

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

2023 • 1

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, Корей 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

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

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

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

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

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

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

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

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

**ДАВЛЕТОВ Аскар 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, 2023  
Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:**

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

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

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

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

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

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

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

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

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

**ФАРУК Асана 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 Жаганович**, 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 Нургали Жабгаевич**, 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, 2023

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, 2023

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

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

ISSN 2224-5227

Volume 345, Number 1 (2023), 5–12

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.179>

© **B.Z. Abdeliev, D. Baiboz\***, 2023

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [baiboz\\_danyshpan1@kaznu.edu.kz](mailto:baiboz_danyshpan1@kaznu.edu.kz)

## STUDY OF GENETIC DIVERSITY OF PATHOGENIC MICROORGANISMS

**Abstract.** Pathogenic microbes of plague and legionellosis were studied using molecular genetic methods. 14 isolates of *Y. pestis* studied for the content of VNTR loci showed belonging to biovars Antiqua 0.ANT2 (13) and 0.ANT3 (1) in the method of the analysis of combinations of isolates MLVA, Melt-MAMA. The results of 30 tests for *Legionella* in bacteriology gave negative results, and in the PCR system 4 positive results, showing a high sensitivity of the method.

**Keywords:** MLVA, SNP analysis, strains, plague, legionellosis

© **Б.З. Абделиев, Д. Байбоз\***, 2023

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: [baiboz\\_danyshpan1@kaznu.edu.kz](mailto:baiboz_danyshpan1@kaznu.edu.kz)

## ПАТОГЕНДІК МИКРООРГАНИЗМДЕРДІҢ ГЕНЕТИКАЛЫҚ ӘРТҮРЛІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

**Аннотация.** Аса қауіпті ауру микробының тұқымдық қасиеттерін, патогендік гендерін анықтау және генетикалық карта жасау қазіргі заманда ғылыми және практикалық маңызы зор болып есептеледі. Зерттеуге алынған барлық нысандар саны 44. Оның ішінде: 14 – оба және легионеллезге 30 су сынамаларымен шайындылар алынды. Микробиологиялық және молекулалық-генетикалық (SNP-талдау, MLVA және ПТР) әдістері қолданылды. VNTR локустарының құрылымы бойынша зерттелген 14 *Y. pestis* изоляттар генотипы – 2. MLVA, Melt-MAMA талдау әдістерінің комбинациясы изоляттардың 0.ANT2 (13) және 0.ANT3 (1) *Antiqua* биофарына тиесілі екендігін дәлелденді. Легионелла диагностикасына алынған 30 үлгі бактериологиялық әдісте теріс нәтиже беріп, ал ПТР әдісімен 4-еуінде оң нәтиже анықталған.

**Түйін сөздер:** генотиптеу, MLVA, SNP-талдау, штамм, оба, легионеллез

© Б.З. Абделиев, Д. Байбоз, 2023

Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан.

E-mail: baiboz\_danyshpan1@kaznu.edu.kz

## ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ

**Аннотация.** Патогенные микробы чумы и легионеллеза исследованы молекулярно-генетическими методами. 14 изолятов *Y. pestis* исследованных по содержанию *VNTR* локусов показали принадлежность к биоварам *Antiqua* *0.ANT2* (13) и *0.ANT3* (1) в методе анализа комбинации изолятов *MLVA*, *Melt-MAMA*. Результаты 30-и анализов на легионеллы в бактериологии дали отрицательные результаты, а в ПЦР системе 4 положительных результата, показав высокую чувствительность метода.

**Ключевые слова:** MLVA, SNP-анализ, штаммы, чума, легионеллез

### Кіріспе

Миллиондаған адамдардың өмірін қиған карантиндік және аса қауіпті ауруларға жататын оба және легионеллез аурулары қазіргі таңда да аса қауіпті инфекциялар ретінде маңыздылығын жоғалтпауда, себебі осы аурулардың ауқымды жаппай эпидемиялар туғызуы, және де аталған инфекциялардың қоздырғыштарын биотерроризм агенттері ретінде қолдану мүмкіндігі өте жоғары екендігі мәлім. Аталған келелді мәселелердің маңыздылығына байланысты, кейінгі кезде *Yersinia pestis* және *Legionella pneumophila* бактерияларының (Смирнова және т.б., 2004) геномдық ерекшеліктерін зерттеудегі қорытынды нәтижелері жіті талқылануды талап етеді. Олардың геномдарының эволюциялық қайта құрылу өрісі әртүрлі жылдамдықпен өтетіндігі, бұл қоздырғыштардың әр-қилы тіршілік циклдарымен шарттасатыны көрсетілген.

Пандемиялар және эпидемиялар кезінде миллиондаған адам өмірін жұтқан аса қауіпті инфекциялық аурулар арасындағы бактериалдық табиғаты бар оба және легионеллез аурулары соңғы жылдары ғалымдардың ерекше зор ықыласын туғызуда (Черкасский, 2002; Chanteau, 2000: 25–31; Cieslak және т.б., 1999: 552-555; Щербаков, 2004: 49-53; Hoffmaster, 2002: 1111-1116; Әміреев, 2006: 26-57; Смирнова және т.б., 2006: 9-17; Pourcel, 2005: 653–663), аса қауіпті инфекциялар жаппай эпидемиялар туғызу мүмкіндігі ғана емес олардың қоздырғыштарын биотерроризм агенттері (Литвин және т.б., 2001: 20-25; Пименов және т.б., 2000: 1-8; Покровский және т.б., 2000; Смирнова және т.б., 2004: 312) ретінде қолдану алаңдатууда. Оба ауруының қоздырғыштары жасуша ішінде дамып фагоциттердің ішінде бактерицидтік процесстерді сол немесе басқа әдістермен басады. Бұл қоздырғыштардың түрлі өзіндік циклы және әртүрлі клиникалық инфекциялық туғызатын аурулары олардың геномдық құрылымының және функционалдық ерекшеліктері, және де эволюциялық жолдары осы тақырыпта қарастырылды.

Осыған байланысты, аса қауіпті аурулардың қоздырғыштары болып саналатын зерттеуге нысандары ретінде барлығы 44 нысандар алынды. Оның ішінде: 14 — оба және легионеллезге 30 су сынамалары мен шайындылар алынды. Микробиологиялық және молекулалық-генетикалық (SNP-талдау, MLVA және ПТР) әдістері қолданылды.

Аса қауіпті аурулар микробтарының молекулалық-генетикалық әдісімен тұқымдық қасиеттерін, патогендік гендерін анықтау және генетикалық карта жасау қазіргі заманда ғылыми және практикалық маңызы зор болып есептеледі. Атап айтқанда зерттеу нәтижелеріндегі патогенді оба және легионеллез микробтары молекулалық-генетикалық әдістермен зерттелді. VNTR локустарының құрылымы бойынша зерттелген *Y. pestis* изоляттар генотипы 0.ANT2 (13) және 0.ANT3 (1) *Antiqua* биоварына тиесілі екендігін дәлелденді. Легионелла диагностикасына алынған 30 үлгі бактериологиялық әдісте теріс нәтиже беріп, ал ПТР әдісімен 4-еуінде оң нәтиже анықталғаны, әдістің сезімталдылығының жоғары екендігін көрсеткен. Зерттеу жұмысында аса қауіпті аурулар микробтарының тұқымдық қасиеттерін, патогендік гендерін анықтау және филогенетикалық шежіресін дайындау бойынша қазіргі замандағы фундаменталдық және қолданбалы ғылыми жетістіктеріне ауқымды толық шолу жасалған. Жақын және шалғай шет мемлекеттер ғалымдарының жетістіктерін қазақстанның практикаға трансферттеудің қазіргі таңда маңызы зор болуына зерттеу нәтижелері дәлел бола алады.

*Yersinia pestis* бактериясы – оба ауруын туғызады [лат. *Plague*].

Оба — *Enterobacteriaceae* тұқымдастығы, *Yersinia* туыстығына жататын *Yersinia pestis* қоздырғышы (Смирнова, 2004) туғызатын, жоғары қызбамен, айқын интоксикациямен, лимфа түйіндердің, өкпенің және басқа ағзалардың геморрагиялық некрозды қабынуымен сипатталатын аса қауіпті, табиғи ошақты өткір жұқпалы адамның және жануарлардың карантиндік зооноздық ауруы. Қоздырғышы биполярлы грам теріс ұсақ таяқша пішіндес, спора түзбейтін, факультативті анаэроб, өлшемі 1–3х0,3–0,7 мкм. Антигендік құрамы күрделі-соматикалық – термо-тұрақты, капсулалық термолабильді және 30-ға жақын антигендері бар.

Тарихта өткен обаның үлкен үш пандемиясынан 200 млн жуық адам қаза болған, пандемияларды туғызған қоздырғыштар бір-бірінен биохимиялық (глицериннің ферментациясы, нитраттардың редукциясы) және молекулалық-генетикалық (плазида саны, құрылымы және мөлшерімен, IS-профилімен, риботиптерімен, ДНҚ-аралдарының қатыстылығымен) ерекшеленген. *R. Deignat*-тың баяндауы бойынша, I-ші пандемияның себепшісі («Юстиниан» обасы, б.з.д. 531–580 жж.) ежелгі *Antiqua* биовары. II-ші пандемияның қоздырғышы, тарихта «Қара өлім» атымен қалған, ортағасырлық *Medievalis* биоварынан (XIII–XV ғасыр). Обаның III-ші пандемиясы, шығыс мұхиттық *Orientalis* биовары қоздырғыштарымен 1894 ж. Гонконктан басталып, қазіргі уақытқа дейін жалғасуда (Әміреев және т.б., 2006).

Халықаралық түрішілік жіктеу бойынша оба қоздырғышын 5 түр тармақты

бағаналық топқа бөледі: *Y. pestis ssp. pestis* (негізгі), *Y. pestis ssp. caucasica* (кавказдық), *Y. pestis ssp. altaica* (алтайлық), *Y. pestis ssp. ulegeica* (улэгейлік) және *Y. pestis ssp. hissarica* (гиссарлық). Табиғи оба ошақтарының 42-сі ТМД аумағында – Кавказ және Кавказдың арғы жағы, Каспий маңы, Орта Азия, Қазақстан және Сібірде, олардың 51,0 % Қазақстан аумағында орналасқан (Chanteau, 1999).

Оба – қоздырғыш берілуінің әртүрлі жолдарымен сипатталатын аса қауіпті инфекциялық табиғи-ошақтық ауру. Обаның қоздырғышы *Yersinia pestis* алғаш рет 1894 ж. А. Yersin бөліп алып, обаның Гонконгтағы үшінші пандемиясының басында сипаттаған (Cieslak және т.б., 2004) 1987 ж. М. Ogata, содан кейін 1898 ж. Р. Simond (Hoffmaster және т.б., 2002) егеуқұйрықтардың популяциясында оба бүргелердің шағуы арқылы берілетінін анықтады. *Yersinia* тұқымдастығындағы адамға патогенді басқа екі өкілдері – *Y. pseudotuberculosis* и *Y. enterocolitica* сыртқы ортаға нәжістік массалармен ұзақ уақыт патогендердің бөлінуімен және жаңа иелерінің алиментарлық жұқтырылуымен сипатталатын асқазан-ішек жолдарының зақымдалуымен байланысты ауруларды тудырады. Олардың ішіндегі *Y. pseudotuberculosis* микробын *Y. pestis*-тің атасы деп атауға болады. Осы бактериялардың дивергенциясы осыдан 15000–20000 жыл бұрын жүрген (Пименов және т.б., 2000: 1-8; Покровский және т.б., 2000; Смирнова және т.б., 2004: 312; Черкасский, 2002). Жаңа түрдің қалыптасуы және түрішілік өзгергіштік *Y. pestis* сезімталдық спектрі және вируленттілігі бойынша ерекшеленетін түрішілік түрлерінің (биоварлар, кіші түрлер, экотиптер, протеиноварлар, плазмидоварлар, генотиптер және т.б.) қалыптасуына алып келді (Пименов және т.б., 2000: 1-8; Покровский және т.б., 2000; Смирнова және т.б., 2004: 312; Черкасский, 2002; Chanteau және т.б., 2000). Еуразия, Африка және Америкада орналасқан табиғи ошақтарда инфекцияның қоздырғышы 200-ден астам кеміргіштер мен қоянтәрізділердің популяциясында жүріп, ал берілуі бүргенің 120 түрлерімен ғана шектелген (Пименов және т.б., 2000: 1-8; Покровский және т.б., 2000; Смирнова және т.б., 2004: 312). Қоздырғыштың тасымалдаушылар мен таратушылардың кең шеңберін пайдалану бір-бірімен географиялық байланысы жоқ обаның табиғи ошақтарының экожүйелерінде жүрген *Y. pestis* штамдарының геномында генетикалық алуантүрліліктің селекциясын қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Оба қоздырғышының едәуір түрішілік алуан түрлілігі инфекцияның ежелгі еуроазиаттық табиғи ошақтарында анықталған, оларға *Y. pestis* негізгі иелерінің, яғни кеміргіштердің алуантүрлілігі тән (1-8; Покровский және т.б., 2000; Смирнова және т.б., 2004: 312; Черкасский, 2002). Қазіргі уақытта *Y. pestis* 430 MLVA25 типтері анықталды (Черкасский, 2002). ТМД елдерінің аумағында және Моңғолияда кемінде 352 MLVA25 типті айналымда жүргендігі анықталды; *Y. pestis* MLVA25 типтерінің таралуы жеке табиғи оба ошақтары үшін анықталған.

