis of research results; reasonable determination of the place and meaning of the result; competent and logical presentation and protection of the results obtained; a steady desire to link the future profession with research activities. The revealed structural composition and indicators of research competencies made it possible to develop diagnostics of the process of their formation in physics students.

The results obtained allow us to conclude that the organization of mini-studies in combination with reproductive methods within the framework of a laboratory workshop in physics contributes to the effective formation of research competencies of undergraduate physics students and, as a result, the formation of bachelor-physicists, which fully corresponds to the modern ideology of higher professional education. The methodology has been introduced into the educational East Kazakhstan University named after S. Amanzholov, as well as (partially) into the educational process of the International Kazakh-Turkish University named after H.A. Yassavi.

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

**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>;

**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>;

**Ramankulov Sherzod** – Assoc. Prof., PhD, Department of Natural Science, Khoja Ahmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan; sherzod.ramankulov@ayu.edu.kz, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4786-942X>.

#### **REFERENCES:**

Boiko S. (2021). Tutorial support of professional and personal development of young specialists. *Problems of Education*, (2(95)), 79–93. <https://doi.org/10.52256/2710-3986.2-95.2021.06> (in Eng.).

Viktor Shurygin, Alexander Deryagin, Lyubov Krasnova, Ilmir Sahabiev, Implement a laboratory workshop in physics and electrotechnical disciplines in the face of COVID-19 pandemic, *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)*, Vol. 11, No. 3, September 2022, pp. 1368~1374, <http://doi.org/10.11591/ijere.v11i3.22357> (in Rus).

Bhushan B. (2013). Principles and Applications of Tribology, Second Edition. Principles and Applications of Tribology, Second Edition. John Wiley and Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118403020> (in Eng.).

Tribophysics of slips and falls Footwear–contaminant–floor tribosystem. (2020). In Biomechanics in Ergonomics (pp. 401–401). CRC Press. <https://doi.org/10.4324/9780203016268-83> (in Eng.).

Bougoffa M.S.E., Bachir bey M.N., Benouali C., Sayah T., Fellah M. & Abdul Samad M. (2021). Dry Sliding Friction and Wear Behavior of CuZn39Pb2 and AA7075 Under Industrial and Laboratory Conditions. *Journal of Bio- and Tribo-Corrosion*, 7(2). <https://doi.org/10.1007/s40735-021-00475-x> (in Eng.).

Süleyman Can, Erdil Durukan, The level of pedagogical formation students' academic locus of control, *International Journal of Evaluation and Research in Education (IJERE)* Vol. 8, No. 3, September 2019, pp. 531–536, <http://doi.org/10.11591/ijere.v8i3.18166> (in Eng.).

Bienzobas C.G. & Barderas A.V. (2010). Professional competences. *Educacion Quimica*, 21(1), 28–32. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30069-7](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30069-7) (in Eng.).

Keinänen M.M. & Kairisto-Mertanen L. (2019). Researching learning environments and students' innovation competences. *Education and Training*, 61(1), 17–30. <https://doi.org/10.1108/ET-03-2018-0064> (in Eng.).

Aljamil Y., Prabhakar N., Saleem H. & Farley D.R. (2019). Can the Perceived Difficulty of a Task Enhance Trainee Performance? *Journal of Surgical Education*, 76(6), e193–e198. <https://doi.org/10.1016/j.jsurg.2019.08.005> (in Eng.).

Knyazev E.A. (2021). Origin of higher education: a personal-value paradigm. *Psychological-Pedagogical Journal GAUDEAMUS*, (49), 89–95. [https://doi.org/10.20310/1810-231x-2021-20-3\(49\)-89-95](https://doi.org/10.20310/1810-231x-2021-20-3(49)-89-95) (in Eng.).

Fernández-Cruz F.J. & Fernández-Díaz M.J. (2016). Generation z's teachers and their digital skills. *Comunicar*, 24(46), 97–105. <https://doi.org/10.3916/C46-2016-10> (in Eng.).

Garay-Argandona R., Rodriguez-Vargas M.C., Hernandez R.M., Carranza-Esteban R. & Turpo J. E. (2021). Research competences in university students in virtual learning environments. *Cypriot Journal of Educational Sciences*, 16(4), 1721–1736. <https://doi.org/10.18844/cjes.v16i4.6031> (in Eng.).

Tastanbekova N., Abenova B., Yessekeshova M., Sagaliyeva Z. & Abildina G. (2021). Development of Professional Skills in the Context of Higher School Dual Education. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(10), 179–193. <https://doi.org/10.3991/ijet.v16i10.19373> (in Kaz)

Galustyan O.V., Borozdin S.A., Pleshakov M.A., Askhadullina N.N. & Radchenko L.A. (2020). Formation of research competence of students by means of mobile education. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 14(14), 205–213. <https://doi.org/10.3991/IJIM.V14I14.15047> (in Eng.).