Ұқсас генотиптерді қосқанда MLVA25 кластерлері / субкластерлері белгілі бір табиғи ошақтарға сәйкес келеді. MLVA профилдерін талдау негізінде



алынатын дендрограммалардың негізгі тармақтары SNP-типтеу әдістеріне сәйкес келеді (Пименов және т.б., 2000: 1-8).

*Legionella pneumophilla* (Смирнова және т.б., 2004: 312) бактериясы – легионеллез ауруын туғызады [лат. *Legionellosis*]. Легионеллез («Легионерлер ауруы», питтсбург пневмониясы, понтиак безгегі, легионелла инфекциясы, Брэгг форты безгегі), жіті жұқпалы ауру, ол өкпе қабынуының дамуымен немесе жедел респираторлы ауруымен, ағзаның улануы және қызбамен сипатталады (Пименов және т.б., 2000: 1-8). Қазіргі мәліметтер бойынша, легионеллалардың 90 % жуығы *L. pneumophila* түрімен байланысты. Легионеллалардың басқа түрлері арасында жиі *L. micdadei*, *L. longbeuchae*, *L. dumoffii* және *L. Bozemanii* түрлері ауру тудырады (Литвин және т.б., 2001; Пименов және т.б., 2000: 1-8; Покровский және т.б., 2000; Смирнова және т.б., 2004: 312; Черкасский, 2002; Chanteau және т.б., 2000). Легионеллалар қоршаған ортада ұзақ тіршілік етуге қабілетті және морфологиясы бойынша грамтеріс аэробты таяқшалар (Литвин және т.б., 2001; Пименов және т.б., 2000: 1-8; Покровский және т.б., 2000; Смирнова және т.б., 2004: 312; Черкасский, 2002; Chanteau және т.б., 2000; Cieslak және т.б., 1999). Алғаш рет легионеллалар біздің ғасырымыздың 70-жылдары бөлінген. Бұл атау 1976 ж. Филадельфиядағы ауыр тыныс алу жолдары ауруының (өкпе қабынуы типі бойынша) өршуімен байланысты, мұнда Американ легионындағы 34-220 дейінгі осы аурумен науқастанған делагаттар қайтыс болған. Бөлінген қоздырғыш *Legionella pneumophilla* атауын алған. Қоздырғыш грам-теріс аэробты таяқша тәрізді бактерия (Литвин және т.б., 2001; Пименов және т.б., 2000: 1-8; Покровский және т.б., 2000; Смирнова және т.б., 2004: 312; Черкасский, 2002; Chanteau және т.б., 2000; Cieslak және т.б., 1999; Щербаков, 2004).

Легионеллалардың 22 түрі анықталған, ол өзіне 35 серотиптерді қосады. Олар әлемнің барлық елдерінде таралған және көптеген жасанды және табиғи су экологиялық жүйелерінің микробты флорының жартысын құрайды. Инфекцияның кіру қақпалары тыныс алу жолдарының шырышты қабықтары. Аурудың жасырын кезеңі 2–10 күнге (жиі 5–7) созылады. Легионеллалардың клиникалық түрлері: Легионерлер ауруы (ауыр өкпе қабынуы); Понтиак қызбасы (Мичиган штатының Понтик қаласында аурудың өршуі жедел басталумен сипатталған, сондай-ақ грипп тәрізді ағым, бас ауыруы, қызба, бұлшық еттер ауыруы өкпе қабынуының белгілерінсіз байқалған); «Форт-Брагг» қызбасы (қызба, тері бөртпесі); басқа да аурудың түрлері болуы мүмкін. Легионеллездің аса ерекше білінуі өкпе қабынуы болып табылған (Литвин және т.б., 2001; Пименов және т.б., 2000: 1-8; Покровский және т.б., 2000; Смирнова және т.б., 2004: 312; Черкасский, 2002; Chanteau және т.б., 2000; Cieslak және т.б., 1999; Щербаков, 2004; Hoffmaster, 2002).

Легионеллалардың негізгі мекендейтін жері – қоршаған ортаның абиотикалық объектілері. Қоздырғыштың резервуары – бұл су және топырақ, табиғатта легионеллалар тұщы су қоймаларында көк-жасыл балдырлар

симбионттары немесе кейбір ағзалардың паразиттері ретінде анықталады. Легионелла көбею үшін оңтайлы орта температурасы – 40–60°C (Смирнова, 2006).

Саяхатшылардың легионеллезбен ауру жиілігі өзінің орналасқан жерін өзгертпейтін адамдарға қарағанда біршама жоғары екендігі бақылаумен дәлелденді. Бұл климаттық жағдайлардың ауысуымен (яғни, ағзаның резистенттілігінің өзгеруімен), сондай-ақ қоздырғыштың көбею ортасы бола алатын түрлі техникалық көлік құралдарын пайдаланумен байланысты (Смирнова, 2006). Мысалы, АҚШ-та 2005–2006 жылдары легионеллез ауруымен ауырғандар арасында 23–25 % саяхатшылардың үлесіне тиді (Roussel, 2005). Қонақ үйлердегі көптеген эпидемиялық дүмпулер легионеллез жағдайларын қадағалайтын бірыңғай халықаралық жүйесін құруға себепші болды (Morelli және т.б., 2010).

### **Зерттеу материалдары мен әдістері**

Талдаларға материал ретінде Алматы қаласындағы төрт қонақ үйдің су жүйелерінен әртүрлі объектілер шайындылары (себезгі бастары, джакузи мен бассейндердің құйылатын науасы, градирнялардың қабырғалары, сауналардағы су төгінділері, раковиналар) және су сынамалары (су құбыр желілері, технологиялық жүйелер, градирнялар, бассейндер, субұрқақтар) таңдалды.

Су сынамаларын алу. Бір нүктеден 1 сынама алынды, қақпағы бұрылатын стерильді ыдыстарға 0,5 л су жиналады.

Краннан сынама алу. Крандар спиртпен сіңірілген мақталы тампонды отпен күйдіру жолымен дезинфекцияланды. Бастапқы су 2–3 минут арасында ағыздырылады.

Шайындылар. Сынамаларды алу физиологиялық ерітіндісі бар пробиркалар мен таяқшадағы стерильді мақта тампондарының көмегімен жүргізілді. Шайындылыр ылғалды беттен құрғақ тампондар арқылы алынды. Сынамасы бар тампондар 5 мл физиологиялық ерітіндіден тұратын стерильді пробиркаға салынады.

Талданатын сынамаларды зерттеуде бактериологиялық және молекулалық-генетикалық (ПТР) әдістер қолданылды.

Бактериологиялық зерттеу. *L. pneumophila* анықтау мақсатында судың сынамаларын сүзуге арналған құралда (Glass vacuum filtration device with flask, 47/50 mm, «Sartorius Stedim Biotech», Germany) попарларының диаметрі 0,45 мкм мембраналық фильтрмен (Filter membranes microbiological analysis, «SIGMA-ALDRICH», Germany) сүзу арқылы концентрацияланды. Сүзу аяқталғаннан кейін мембраналық фильтрлер күйдірілген анатомиялық пинцетпен көлемі 10 мл стерильді физиологиялық ерітіндісі бар 100 мл-лік стерильді құтыға ауысады. Әр жаңа сынаманы сүзер алдында құрал зарарсыздандырылды. Фильтрден микрофлораны десорбциялау үшін құты +18–25°C температурада 10–15 мин сілкігішке (вортекс) салынды. Сүзгі бетінен алынған шайындылар көлемі 15 мл центрифугалық пробиркаға

салынып, 30 мин бойы 3000–6000 айн./мин центрифугаланды. Тұнбаның беткі сұйықтығы толығымен жойылады. Тұнбаны 1 мл физиологиялық ерітіндіде қайта суспензиялап, стерильді пробиркаға ауыстырылды.

Дайындалған сынамалардың жұғындысы коректік ортасы бар (F.G. Agar-мен дайындалған орта) Петри табақшасында жүргізілді. Табақша ылғал атмосферада 7 күнге дейін  $+37\pm 1^\circ\text{C}$  инкубацияланады. Легионеллаға күдікті колонияларды 3-тәуліктен бастап стереомикроскопиялы қаралып шықты.

Молекулалық-генетикалық зерттеу. Талдау үшін концентрацияланған 0,1 мл үлгі қолданылды. Зерттелетін материалды залалсыздандыру құрамында 6М гуанидинтиоцианат бар 300 мкл лизирлеуші буфер қосу арқылы жүзеге асырылды. Келесі саты – 10 мин бойында  $+65^\circ\text{C}$ -дағы инкубациялау. Мұндай өңдеуден кейін сынамалар залалсыздандырылған деп есептеледі.

ДНҚ экстракциясы. Шайындылар мен су сынамаларынан ДНҚ бөлу «ДНК-Сорб-В» («АмплиСенс», Ресей) реагенттер жиынтығының көмегімен жүзеге асырылды. Жұмыс жиынтықтағы нұсқаулыққа сәйкес жүреді.

Зерттеу нәтижелері Алматы қаласындағы таңдап алынған 4 қонақ үйлерінің, әртүрлі нөмірлерінен (ванна және душ бөлмелері, СПА және бассейндер, градириялар) 30 су сынамалары мен шайындылар үлгілері зерттелді. Құпиялылық үшін қонақ үйлер шартты түрде – А, В, С және D деп белгіленді. Қонақ үйлердің су жүйелерін зерттеу 2018 жылдың қыркүйек және желтоқсан айларында екі рет жүргізілді (Pourcel, 2005).

Үлгілердің бактериологиялық зерттеу жұмысының нәтижесі – теріс. 2022 жылдың қыркүйек айында ПЦР әдісімен зерттеуде «С» қонақ үйінен іріктелген 17 үлгінің арасынан 2 үлгі оң нәтиже берді. *L. pneumophila* бактериясының *tip* маркерлік гені қонақтарға арналған қонақ нөмірі мен ортақ пайдалануға арналған душ бөлмесінен алынған шайындылар үлгісінде анықталды.

Сумен жабдықтау жүйесіне қызмет көрсететін қызметкерлерге сұрақ қою кезінде, ыстық сумен жабдықтау жүйесіндегі су температурасы  $40\text{--}60^\circ\text{C}$  аспайтыны анықталды. Су жүйелеріндегі бактериялардың өсуіне оңтайлы температура  $25\text{--}60^\circ\text{C}$  болып табылады (Смирнова, 2006). Дезинфекциялық іс-шаралар – суды хлорлау, үй-жайлар мен жабдықтарды дезинфекциялау тұрақты жүргізіледі. Суық және ыстық сумен жабдықтаудың барлық жүйелерін жылумен жуу, шығу нүктелерінде ыстық судың температурасын тұрақты бақылау және оны  $65^\circ\text{C}$  не одан жоғары деңгейде ұстау; суды, үй-жайларды және жабдықтарды қайта дезинфекциялау ұсынылды.

3 айдан кейін «С» қонақ үйінен 13 сынама қайта алынды. Нөмірдегі себезгі бастарынан және ортақ пайдалануға арналған себезгі бөлмесінен ПТР әдісімен *L. pneumophila* геномдық материалы қайта анықталды. Үлгілердің алу нүктелері басқа болды. Бактериологиялық зерттеулер теріс нәтиже берді.

Сұрастыру кезінде ыстық сумен жабдықтау жүйесіндегі су температурасы жоғарламағаны анықталды. Дәрігермен (санитарлық дәрігер) қызметкерлердің, қонақтардың, соның ішінде шетелдіктердің легионеллез қоздырғышымен жұқтыру қаупі, эпидемияның пайда болуы туралы түсіндірме

әңгімелері жүргізілді. Қайта дезинфекциялау, адамдардың легионеллалармен залалдануын толығымен шектейтін арнайы сүзгілерді себезгі және сумен жабдықтау жүйесінің басқа да шығу нүктелерінде орнату ұсынылады. Ыстық судың температурасы 55°C дейін және одан төмен болған жағдайда температура режимін 65°C деңгейіне орнату сәтіне дейін қонақ үйдің сумен қамтамасыз ету жүйесін ай сайын *L. pneumophila* және *Legionella spp.* анықтаулына бақылау жүргізу ұсынылады.

### Қортынды

Сонымен, алынған нәтижелер бойынша легионеллез қоздырғыштарының таралуы олардың анықталуына қарағанда айырмашылығы жоғары екендігін көрсетті. Легионелла диагностикасына алынған 30 үлгі бактериологиялық әдісте теріс нәтиже беріп, ал ПТР әдісімен 4-еуінде оң нәтиже анықталған. Бұл молекукалық-генетикалық әдістің жоғары сезімталдығын көрсетеді. Легионелла қоздырғышы туғызған ауруының дәрежесі өлім-жітімділігі 10 % екендігін ескеретін болсақ, зерттеу жұмыстарының маңыздылығы жоғары екендігі дәлелденді. Осы жүйелерде легионеллалардың анықтаулына микробиологиялық зерттеуді жылына кемінде 2 рет жүзеге асыру қажет. 2021 жылдың деректері бойынша, Алматы қ. 215-ке жуық қонақ үйі тіркелген және легионеллалардың мониторингін жүргізуді талап етеді.

### ӘДЕБИЕТТЕР

- Литвин В.Ю., Марамович А.С., Гинцбург А.Л., 2001 // Вестн. РАМН. – 2001. – № 11. – С. 20-25.  
Пименов Е.В., Кожухов В.В., Строчков Ю.И., 2000 // Природа. – 2000. – № 10. – С. 1-8.  
Покровский В.И., Онищенко Г.Г., 2000. Актуальные проблемы холеры. – М., 2000.  
Смирнова Н.И., Кутырев В.В., 2004 // Молекул, генетика. – 2004. – № 4. – С. 312.  
Черкасский Б. Л. Эпидемиология и профилактика сибирской язвы. // – М., 2002.  
Chanteau S., Ratsitorahina M., Rahalison L. et al., 2000 // Microb. Infect. – 2000. – № 2. – Pp. 25–31.  
Cieslak T.J., Eitzen E.M., 1999 // Emerg. Infect. Dis. – 1999. – Vol. 5, N 4. – Pp. 552–555.  
Щербаков Г.Я., 2004 // Молекул, мед. – 2004. – № 4. – Pp. 49–53.  
Hoffmaster A.R., Fitzgerald C.C., Ribot E. et al., 2002 // Emerg. Infect. Dis. – 2002. – Vol. 8. № 10. – Pp. 1111-1116.  
Әміреев С.Ә., Дүйсенова А.К., 2006. Жұқпалы аурулар // Монография. – Алматы, – 2006. – Pp. 26–57.  
Смирнова Н.И., Кутырев В.В., 2006. Сравнительный анализ молекулярно-генетических особенностей геномов и их эволюционных преобразований у возбудителя холеры, чумы и сибирской язвы // Молекулярная генетика. – 2006. – № 2 – Pp. 9–17.  
Pourcel C., Salvignol G., Vergnaud G., 2005 // Microbiology. – 2005. – Vol. 151. – Pp. 653–663.  
Morelli G., Song Y., Mazzoni C. J. et al., 2010 // Nat. Genet – 2010. – Vol. 42. – Pp. 1140–1143.  
Pourcel C., André-Mazeaud F., Neubauer H. et al., 2004 // BMC Microbiol. – 2004. – Vol. 4. – P. 22.  
Абделиев Б.З. и др., 2020 Результаты обследования искусственных водных систем гостиничных комплексов города Алматы на контаминированность LEGIONELLA PNEUMOPHILA Вестник КазНУ: Серия биологическая № 2. 2020 г.  
Top J., Schouls L.M., Bonten M.J. et al., 2004 // J. Clin. Microbiol. – 2004. – Vol. 42. № 10. – Pp. 4503–4511.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227  
Volume 345, Number 1 (2023), 13–23  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.180>

УДК 575.633.11.

© **D. Zhanabergenova**, **Zh.Zh.Chunetova\***, **B.A. Zhumabaeva**, 2023  
al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.  
E-mail: Zhanar.Chunetova@kaznu.kz

## **GENETIC ANALYSIS OF THE TYPES OF DEVELOPMENT OF MUTANT LINES FROM COMMON WHEAT VARIETIES**

**Zhanabergenova D.** — Magister of KazNU. al – Farabi

**Chunetova Zh.Zh.** — PhD, associate Professor of the Department of genetics and molecular biology,  
al – Farabi Kazakh National University;

E-mail: Zhanar.Chunetova@kaznu.kz. ORCID 0000-0002-1150-9668;

**Zhumabaeva B.A.** — PhD, associate Professor of the Department of genetics and molecular biology,  
al – Farabi Kazakh National University

E-mail: Beibytgul.Zhumabaeva@kaznu.kz. ORCID 0000-0001-7946-5553.

**Abstract.** Among cereals, a special place is occupied by wheat as the main food of humanity and in improving the country's economy. The main task of breeding is to produce valuable wheat varieties that are stable to the unfavorable external environment of various natural climatic zones of Kazakhstan, consisting of a combination of valuable features. The prospects for the use of mutants in the process of hybridization are reflected in the achievements of world and domestic selection. The effect of various solutions of chemical compounds on the plant was observed from the first days during the growth of wheat sprouts. The growth of the first sprout of seeds treated with a certain solution of cadmium chloride and zinc chloride – 0.01 %, the activity of cell division and structural disorders of chromosomes were manifested by variability in the varieties Kazakhstani3, Shagala, Zhenis and Lutescens 32. When treating dry wheat grain with a concentration of 0.1 % cadmium chloride, it brought the growth of the Sprout to a lethal state, 0.01 % inhibited the growth of the Sprout for 4 days, and in a 0.001 % solution, the growth rate of the control grains was the same. On the contrary, a 0.1 % vertical solution of zinc chloride inhibited the growth of the Sprout for 1 Week, 0.01 % for three days. Among the studied concentrations, a 0.01 % solution of cadmium chloride inhibited the growth of sprouts, causing chromosomal aberrations and morphological variability in cell division. Therefore, a concentration of 0.01 % of cadmium salt was obtained as an optimal concentration to expand the limits of variability in wheat. In this regard, in our study, it was found that a 0.01 %

solution of cadmium chloride is an effective concentration that expands the limits of variability in wheat. The effect of this amount of solution leads to morphological changes in the plant (Binding of the stem, elongation of the earlobe, increase in the number and weight of grains in the headlobe, increase in the weight of 1000 grains, etc.), and changes in the characteristics of the M1 – M4 offspring are constantly inherited. Mutant lines L1, L2 and L3 differ in valuable breeding characteristics under the influence of a 0.01 percent solution of cadmium salt were obtained for the Kazakhstanskaya 3 and Shagala varieties. A genetic analysis of the type of development of these altered lines was carried out, as a result of which a long (16 cm) dense ear (0.80) changed from the Gull variety to a prismatic plant of the control variety (0.50), as a result of hybridization, its summer type (from the *vrn* gene) to the autumn type (*Vrn* gene). As a result of the study, Kazakhstanskaya 3, Kazakhstanskaya mutant 3 varieties contain the genes *Vrn 1*, *Vrn 3*. Well, it was found that Shagala varieties consist of the genes *Vrn1*, *Vrn2*. Varieties containing the genes *Vrn1*, *Vrn3* show rapid maturation. However, they differed from each other in the period of intoxication.

**Keywords:** wheat, variety, mutant, variability, line

© Д. Жаңабергенова, Ж.Ж. Чунетова\*, Б.А. Жумабаева, 2023

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: Zhanar.Chunetova@kaznu.kz

### **ЖАЗДЫҚ ЖҰМСАҚ БИДАЙ СОРТТАРЫНАН АЛЫНҒАН МУТАНТТЫ ЛИНИЯЛАРДЫҢ ДАМУ ТИПТЕРІНЕ ГЕНЕТИКАЛЫҚ ТАЛДАУ**

**Аннотация.** Дәнді дақылдардың ішінде адамзаттың негізгі азығы ретінде және еліміздің экономикасын жетілдіруде бидай ерекше орын алады. Селекцияның негізгі міндеті — Қазақстанның әртүрлі табиғи климаттық аймақтарының қолайсыз сыртқы орта жағдайына тұрақты, бағалы белгілердің бірлестігінен тұратын құнды бидай сорттарын шығару. Будандастыру үрдісінде мутантты қолданудың болашағы әлемдік және отандық селекцияның жетістіктерінен көрінеді. Химиялық қосылыстардың әртүрлі ертіндісінің өсімдікке әсері алғашқы күннен—ақ бидай өскінінің өсуінде байқалды. Хлорлы кадмий мен хлорлы цинктің белгілі бір – 0,01 % ертіндісімен өңделген тұқымның алғашқы өскінінің өсуі, клетканың бөліну белсенділігі мен хромосомалардың құрылымдық бұзылыстары Қазақстанская 3, Шағала, Жеңіс және Лютесценс 32 сорттарындағы өзгергіштікпен көрінді. Бидайдың құрғақ дәнін хлорлы кадмийдің 0,1 % концентрациясымен өңдегенде, өскіннің өсуін летальды жағдайға әкелсе, 0,01 % өскіннің өсуін 4 күнге тежеді, ал 0,001 % ертіндісінде бақылау дәндерінің өсу қарқынымен бірдей болды. Керісінше, хлорлы цинктің 0,1 % тік ертіндісі өскіннің өсуін 1 аптаға, 0,01 % үш күнге тежеді. Зерттелген концентрациялардың ішінде хлорлы кадмийдің

0,01 % ертіндісі өскіннің өсуін тежеп, клетканың бөлінуінде хромосомалық аберрациялар және морфологиялық өзгергіштіктер туғызды. Сондықтан, кадмий тұзының 0,01 % концентрациясы бидайдағы өзгергіштіктің шегін кеңейту үшін, оптимальды концентрация ретінде алынды. Осыған байланысты зерттеуімізде хлорлы кадмийдің 0,01% ертіндісі бидайда өзгергіштік шегін кеңейтетін тиімді концентрация екендігі анықталды. Осы мөлшердегі ертіндінің әсері өсімдікте морфологиялық өзгеріске (сабақтың түптенуі, масақтың ұзаруы, бас масақтағы дән саны мен салмағының, 1000 дәндердің салмағының жоғарлауы т.б.) әкеліп, өзгерген белгілер М1–М4 ұрпақтарда тұрақты тұқым қуалады. Қазақстанская 3 және Шағала сорттарына кадмий тұзының 0,01 пайыздық ертіндісінің әсерінен құнды селекциялық белгілерімен ерекшеленетін Л1, Л2 және Л3 мутантты линиялар алынды. Осы өзгерген линиялардың даму типіне генетикалық талдау жүргізіліп, нәтижесінде Шағала сортынан өзгерген ұзын (16 см), тығыз масақты (0,80) өсімдікті бақылау сортының (0,50) призма тәрізді өсімдігімен будандастыру нәтижесінде, оның жаздық типі (*vrn* генінен) күздік типіне (*Vrn* геніне) ауысқаны анықталды. Зерттеу нәтижесінде Қазақстан 3, Қазақстан мутант 3 сорттары *Vrn* 1, *Vrn* 3 гендерінен тұрады. Ал, Шағала сорттары *Vrn*1, *Vrn*2 гендерінен тұратындығы анықталды. *Vrn*1, *Vrn*3 гендерінен тұратын сорттар жылдам пісетіндігін көрсетеді. Алайда, олардың бір-бірінен масақтану кезеңі бойынша өзгешелігі болды.