Amirova A., Iskakovna J.M., Zakaryanovna T.G., Nurmakhanovna Z.T. & Elmira U. (2020). Creative and research competence as a factor of professional training of future teachers: Perspective of learning technology. *World Journal on Educational Technology: Current Issues*, 12(4), 278–289. <https://doi.org/10.18844/wjet.v12i4.5181> (in Kaz).

Leonard & Wibawa B. (2020). A Training Model Based On Collaborative Research To Develop Teachers' Research Competence. *International Journal of Innovation, Creativity and Change*, 12(10), 592–608. Retrieved from [https://www.ijicc.net/images/vol12/iss10/121037\\_Leonard\\_2020\\_E\\_R.pdf](https://www.ijicc.net/images/vol12/iss10/121037_Leonard_2020_E_R.pdf). (in Eng.).

Nacu D., Martin C.K. & Pinkard N. (2018). Designing for 21st century learning online: a heuristic method to enable educator learning support roles. *Educational Technology Research and Development*, 66(4), 1029–1049. <https://doi.org/10.1007/s11423-018-9603-0> (in Eng.).

Schneider K. (2019). What Does Competence Mean? *Psychology*, 10(14), 1938–1958. <https://doi.org/10.4236/psych.2019.1014125> (in Eng.).

Magaji A. (2021). Promoting Problem-Solving Skills among Secondary Science Students through Problem Based Learning. *International Journal of Instruction*, 14(4), 549–566. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.14432a> (in Eng.).



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>.

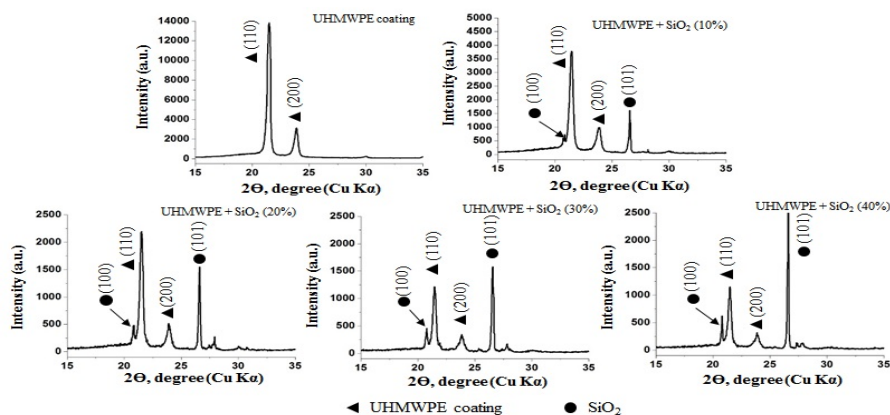


Figure 1. X-ray diffraction pattern of the polymer in the initial state of the coating and after thermal spraying with the addition of SiO<sub>2</sub>

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

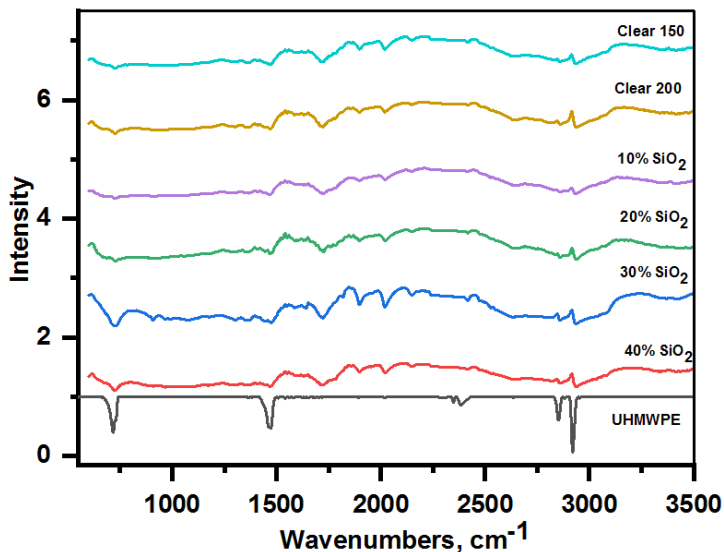


Figure 2. IR spectral analysis of UHMWPE/SiO<sub>2</sub>

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. Сыдыкбекова, 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. Наурызбаева,  
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.