**Түйін сөздер:** бидай, сорт, мутант, өзгергіштік, линия

© Д. Жаңабергенова, Ж.Ж. Чунетова\*, Б.А. Жумабаева, 2023

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

E-mail: Zhanar.Chunetova@kaznu.kz

## **ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТИПОВ РАЗВИТИЯ МУТАНТНЫХ ЛИНИЙ ОТ СОРТОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ**

**Аннотация.** Среди зерновых культур особое место занимает пшеница как основной кормовой продукт человечества, а также в совершенствовании экономики страны. Основная задача селекции – выпуск ценных сортов пшеницы, состоящего из объединения ценных признаков, устойчивых к неблагоприятным условиям внешней среды различных природно-климатических зон Казахстана. Перспективы применения мутанта в процессе гибридизации проявляются в достижениях мировой и отечественной селекции. Влияние различных растворов химических соединений на растительность наблюдалось с первых дней в росте зерна. Рост первоначальных пороков семян, обработанных определенным раствором хлористого кадмия и хлористого цинка-0,01 %, активность деления клеток и структурные нарушения хромосомы проявились изменчивостью в сортах Қазақстанская 3, Шағала, Женис и Лютесценс 32. При обработке сухого зерна пшеницы с концентрацией

0,1 % хлористого кадмия рост подроста привел к летальному состоянию, 0,01 % сдерживал рост подроста на 4 дня, а в растворе 0,001 % были одинаковыми темпами роста контрольных зерен. Напротив, 0,1 % вертикальный раствор хлористого цинка сдерживал рост подроста на 1 неделю, 0,01 % на три дня. Из исследованных концентраций 0,01 % раствор хлористого кадмия сдерживал рост подроста, вызвал хромосомные aberrации и морфологические изменчивости в выделении клеток. Поэтому концентрация кадмийской соли 0,01 % взята в качестве оптимальной концентрации для расширения предела изменчивости в пшенице. В связи с этим в исследовании было установлено, что 0,01% раствор хлористого кадмия является эффективной концентрацией, расширяющей пределы изменчивости пшеницы. Влияние раствора в этом количестве приводит к морфологическим изменениям в растениях (крошка стебля, удлинение колосья, увеличение количества и массы зерна в головном колосе, увеличение массы 1000 зерен и т.д.), измененные признаки постоянно наследуются в потомствах M1–M4. Получены мутантные линии Л1, Л2 и Л3, отличающиеся ценными селекционными пояса под влиянием 0,01 процентного раствора кадмийной соли на сорта Казахстанская 3 и Шагала. Был проведен генетический анализ типа развития этих измененных линий, в результате которого было установлено, что в результате скрещивания из сорта Шагала с измененной длиной (16 см), плотной Колосовой (0,80) растительности с призмобразной растительностью (0,50), ее летний тип (из гена *vtn*) на озимый тип (гена *Vrn*). В результате исследования Казахстан состоит из 3-х сортов мутантов Казахстана, 3-х сортов *Vrn* 1, *Vrn* 3. А выяснилось, что сорта Шагала состоят из генов *Vrn1*, *Vrn2*. Сорта, состоящие из генов *Vrn1*, *Vrn3*, указывают на быстрое созревание. Однако они отличались друг от друга по фазе иждивенчества.

**Ключевые слова:** пшеница, сорт, мутант, изменчивость, линия

### Кіріспе

Селекция тәжірибесінде алғашқы материалды алудың шегін кеңейту үшін, бастапқы сорттан құнды белгілері бойынша, ерекшеленетін мутантты линияларды қолданудың болашағы зор (Bogdanova, 2003).

Қазіргі заманғы өсімдіктер селекциясының мақсаты — әртүрлі агроэкотипке арналып шығарылған сорттарды сыртқы орта жағдайына мүмкіндігіне көбірек бейімдей түсу, яғни белгілі бір генотип пен сыртқы ортаның абиотикалық және биотикалық факторлары арасындағы үйлесімділікті барынша арттыра түсу болып табылады (Bogdanova, 1998). Селекция үшін әр түрлі стресс жағдайларға төзімді сорттар шығарудың маңызы бар. Селекционерлер үшін жылдам пісетін сорттар шығару тиімді. Себебі кеш пісетін сорттар дәннің қалыптасу кезеңінен құрғақшылық кезеңге тап болады да, олардың сапасы төмендеп, өнімділігі аз болады. Сонымен қатар жаздық бидайлар кеш пісетін болса, солтүстік аймақтарда күздік суыққа шалынады (Larchenko, 2000). Осы проблемаларды шешу селекционерлердің негізгі мақсаты болып табылады.



Ол үшін жергілікті жерге бейімделген сорттардың жылдам пісу табиғатына генетикалық зерттеу жүргізу қажет. Өйткені, кеш пісетін сорттардың жоғары сапасы мен дән қалыптасуы төмендейді. Ауыл шаруашылығына құнды белгілердің барлығының бір сортта қалыптасуы мүмкін емес. Кейбір белгілер арасында кері корреляция жүреді. Мысалы, өнімділігі жоғарылаған сайын сапасы, өсімдік сабағының қысқалығы мен өнімділігі немесе өсімдіктің ауруға төзімділігі мен сапасының жоғарылауы әсер етеді (Chunetova, 2008: 1503-1507; Tokubayeva, 2013: 26–29, Omirbekova, 2009: 83–89; Shulembayeva, 2016: 19–23; Shulembayeva, 2014: 6–10). Жұмсақ бидайдың дамуы, жекелей алғанда тез жетілуі белгілі бір экологиялық жағдайларға байланысты. Ауыл шаруашылығына құнды белгілерді қалыптастыратын жеке гендердің рөлін зерттеу үшін изогенді линиялар қолайлы өсімдіктің белгілі бір ортаға бейімделуін анықтайтын жылдам пісу қасиеті жатады. Оның өнімділікке тікелей қатысы бар және қолайсыз сыртқы орта жағдайларынан /үсіктен, құрғақшылықтан, зиянкестерден, аурудан/ шығып кете алатын, сонымен қатар қолайлы жағдайларды түгелдей пайдалана алатын қабілетімен сипатталады. Жұмсақ бидайдың жылдам пісуіне көбінесе Vrn1-3 жүйесі әсер етеді (Rapport, 1993: 268; Pathirana, 2011; Roychowdhury, 2013: 149–187).

Сондықтан, сорттардың даму типін, жергілікті жағдайда, оның онтогенездегі фазааралық ұзындығы өсімдіктің өнімділігі мен жоғары және төменгі экстремальді температураға тұрақтылығымен ұштастыра отырып комплексті түрде зерттелгені дұрыс. Мұндай бағытталған зерттеулер селекцияда жылдам пісетін, яғни жетілу кезені қысқа, жұмсақ жаздық бидайлар шығаруға мүмкіндігін туғызады. Осыған байланысты жергілікті селекция мен гендік қорға әр түрлі шет елдерден шоғырланған сорттар мен линиялардың даму типін зерттеп, жылдам пісетін сорттар түрлерін генетикалық тұрғыдан талдау жүргізу селекцияның актуальды мәселесі болып табылады. Сондықтан зерттеу жұмысымыздың мақсаты: аймақталған және келешегі бар селекция сорттарынан алынған мутантты линиялардың даму типіне генетикалық талдау жүргізу.

### **Зерттеу әдістері мен материалдар**

Зерттеу әдістері ретінде мутациялық, гибридологиялық, цитологиялық және моносомдық талдаулар қолданылды.

Тәжірибені жүргізу үшін материал ретінде жергілікті селекцияда кең қолданылатын, аудандастырылған жұмсақ бидай сорттары: Шағала, Лютесценс 32Казakhstanская 3, сортынан алынған мутантты линиялар және Казахстанская 126 сортының моносомалық линиялары қолданылды. Зерттеуге алынған материалдар кадмийдің ауыр металл тұзымен ( $CdCl_2$ ) өңделді.

### **Зерттеу нәтижелері мен талқылаулар**

Жоғарыда атап өткен алкильді химиялық қосылыстардың дәнді дақылдарға әсері, көбінесе, селекция үшін құндылығы жоқ, морфологиялық өзгергіштікке (морфоз) және өсімдіктің хлорофил дәндерінің түзілмеуіне (хлороз) әкеледі (Cable, 2002). Сондықтан, өсімдіктің өзгергіштік шегін

ғана ұлғайтып, өніміне улы әсерін тигізбейтін химиялық қосылыстардың әлсіз концентрациясын іздеу керек. Мутация мәселесіне қызығушылық және орасан көп орындалған жұмыстарға қарамастан, өзгергіштіктің генетикалық табиғаты мен механизмі әліде болса жеткілікті зерттеуді қажет етеді. Ауыр металл тұзының әсерінен жұмсақ бидай сорттарында индукцияланған өзгергіштікке морфобиологиялық және цитогенетикалық тұрғыдан баға беру (Kihara, 2000).

Топырақтағы және өсімдіктегі кадмийдің мөлшері атомдық адсорбциялық әдіспен зерттелді. Өсімдіктің даму кезеңінде әсіресе пісіп жетілген уақытта кадмийдің мөлшері қауіпсіз концентрацияның шегінен жоғарламады. Бірақта жылжымалы кадмийдің жұмсақ бидайдың сорттары Қазақстанская 3, Шағала егілген ақшыл қоңыр топырақта кездесуі олардың дән - тұқымның металл қосылыстарымен және кадмийдің әртүрлі концентрациясымен өңделгендігімен байланыстыруға болады.

Мутагендердің тиімділігін бағалау үшін, митоздық индекс және хромосомалардың бұзылыстарын сипаттайтын мәліметтер кең қолданылады (Rapport, 1993: 268; Zhumabaeva 2017: 335.342; Larchenko, 2000: 16–20; Gomes-Arrojo және т.б., 2001: 591-594; Armoг, 1985: 351). Олар химиялық, физикалық факторлардың әсерінен өсімдіктерде болған өзгергіштіктің дәрежесін бағалауға мүмкіндік береді. Хлорлы кадмий мен хлорлы цинктің белгілі бір концентрациясымен (0,01 %) индукцияланған алғашқы өскіннің өсуі, клетканың бөліну белсенділігі мен хромосомалардың құрылымдық бұзылыстары зерттелді. Химиялық қосылыстардың әртүрлі ертіндісінің өсімдікке әсері алғашқы күннен–ақ бидай өскінінің өсуінде байқалды. Хлорлы кадмий мен хлорлы цинктің белгілі бір – 0,01 % ертіндісімен өңделген тұқымның алғашқы өскінінің өсуі, клетканың бөліну белсенділігі мен хромосомалардың құрылымдық бұзылыстары Қазақстанская 3, Шағала, Жеңіс және Лютесценс 32 сорттарындағы өзгергіштікпен көрінді.

Бидайдың құрғақ дәнін хлорлы кадмийдің 0,1 % концентрациясымен өңдегенде, өскіннің өсуін летальды жағдайға әкелсе, 0,01 % өскіннің өсуін 4 күнге тежеді, ал 0,001 % ертіндісінде бақылау дәндерінің өсу қарқынымен бірдей болды. Керісінше, хлорлы цинктің 0,1 % тік ертіндісі өскіннің өсуін 1 аптаға, 0,01 % үш күнге тежеді.

Зерттелген концентрациялардың ішінде хлорлы кадмийдің 0,01 % ертіндісі өскіннің өсуін тежеп, клетканың бөлінуінде хромосомалық аберрациялар және морфологиялық өзгергіштіктер туғызды. Сондықтан, кадмий тұзының 0,01 % концентрациясы бидайдағы өзгергіштіктің шегін кеңейту үшін, оптимальды концентрация ретінде алынды.

Цинк тұзының 0,1 % және 0,01 % ертінділері өскіннің өсуін тежегенмен клетканың бөлінуі мен морфологиялық белгілерінде айтарлықтай өзгеріс бермеді. Барлық сорттардың дәндерін хлорлы кадмийдің 0,01 % ертіндісімен бір мәрте өңдеу жүргізілді.

Қазақстанская 3 сортының хлорлы кадмий және хлорлы цинктің 0,01 %

ертінділерімен өңделген дәнінің өскініндегі меристемалық клеткалардың бөліну белсенділігін зерттеу үшін, бақылау сорты мен әрбір варианттарынан 500–ден астам клеткаларға цитологиялық талдау жүргізіліп, митоздық индекс есептелді. Химиялық қосылыстармен өңделген варианттардың ішінде хлорлы цинктің 0,01 % ертіндісіндегі клеткалардың бөлінуінің орташа белсенділігі ( $4,75 \pm 0,05$ ) хлорлы кадмиймен өңдегенге ( $2,25 \pm 0,02$ ) қарағанда жоғары болды (кесте А-1). Клетканың бөліну белсенділігі екі вариантта да, бақылаумен ( $6,61 \pm 0,02$ ) салыстырғанда төмен көрсеткіштерімен сипатталды (1-кесте).

Кесте 1. Хлорлы кадмий мен хлорлы цинктің концентрациясына байланысты Қазақстанская 3 сортының меристемалық ұлпасындағы клетканың митоздық белсенділігі

Тәжірбие	Қаралған клеткалар саны	Көрінген митоздар	Митоздық индекс пайызы	Митоз кезеңі					
				профаза		метафаза		анафаза	
				саны	%	саны	%	саны	%
Бақылау	523	177	$6,61 \pm 0,02$	102	0,19	46	0,08	29	0,05
ZnCl <sub>2</sub> 0,01	654	127	$4,75 \pm 0,05$	63	0,09	26	0,03	38	0,05
CdCl <sub>2</sub> 0,01	549	86	$2,25 \pm 0,02$	15	0,02	31	0,05	40	0,07
CdCl <sub>2</sub> + ZnCl <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ZnCl <sub>2</sub> + CdCl <sub>2</sub>	589	70	$0,54 \pm 0,03$	35	0,05	24	0,04	11	0,01

Бұл химиялық қосылыстардың бір қатардағы тұздарға жатуына қарамастан, клетканың бөлінуіне әртүрлі әсер ететіндігі байқалды. Хлорлы цинктің әсерінен клетканың бөліну белсенділігі жылдамдаса, ал хлорлы кадмийдің әсерінен клетканың бөліну қарқыны тежелді, яғни оның өсімдікке зиянды әсері бар. Сонымен қатар, бірлескен екі тұздың өсімдікке әртүрлі бағыттағы әсері байқалды: бірінші бағытында – тұқымды алдымен хлорлы кадмийдің судағы ертіндісімен 5 сағат өңдегеннен кейін, дистильді сумен шайылып, қосымша 5 сағат хлорлы цинктің ертіндісінде ұсталды. Екінші бағытында, керісінше, өндеуге алдымен хлорлы цинк алынды. Екі бағыттағы өндеудің біріншісі өсімдікті өсірмей тастаса, екіншісі клетканың бөліну белсенділігін тежеді.

Тәжірибеде қолданған хлорлы кадмийдің 0,01 % концентрациясы меристемалық клетканың бөлінуінде аберрациялар тудырды: екі-үш ядролы және ядросыз клеткалар, хромосомадағы ахроматин жіпшелерінің бұзылуы, анафазадағы көпірлер, сақиналар.

Хлорлы кадмийдің әсерінен Қазақстанская 3, Шағала сорттарының М2 ұрпағында вегетациялық кезеңі бақылауға қарағанда 15–17 күнге кешікті.

Шағала және Қазақстанская 3 сорттарының М3 және М4 ұрпақтарында вегетациялық кезеңінің ұзақтығы бақылау вариантымен салыстырғанда 2–3 күнге кешеуілдеді. Өсімдіктің онтогенездегі өсіп жетілуінің тежелуі ұрпақтан — ұрпаққа тұрақты берілгенімен, оның бұл қасиеттерінің көріну шегі сыртқы орта жағдайына бағынышты екендігі көрінді.

Тек, Лютесценс 32 сортының өзгерген өсімдігінің масақтану және пісу

кезеңдері алғашқы сортпен бірдей болды. Бірде бір мутантты линиялардың толық пісіп–жетілу кезеңі бақылау сорттарымен салыстырғанда ерте басталмады.

Мутантты линиялардың M2-M4–тегі масақтану және пісу уақытына фенологиялық бақылау нәтижесінде, өсімдіктердің даму жылдамдығы алғашқы сорттармен салыстырғанда кеш пісетіні байқалды. Ерте пісетін мутанттарға қысқа сабақты скверхедтер, компактоидтар, мұртшалы, мұртшасыз сирек масақтылар, ал кеш пісетіндерге (4–8 күнге) цилиндр және тығыз масақты линиялар жатты. Сонымен, кадмий тұзының әсерінен жұмсақ бидай дәндерінің өніп - жетілуі бақылау варианттарымен салыстырғанда M1-M2 ұрпақтарында 1–2 аптаға тежелсе, ал M3-M4 ұрпақтарында 3–4 күнге тежелді.

Тәжірибе варианттарының дәнінің өнуі мен өсіп — жетілуі генотиптің ерекшелігіне және орта жағдайына бағынышты. Ауыр металл тұзының әсері тек бір кезеңді қамтымай, барлық кезеңде өсімдіктің өсіп дамуына әсерін тигізетіні тәжірибе барысында дәлелденді.

Селекция моделі үшін жылдам пісетін, ауруға төзімді, өнімді, сапасы жоғары сорттарды шығару үшін сандық және сапалық белгілердің генетикалық табиғатын әртүрлі селекциялық параметрлерді комплексті зерттеу арқылы ғана жоғары нәтижеге жетуге және алғашқы құнды материалды будандастыру үшін сұрыптап алуға болады. Мұндай құнды сорттар түрлері мен әртүрлі гендер жүйесі бойынша изогенді линиялар еліміздің жұмсақ бидайдан гендік қорын жинақтауға мүмкіндік береді (Foy, 2005: 511–566; Cable, 2002: 129–13; Kihara, 2000:19–24).

Казахстанская 3 және Шағала сорттарынан өзгерген белгілерімен өсімдіктерді алғашқы сорттармен, талдаушы будандастыру жүргізілді. Казахстанская 3 сортының зерттелген белгілерінің өзгерген және қарапайым өсімдіктерге ажырауы 1:1 болып,  $F_2$  ұрпағындағы 3:1 қатынасында ажырауы мутантты белгілердің моногенді тұқым қуалайтындығын дәлелдейді.

Шағала сортының тығыз масақты және жапырақ құлақшасының қоңыр қошқыл түсімен өсімдіктерін алғашқы сортпен талдаушы будандастыру нәтижесінде, қалыпты және өзгерген өсімдіктердің шығуы 1:1 болып,  $F_2$  – де 3:1 қатынасына ажырады, яғни мутантты белгі моногенді, доминантты тұқым қуалайды. Керісінше, сабақтың түптенуі мен масақтың ұзаруынан талдаушы будандастыру нәтижесі 3:1 қатынасына, ал  $F_2$  популяциясындағы ажырау 15:1 және 13:3 қатынастарын көрсетті (2-кесте).

Бұдан, мутантты линиялардың келтірілген белгілерінің күрделі, аллельді емес гендердің әсерінен (полигенді және эпистазды) тұқым қуалайтындығы табылды.

Шағала сортынан өзгерген ұзын (16 см), тығыз масақты (0,80) өсімдікті бақылау сортының (0,50) призма тәрізді өсімдігімен будандастыру нәтижесінде, оның жаздық типі ( $v_{rn}$  генінен) күздік типіне ( $V_{rn}$  геніне) ауысқаны анықталды. Жаздық егістікте масақтанбай түптену қалпында қалған өсімдік саны төртеу болса, оның біреуі масақтанып, өнім берді.

Кесте 2 - Қазақстанская 3 және Шағала сорттарынан өзгерген белгілердің,  $BC_1$ ,  $F_2$  ұрпақтарындағы ажырауы

Мутанттардың формалардың белгілері	Мутанттар мен қарапайым өсімдіктердің қатынасы					
	$BC_1$			$F_2$		
	Фактілік	Теориялық	$\chi^2$	Фактілік	Теориялық	$\chi^2$
Линия Л1						
Масақтың ұзындығы	27:25	1:1	0,06	188:57	3:1	0,40
Мұртшасыз масақ	32:29	1:1	0,04	168:48	3:1	0,89
Қоңыр қошқыл сабақ	10:13	1:1	0,20	126:32	3:1	1,89
Жапырақтың түктілігі	8:10	1:1	0,20	112:28	3:1	1,87
Линия Л3	22:20	1:1	0,90	118:31	3:1	1,38
Сабақтың тізеленуі						
Сабақтың түптену саны	45:13	3:1	0,20	120:5	15:1	1,14
Масақтың ұзындығы	45:18	3:1	0,42	223:51	13:3	0,00
Жапырақ құлақшасының қоңыр қошқыл түсі	19:23	1:1	0,38	97:29	3:1	0,26
Тығыз масақты	33:31	1:1	0,06	85: 54	3:1	1,38

Өздігінен тоздандыған өзгерген өсімдіктің ұрпағы күздік егістікте жаппай масақтанғанына қарағанда Шағала сортының даму жылдамдығына жауапты ген гетероаллельді  $-Vrn_1Vrn_1vrn_2vrn_2$  генотипінен тұратындығын, яғни Шағала сортының әрі күздік әрі жаздық жағдайға бейімделген даму типімен ерекшеленетіндігін дәлелдейді.

Сонымен, кадмий тұзының әсерінен Қазақстанская 3 сортынан шыққан мутантты өсімдіктердің генотипі мен өзгерген белгінің доминантты тұқым қуалауы талдаушы будандастыру нәтижесінде белгілі болса, ал  $F_2$ -де мутантты белгілердің неше генмен тұқымқуалайтындығы анықталды.

Шағала сортының тәжірибе вариантында  $F_2$  ұрпақтағы ажырау сабақтың түптенуінен 15:1, масақтың ұзындығынан 13:3, ал масақтың тығыздылығынан 9:7 қатынастарына сәйкес келіп, аллельді емес гендердің күрделі тұқым Шағала және Қазақстанская 3 сорттарының М1 мутантты белгілерінің (сабақтың буынының жуандануы, сабақтың тізеленуі, түптенуі, дәннің формасы, масақтың түсі, мұртшалылығы) қасиеті реципрокты будандастырудың бағытына байланыссыз өзгермей тұқым қуаладықуалайтындығы байқалды.

Өсімдіктердің даму типтерін экспериментальды түрде күздік және жаздық типке дәлдікпен шектеу қиынға соғады. Көбінесе бұл шек тәжірибе өтетін орта жағдайына байланысты бидайдың вегетациялық кезеңінің ұзындығымен анықталады. Бұл шек ауа-райы жағдайына байланысты ауытқып отырады. Сондықтан, жаздық және күздік шегін дәлдікпен анықтайтын экспрессивтілігі төмен  $Vrn2$  генінен жаздық бидай сортын экспериментке қолданып, алғашқы сабақтану кезеңін анықтау қажет. Жаздық бидай сортының генотипі кез-келген доминантты  $Vrn$  гендерімен анықталады, ал күздік сорттар барлық доминантты локустардың  $/Vrn1 Vrn1 Vrn2 Vrn2 Vrn3 Vrn3 Vrn4 Vrn4/$  рецессивті аллельдерімен анықталады (Larchenko, 2000).

Келесі маңызды жүйе — *ppd* локусы /*photoperiod*-фотопериодтық күннің ұзақтық өзгерісіне әртүрлі әсері/. *Vrn* генотиптері белгілі-бір орта жағдайында даму жылдамдығы бойынша әртүрлілікті қамтамасыз етеді. Сонымен қатар яровизация мен фотопериод реакциясына байланысы жоқ генетикалық әртүрліліктің бөлігі бар екендігі анықталды. Ол *Vrn* және *ppd* локустары бойынша белгілі бір генотиптің 4 күннен 10 күнге дейінгі аралықтағы айырмашылықты анықтайтын жүйе, яғни генотипке тән даму жылдамдығы деген ұғым. *Vrn* жүйесінен рецессивті локустар *Vrn1*, *Vrn2* және *Vrn3* түпкілікті зерттелген гендер. Олар яровизациялық реакцияны анықтайды, күздік сорттарға тән және *ppd* гендерінен әртүрлі болады (3-кесте).

*Vrn* гендері бойынша бір немесе бірнеше доминантты аллельдерден тұратын жүйе төменгі температураға яровизациялануды жартылай немесе толық тежейді. Мұндай генотиптерге жаздық сорттар тән, олар да фотопериод жүйесі бойынша айырмашылығы бар. Екі генетикалық жүйеден /даму типі *Vrn* - фотокезең *ppd*/ тұратын генотиптер екі жақтылық қасиет көрсетеді, әрі күздік, әрі жаздық даму типін сипаттайды. Мұндай гомозиготты генотипке *Vrn2* локусы бойынша доминантты, ол басқа локустардан екі система бойынша да рецессивті гендер тән - *Vrn1 Vrn2 Vrn3 ppd1 ppd2 ppd3* (Kihara, 2000).

Кесте 3.- Селекцияда будандастырылған сорттардың өскен күннен бастап, масақтануға дейінгі вегетациялық кезеңі

Сорттар	Себу күні	Өскіннің шығу күні	Бидайдың масақтану күні
Қазақстан 3	15.04	21.04	12.06
Қазақстан мутант 3	15.04	21.04	10.06
Линия 1	15.04	21.04	14.06
Шағала	15.04	21.04	14.06
Линия 2	15.04	21.04	21.06
Линия 3	15.04	21.04	21.06

Көптеген авторлардың айтуынша, (Omirbekova, 2009; Shulembaeva, 2016: 19–23; Shulembayeva және т.б., 2014: 6–10; Pathirana 2012: 107–125; Roychowdhury, 2013: 149–187). *Vrn1* геніне тұратын сорттар яровизациялануды қажет етпейді, жылдам піседі. Қазақстан 3, Линия 1, Линия2 сорттары *Vrn1* генінен тұрады, яғни бұл локус жылдам пісуді анықтайды, алайда олар 21-ші маусымда масақтанды [3Л кесте], ал қалған сорттардың ерте піскені көрінді. Сірә бұл сорттарда масақтануды тежеп отыратын *ppd* гені болуы мүмкін. *ppd* локусы фотокезеңді көрсетеді. Бұл кезең күннің ұзақтығына байланысты өсіп шығу, масақтану кезеңдерін тежеуге әсер ететін ген. Кез- келген сортқа әсер етпейді. *ppd* генінің әсері белгілі бір генотипке байланысты (Chunetova, 2008). Зерттеу нәтижесінде Қазақстан 3, Қазақстан мутант 3 сорттары *Vrn 1*, *Vrn 3* гендерінен тұрады. Ал, Шағала сорттары *Vrn1*, *Vrn2* гендерінен тұратындығы анықталды. *Vrn1*, *Vrn3* гендерінен тұратын сорттар жылдам пісетіндігін көрсетеді. Алайда, олардың бір-бірінен масақтану кезеңі бойынша өзгешелігі болды.

**REFERENCES**

- Armor V.A. Methods of field experiment. M.: Agropromizdat, 1985.351 p.
- Bogdanova E.D. Epigenetic variability induced by nicotinic acid. *Genetika*, 2003. Vol. 39. № 9. Pp. 1–6. (Bogdanova, E.D., Epigenetic Variation, Induced in *Triticum aestivum* L. by Nicotinic Acid., [Rus.J. Genetics, 2003. V.39, №. 9. Pp.1221–1227].)
- Bogdanova E.D. Effect of nicotinic acid on genetic variability in wheat // Abstr. Of the 18th Intern. Congr. of genetics (August 10–15, 1998). Beijing, China, 1998. P.140.
- Beibitgul Zhumabaeva *et al.* / OnLine Journal of Biological Sciences 2017, 17 (4): 335.342.
- Chunetova Zh.Zh., Omirbekova N.Zh., Shulembaeva K.K. Morphogenetic variability of soft wheat varieties induced by CdCl<sub>2</sub> // *Genetics*, 2008. T.44, №11. Pp. 1503–1507.
- Cable V.V. Rajuse L.M. Walker-Simmons M.K., Jones S.S. Mapping of abscisic acid responsive genes and a Vpl to chromosomes in wheat and *Lophophjrum elongatum* // *Genome*. 2002. -Vol.37. № 1. - P. 129–13.
- Foy C.D., Chaney R.L., White M. The physiology of metal toxicity in plants, *Ann Rev Plant Physiol. J.*, 2005. 29. Pp. 511–566.
- Gomes-Arroyo S., Cortes-Eslava J., Bedolla-Cansino R.M. and all. Sister chromatid exchange induced by heavy metals in *Vicia faba* // *Biologia Plantarum*, 2001. 44 (4). Pp. 591–594.
- Kihara H. Cutologische und genetische Studien bei wichtigen Getreidearten mit besonderer Rücksicht auf das Verhalten der Chromosomen und Sterilitat in den Bastarden. - *Ven. Coll. Sc. Kusto JmP. Univ 1.1* -2000.19–24.
- Larchenko E.A., Morgun V.V. Comparative analysis of hereditary variability of plants during mutagen treatment of generative cells and maize seeds // *Tsitol Genet.* 2000. T.34. № 4. Pp.17–19.
- Larchenko E.A., Morgun V.V. Comparative analysis of hereditary variability of plants during mutagen treatment of generative cells and maize seeds // *Tsitol Genet.* - 2000. - T. 34. №4. Pp.16–20.
- Omirbekova N.Zh. Evaluation of the effect of CdCl<sub>2</sub> on the anatomical structure of soft wheat (*Triticum aestivum* L.) // *Bulletin of KazNU, Ecological series*, No. 1 (24) 2009. Pp. 83–89.
- Pathirana R. Plant mutation breeding in agriculture. In: Hemming D., ed. *Plant sciences reviews* 2011. Cambridge: CABI, 2012. Pp.107–125.
- Rappoport I.A. Discovery of chemical mutagenesis. Selected works. Moscow: Nauka, 1993. 268 p.
- Roychowdhury R., Tah J. Mutagenesis - a potential approach for crop improvement. In: Hakeem K.R., Ahmad P., Ozturk M., ed. *Crop improvement: new approaches and modern techniques*. New York (NY): Springer, 2013. Pp.149–187.
- Shulembaeva K.K., Chunetova Zh.Zh., Zhussupova A.I. Distant and intraspecific hybridization, induced mutagenesis in soft bread wheat. *International Journal of Biology and Chemistry*, 2016. 9 (1). Pp.19–23.
- Shulembayeva K.K., Chunetova Zh.Zh., Dauletbayeva S.B., Tokubayeva A.A., Omirbekova N.Zh., Zhunusbayeva Zh.K., Zhussupova A.I. Some results of the breeding and genetic studies of common wheat in the south-east of Kazakhstan // *International Journal of Biology and Chemistry*, 2014. 2 (6). Pp. 6–10.
- Tokubayeva A.A., Shulembaeva K.K., Zhanayeva A.B. Cytological analysis of distant hybrids of the soft wheat. *International Journal of Biology and Chemistry*, 2013. 6 (2). Pp. 26–29.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227  
Volume 345, Number 1 (2023), 24–32  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.181>

UDC 582.623.2+574.34

© M.G. Kairova<sup>1\*</sup>, P.V. Vesselova<sup>2</sup>, G.M. Kudabayeva<sup>2</sup>, G.T. Sitpayeva<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup>Botanical garden of Astana city, Astana, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: markaigai@mail.ru

## POPLAR SPECIES IN KAZAKHSTAN AND SOME GENOTYPING PROBLEMS

**Kairova M.G.** — Candidate of Biological Sciences. Head of laboratory of Biotechnology in the Botanical garden of Nur-Sultan city, 16 Orynbor str., 010000, Nur-Sultan

E-mail: markaigai@mail.ru, orcid.org/0000-0002-6858-663X. +7(702) 105-18-34;

**Vesselova P.V.** — Candidate of Biological Sciences. Head of laboratory of the flora of higher plants in Institute of Botany and Phytointroduction, 36D Timiryazev str., 050040, Almaty

E-mail: pol\_ves@mail.ru;

**Kudabayeva G.M.** — Candidate of Biological Sciences. Leading researcher in laboratory of the flora of higher plants. Institute of Botany and Phytointroduction, 36D Timiryazev str., 050040, Almaty

E-mail: kgm\_anita@mail.ru;

**Sitpayeva G.T.** — Doctor of Biological Sciences, Executive Director of the Institute of Botany and Phytointroduction, 36D Timiryazev str., 050040, Almaty

E-mail: sitpaeva@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4614-6155>.

**Abstract.** The exact number of poplar species, its varieties and hybrids that are cultivated and found in the natural conditions of Kazakhstan is not known. From our brief literature review of scholarly articles and with the exclusion of synonymous species names, we can conclude that 13 species of poplar can be found on the territory of Kazakhstan. Among them, the five species *P. talassica* Kom, *P. pilosa* Rehd., *P. diversifolia*, as well as the Red Data Book poplar *P. berkarensis* and *P. pruinosa* have got the Central Asian origin. Despite the rapid declining populations and the growth areas for the gray-leaved turanga *P. pruinosa* and the heterophyllous *P. diversifolia*, our scientists have not carried out extensive biological and molecular genetic studies of these native poplar species. The PCR products of ITS regions were obtained with size of 600 bp for poplar *P. diversifolia*, *P. pruinosa* and uncertain hybrid *P. diversifolia* x *P. pruinosa*. It is interesting that two ITS regions with sizes of 600 and 650 bp were detected in DNA samples isolated from poplar *P. diversifolia*. This fact suggests the existence of hybrid clones of *P. diversifolia* carrying the sum of major rDNA unit types of the two parental species.

**Keywords:** poplar, desert species, turanga, PCR, genotyping, internal transcribed spacer

**Acknowledgements.** These researches carried out by grant financing project



AP09258929 Prospects using correlation features between a land interruption and anthropophilic element composition of the flora for predictive purposes in the desert part of the Syrdaria valley.

© М.Ж. Каирова<sup>1\*</sup>, П.В. Веселова<sup>2</sup>, Г.М. Кудабоева<sup>2</sup>, Г.Т. Ситпаева<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup>Астананың ботаникалық бағы, Астана, Қазақстан;

<sup>2</sup>Ботаника және фитоинтродукция институты, Алматы, Қазақстан.

E-mail: markaigai@mail.ru

## ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТЕРЕК ТҮРЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ГЕНОТИПТЕУ МӘСЕЛЕСІ

**Аннотация.** Қазақстан аумағында өсірілетін және табиғи жағдайда кездесетін теректің гибридтары, будандары мен түрлерінің нақты саны белгісіз. Әдебиет деректеріне қысқаша шолу жасап және түрлердің синонимдік атауларың алып тастағанда, Қазақстан аумағында теректің 13 түрі кездесетінін айтуға болады. Олардың ішінде 5 түрі *P. talassica* Kom, *P. pilosa* Rehd., *P. diversifolia* және қызыл кітапқа енетін *P. berkarensis* және *P. pruinosa* ортаазиялық елдерде кездесетін түрлер. Сұр жапырақты туранга *P. pruinosa* мен гетерофилді *P. diversifolia* өсімдіктерінің мекендеу орындарының тез қысқаруына қарамастан, ғалымдар осы аборигенді түрлеріне жалпы биологиялық және молекулалық генетикалық зертеулерің атқарған жоқ. ITS региондардың амплификациясы нәтижесінде нақты анықталмаған гибридті *P. diversifolia* x *P. pruinosa* және *P. diversifolia*, *P. pruinosa* түрлерінде 600 bp ұзындығымен фрагменттер пайда болды. *P. diversifolia* түрінің ДНҚ үлгілерімен қойылған ПТР мөлшерлері 600 және 650 bp екі ITS региондар болуын көрсетті. Бұл нәтиже *P. diversifolia* түрінде гибридті клондар және олар жалпы екі ата аналық формаларының негізгі rDNA бірліктерің тасымалдайтының білдіреді.

**Түйін сөздер:** терек, шөлді түрлер, туранга, ПТР, генотиптеу, ішкі транскрипцияланған аралық

© М.Ж. Каирова<sup>1\*</sup>, П.В. Веселова<sup>2</sup>, Г.М. Кудабоева<sup>2</sup>, Ситпаева Г.Т.<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup>Астанинский ботанический сад, Астана, Қазақстан;

<sup>2</sup>Институт ботаники и фитоинтродукции, Алматы, Қазақстан.

E-mail: markaigai@mail.ru

## ВИДЫ ТОПОЛЯ В КАЗАХСТАНЕ И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ГЕНОТИПИРОВАНИЯ

**Аннотация.** Неизвестно точное количество видов, разновидностей и гибридов тополя, которые культивируются и встречаются в естественных условиях Казахстана. Из краткого обзора литературных данных и при

исключении синонимичных видов следует, что на территории Казахстана встречаются 13 видов тополя. Из них средне-азиатское распространение имеют 5 видов: *P. talassica* Kom, *P. pilosa* Rehd., *P. diversifolia*, а также краснокнижные тополь *P. berkarensis* и *P. pruinosa*. Несмотря на стремительное сокращение ареалов произрастания туранги сизолистной *P. pruinosa* и разнолистной *P. diversifolia*, учеными обширных биологических и молекулярно-генетических исследований аборигенных видов не проведено. При амплификации ITS регионов получены продукты размером 600 bp для *P. diversifolia*, *P. pruinosa* и не определенной гибридной формы *P. diversifolia* x *P. pruinosa*. ПЦР с ДНК образцами, выделенными из *P. diversifolia* показала наличие двух ITS регионов, размерами 600 и 650 bp. Этот факт указывает на существование гибридных клонов *P. diversifolia*, несущих суммарное число основных единиц rDNA обеих родительских форм.

**Ключевые слова:** тополь, пустынные виды, туранга, ПЦР, генотипирование, внутренний транскрибируемый спейсер

### Introduction

More than 75 % of the territory of Kazakhstan is dry arid and semi-arid lands with a sparsely forested and treeless landscape and an extreme continental climate. All these features determine the weak resistance of the natural environment to the negative impact of anthropogenic factors such as the irrational use of land for livestock and pasture (excessive grazing) farming, the construction and industrial development, expansion of transport and engineering infrastructures, illegal logging and uprooting of forest trees. The processes of land degradation and desertification that are the main threat to the socio-economic development of many countries will arise and cause ecological imbalance. The way to improve and restore natural ecosystems is to increase the area of green spaces, which has a beneficial effect on the climate of the entire region (Lyubimov, 2002: 497).

Due to their fast growth rates, high stress tolerance, vegetative propagation, number species of poplar *Populus* spp. from the family *Salicaceae* Mirb. are cultivated worldwide. According to L.V. Komarov' classification, poplar is distinguished onto 30 species, which are included in three subgenera *Turanga* Bge., *Leuce* Duby and *Eupopulus* Dode. Many arborists use the Guinier's division of species into 5 sections including *Turanga* section. Scientists showed a presence of 20 to almost 110 tree species in the genus *Populus* L.

The degree of their evolutionary similarity has been established at the level of subgenera of *Populus* L. However, the identification of poplar species is difficult due to the well-known interspecific hybridization and high variability of morphological characters (Galdina, 2018: 5). Many various PCR methods are used, such as RAPD, SSR, AFLP, SNP, to differentiate a species and clones of poplar. The nuclear and chloroplast DNA regions, including ribosomal internal transcribed spacer are used to DNA barcoding of poplar species (Feng., 2013: 8). Although it was impossible to distinguish some poplar taxa from the sections *Aigeiros* (Aegiri)

Duby and *Tacamahaca* Spach., in the genetic analysis of the intergenic spacer trnH-psbA and ITS region (Nasimovich, 2019: 41).

Despite the fact that poplars are widely used in landscaping and forest protection, their species composition is poorly studied in Kazakhstan. Poplar *P. bolleana*, *P. nigra*, and *P. deltoides* cultivars were introduced in Central Asia and Kazakhstan in during the soviet union period and cultivated in plantations (Thevs, 2021: 3). In this time, *P. nigra* var. *pyramidalis* (Roz.) Celak) is the most distributed tree species in this region. In the earlier *P. pyramidalis* Rozier was planted across only in the south and south-eastern Kazakhstan but now the typical poplar is meeting along with greening trees in the northern capital Nur-Sultan city (Obezinskaya, 2018). In addition, in the northern regions, balsam poplar *P. balsamifera* L. is used in field-protection forest-lines and for landscaping. This species, along with white poplar and laurel poplar *P. laurifolia* Ledeb. and canadian poplar *P. canadensis* Moench are recommended for landscaping of the Zhezkazgan industrial region. Due to the high degree of plant survival, poplar trees are successfully used in the phytoremediation of coal deposits and industrial dumps.

By the classification of S.K. Cherepanov, poplar *P. nigra* var. *pyramidalis* and *P. pyramidalis* are synonymous names for the generally accepted *P. italica* (DuRoi) Moench, while the species *P. canadensis* and Bolle's poplar are synonyms for *P. deltoides* Marsh. and *P. alba* L., respectively (Cherepanov, 1995: 2). White poplar is widely distributed tree throughout the southeastern Kazakhstan and is introduced in the Zhezkazgan Botanical Garden. In between 1951–1976 years in studies of more than 200 species of trees and shrubs, *P. alba* turned out to be the most promising an introduced tree in the West Kazakhstan region. There were Lyubimov V.B. with his colleagues carried out the selection and mobilization of introduced species, including representatives of the native flora on the Mangyshlak Peninsula. As a result, new methods of generative and vegetative propagations of turanga poplars, willows (*Salix* L.) and salt cedar (*Tamarix* L.) have been developed (Lyubimov, 2002: 497).

The floodplain forests of the large rivers Ural, Ishim, Tobol and Irtysh contain white poplar, black poplar and *P. tremula* L. (synonym *P. pseudotremula* N. Rubtz.) (Cherepanov, 1995: 2). In afforestation, hybrid forms of poplar obtained by crossing the species *P. tremula* and *P. alba* are common used (Lebedeva, 2017: 1). The dendroflora of the Ile-Alatau State National Natural Park (IA SNNP) includes Talas poplar *P. talassica* Kom. (synonym *P. densa* Kom., *P. kanjilaliana* Dode), *P. tremula*, white poplar, black poplar, *P. canescens* (Ait.) Smith and Italian poplar *P. italica* (Ivashchenko A.A., 2015: 42). The Central Asian species *P. talassica* is distributed in the floodplain forests of Zhetysu Alatau and Kungei Alatau (Dimeyeva, 2018: 4). In the Kazakh uplands and on the territory of the Burabay State National Park (Akmola region), trembling poplar *P. tremula* L. is also found (Sultangazina, 2015: 10). This type of aspen, as well as white and black poplars *P. nigra* (synonym *P. nigra* var. *sosnowskyi* (Grossh.) Makaschvili) are found in phytocenoses of East Kazakhstan (Cherepanov, 1995: 2).

In the arid region of Kazakhstan, Tugai forests usually stretch along the rivers and streams and consist of willows *Salix* L., birches *Betula* L., and turanga poplars (Eastwood, 2009: 27). In the flora of rare species of the Markakol State Nature Reserve (SNR) in the East Kazakhstan region, along with endemics, there is also a nemoral relic *P. pilosa* Rehd (Yashchenko, 2006: 25). In the Red Data Book of Kazakhstan, Berkarin poplar *P. berkarensis* Poljak., rare species in the Karatau State Nature Reserve (Turkestan region), as well as gray-leaved (gray) poplar *P. pruinosa* Schrenk are indicated (Krasnaya kniga Kazakhskoï SSR, 1981: 2). If Berkarin poplar is a narrow endemic and included in the Red Data Book of Woody Plants in Central Asia, then gray-leaved poplar is classified as a species that is close to be threatened (Near threatened NT) (Eastwood, 2009: 27). It should be noted that the turanga forest of *P. pruinosa* with an admixture of Aryan poplar *P. ariana* Dode has been preserved only in reserve Tigrovaya Balka locating in Tajikistan Republic (Yashchenko, 2006: 25).

When mapping the delta lakes of the Syrdaria River, alluvial tugai were found with blue-leaved turanga *P. pruinosa* Schrenk and *P. diversifolia* Schrenk. Russian scientists believe that the northern border of the relict turanga *P. diversifolia* passed in Central and Eastern Kazakhstan. It has been shown that the Azutau population of turanga grows near the Bulgar Tabata mountains and has an area of 0.5 ha, as well as a turanga grove in the Northern Prezaisan, on the southwestern slope of the Kara-Biryuk mountain (Kupriyanov, 2009: 3). In general, there are gallery forests communities consisting of trees *P. laurifolia*, *P. canescens*, *P. tremula*, and *Betula pendula* L. within the river valleys of the Azutau Ridge (Southern Altai).

Thereby, various species of poplar *Populus* spp. due to their rapid growth, high stress resistance and vegetative propagation, have great socio-economical and ecological significance. The goal of researches is to preview how many poplar species distribute in Kazakhstan and to investigate a nuclear DNA by PCR technique for further differentiation of desert species growing around the Syrdaria River.

*Experimental.* Determining the exact natural location of plant species carried out by using GPS devices (Global Positioning System).

Plant samples of *P. diversifolia*, *P. pruinosa* and uncertain hybrid *P. diversifolia* x *P. pruinosa* collected from populations locating in the desert part of Syrdaria river belonging to South-Kazakhstan region. The DNA isolation, gel electrophoresis technique, PCR amplification carried out according to commonly known methods of molecular biology (Doyle, 1987: 5). Isolation of genomic DNA from plant samples is carried out in 3–5 replicates by using commercially available kit DNeasy Plant MiniKit (Qiagen, Germany). Separation of plant DNA samples and PCR products is carried out by gel electrophoresis in 0.9–1,2 % of agarose (Amresco, USA) with a current supply of 100–120 V. Ethidium bromide as an intercalating dye (Sigma, USA) is added to visually assess a quality and quantity of DNA samples and PCR products.

DNA amplification is carried out using the universal primers (Sigma) specific to ITS1 and ITSII regions, and adding the Taq DNA polymerase (ThermoScientific,

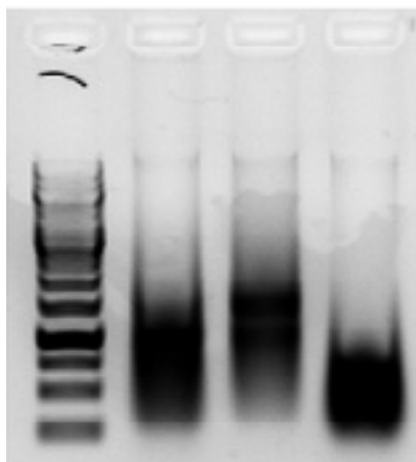
USA) and a solution of dNTPs in PCR-mixture (Kairova, 2021: 5). The polymerase chain reaction is carried out on thermal cycler Mastercycler pro from the manufacturer Eppendorf company.

### **Results and discussion**

Poplar has been of most interest for the wood processing industry, it is used for diversifying farming system, in field protection, river bank protection, for increasing forest cover and for landscaping cities. Solving the issues of the current state of rare and endangered species, determining the boundaries of their distribution, developing recommendations is of great importance for the conservation of biodiversity and the sustainable use of natural resources.

The exact number of poplar species, varieties and hybrids that are cultivated and found on the territory of Kazakhstan is still not known. From our brief literature review of scholarly articles and with the exclusion of synonymous species names, we can conclude that 13 species of poplar can be found on the territory of Kazakhstan. Among them, the five species *P. talassica* Kom, *P. pilosa* Rehd., *P. diversifolia*, as well as the Red Data Book poplar *P. berkarensis* and *P. pruinosa* have got the Central Asian origin (Yashchenko, 2006: 25).

The quality of nucleic acids samples from poplars were visual evaluated by using an agarose-gel electrophoresis technique and as shown on the figure 1, concentration of DNA was low compare to easier bands of RNA molecules.



*Fig. 1.* - Separation of nucleic acids from poplars in 0.9 % agarose-gel

In afforestation, the two poplar species *P. diversifolia* and *P. pruinosa* are often not distinguished by forest inventory, and therefore the reduction of their habitats is still continued (Stikhareva, 2021: 14). Clarifying taxonomical status species and subspecies of *Populus* is difficult by morphological data and molecular markers should be used to correct identifying an endangered species. Number researchers use ribosomal regions in phylogenetic studies of *Populus* species (Feng, 2013:

8). Nuclear ITS region is applicable for identification of the broadest possible taxonomic groups. On the figure 2 showed the obtained amplified DNA fragments for *P. diversifolia*, *P. pruinosa* and uncertain hybrid *P. diversifolia* x *P. pruinosa*. Optimization of  $Mg^{2+}$  concentration in PCR reactions was done for taking good amplified DNA fragments. In resulting, PCR with a mixture containing 3.5 mM  $MgCl_2$  and isolated DNA samples showed good visible amplicons compare to the PCR mix with 2.5 mM  $MgCl_2$ .

The PCR products of ITS regions were obtained with size of 600 bp for all of studied poplar samples. It is interesting that two ITS regions with sizes of 600 and 650 bp were detected in DNA samples isolated from poplar *P. diversifolia* (see track 4 in the fig. 2).

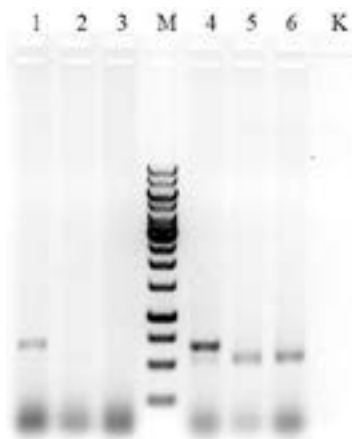


Fig. 2 - Optimization of  $Mg^{2+}$  concentration in PCR reactions: 1–3-PCR mix with 2.5 mM  $MgCl_2$  and 4–5-PCR mix with 3.5 mM  $MgCl_2$  for obtaining DNA fragments of *P. diversifolia*, *P. pruinosa* and uncertain hybrid *P. diversifolia* x *P. pruinosa*, respectively, K – negative control PCR mix without DNA

The 18S, 5.8S and 26S ribosomal RNA genes transcribed in 18S-5.8S-25S order (single operon) and with intergenic spacers (IGS) together named the rDNA or the 35S rDNA or 45S rDNA. The rDNA units are arranged as tandem repeats and loci located in different regions of chromosomes. Plants have vast numbers of rDNA copies and that multiple copy genes, up to about 10 000 could play a role in sensing DNA damage and in stress response (Matsunaga, 2013: 49). As we know, ITS regions is located on each side of the 5.8S rRNA gene. Therefore, according our results we can conclude that an amplification of ribosomal DNA has potential to discriminate between studied poplar desert species.

### Conclusions

Desert and Red Book Listed species of Turanga are of particular importance for natural ecosystems in the Central Asia. Exact number of poplar species, its varieties and hybrids that are cultivated and found in the natural conditions of

Kazakhstan is not known. From our brief literature review of scholarly articles and with the exclusion of synonymous species names, we can conclude that 13 species of poplar can be found on the territory of Kazakhstan. Among them, the five species *P. talassica* Kom, *P. pilosa* Rehd., *P. diversifolia*, as well as the Red Data Book poplar *P. berkarensis* and *P. pruinosa* have got the Central Asian origin. Other eight poplars are wide distributed and used in field-protection forest-lines and for landscaping.

Despite the rapid declining populations and the growth areas for the gray-leaved turanga *P. pruinosa* and the heterophyllous *P. diversifolia*, our scientists have not carried out extensive biological and molecular genetic studies of these native poplar species. Study of the morphology and genetics of the rare endemic tree *P. berkarensis* Poljak. was not precisely carried out. Therefore, it is necessary to study rare and endangered species that grow only in a certain area, since these species represent a unique genetic material, the loss of which is an irreparable loss.

The PCR products of ITS regions were obtained with size of 600 bp for poplar *P. diversifolia*, *P. pruinosa* and uncertain hybrid *P. diversifolia* x *P. pruinosa*. It is interesting that two ITS regions with sizes of 600 and 650 bp were detected in DNA samples isolated from poplar *P. diversifolia*. This fact suggests the existence of hybrid clones of *P. diversifolia* carrying the sum of major rDNA unit types of the two parental species. This investigation of ribosomal locus by PCR amplification allowed to find the variability between the studied species of *Populus* from the desert part of Syrdarya river. This is of particular importance in light of the increased degradation of pastures and vegetation in the arid zone of southern and southeastern Kazakhstan, where there is a further reduction in the habitats of natural populations of desert turanga *P. pruinosa*, the once common *P. diversifolia*, and the very rare endemic *P. berkarensis*. The use of the PCR method makes it possible to differentiate native poplar species growing in the arid zone and providing direction to the conservation management. In addition, genotyping of natural and cultivated species of *Populus* spp. will allow replenishing the international genetic database and further facilitating the identification of *P. diversifolia* and *P. pruinosa* species.

#### REFERENCES

- Cherepanov S.K., 1995. Vascular plants of Russia and adjacent states. Cambridge. Pp. 464-465 (in Russ.).
- Dimeyeva L.A., Sultanova B.M., Usen K., Kaliyev B.Sh., Ablaykhanov Ye.T., Imanalinova A.A., 2018. Rastitel'nost' dolin rek Zhetysuskogo Alatau. Mat. XVII mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii. Barnaul: Izd-vo AltGU. Pp. 54–57. ISSN 2313–3929 (in Russ.).
- Doyle J.J. and Doyle J.L., 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue. *Phytochemical bulletin*, 19: 11–15 (in Engl.).
- Eastwood A., Lazkov G. and Newton A., 2009. Red list of trees of Central Asia. Cambridge, Great Britany. 27 p. ISBI 9781. 903703 27 4 (in Engl.).
- Feng J., Jiang D., Shang H., Dong M., Wang G., He X., Zhao C., and Mao K., 2013. Barcoding poplars (*Populus* L.) from Western China. *PlosOne*, 8(8). e71710. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071710> (in Engl.).

Galdina T.E., Goncharova N.G., Gorlova A.K., Zhilenkova E.S., Kaloshin V.P., Samoshin S.E., 2018. The origin of gray poplar and its form. International J. of Applied and fundamental research, Issue 8: 74–78. <https://doi.org/10.17513/mjpf.12368>.

Ivashchenko A.A., 2015. Materialy k flore Ile-Alatauskogo natsional'nogo parka i prilegayushchikh territorii. Trudy Ile-Alatauskogo gos. nats. prirodnogo parka. Astana, Issue 1. Pp. 29–71. ISBN 978-601-7540-20-3 (in Russ.).

Kairova M., and Sitpayeva G, 2021. Sequencing conserved region of endangered species *Celtis caucasica* Willd. BIO Web of Conferences, 31(00009). <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213100009> (in Engl.).

Kupriyanov A.N., 2009. Sostoyaniye populyatsiy *Populus diversifolia* Schrenk na severnoy granitse areala. Mezhdunar. konfer. Biologicheskoye raznoobrazie i ustoychivoye razvitiye prirody i obshchestva. Part 1. Almaty. Pp. 60–62 (in Russ.).

Lebedeva M.V., Zhigunov A.V., Ulianich P.S., Voitsekhovskii D.M., Potokina E.K., 2017. Genotyping of population generated by *Populus tremula* x *P. alba* cross. Proceedings of the 4th international conference Plant genetics, genomics, bioinformatics and biotechnology (PlantGen). Almaty, P. 118 (in Engl.).

Lyubimov V.B., 2002. Ekologicheskoye osnovy teorii i praktiki introduktsii derev'yev i kustarnikov v aridnyye regiony. Dissert. na soisk. uch. st. Doct. biol. nauk. Voronezh, Russia. P. 497 (in Russ.).

Matsunaga S., Katagiri Y., Nagashima Y., Sugiyama T., Hasegawa J., Hayashi K., and Sakamoto T., 2013. New insights into the dynamics of plant cell nuclei and chromosomes. International review of cell and molecular biology, 305: 253–301. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-407695-2.00006-8> (in Engl.).

Nasimovich Yu.A., Kostina M.V., Vasilieva N.V., 2019. The concept of species in poplars (genus *Populus* L., Salicaceae) based on the example of the subgenus *Tacamahaca* (Spach) Penjkovsky representatives growing in Russia and neighbouring countries (genus *Populus* L., Salicaceae). Socialno-ecologicheskoye tekhnologii, 9(4): 426–466. <https://doi.org/10.31862/2500-2961-2019-9-4-426-466>.

Obezinskaya E., Librik A., Balakanova A., 2018. Ekologicheskaya otsenka sostoyaniya zelenykh nasazhdeniy obshchego pol'zovaniya g. Astany. Internat. scientific-practical conference «Aktual'nyye problemy ustoychivogo razvitiya lesnogo kompleksa», posv. 70-letiyu vysshego lesnogo obrazovaniya v Kazakhstane, Almaty. Pp. 129–133 (in Russ.).

Red Data Book of Kazakh SSR [Krasnaya kniga Kazakhskoi SSR]. 1981. Alma-Ata: Kainar, Part 2. Pp. 48–49 (in Russ.).

Stikhareva T., Ivashchenko A., Kirillov V., Rakhimzhanov A., 2021. Floristic diversity of threatened woodlands of Kazakhstan formed by *Populus pruinosa* Schrenk. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 45(2): 165–178. <https://doi.org/10.3906/tar-2006-70> (in Engl.).

Sultangazina G.Zh. (2015) Botaniko-geograficheskiy analiz flory prirodnogo parka Burabay. Vestnik Yevraziyskogo nats. universiteta imeni L.N. Gumileva. Astana, № 6 (109). Pp. 241–250. ISSN 2616–7034 (in Russ.)

Thevs N., Fehrenz S., Aliev K., Emileva B., Fazyzbekov R., Kentbaev Y., Qonunov Y., Qurbonbekova Y., Raissova N., Razhapbaev M., and Zikirov S., 2021. Growth rates of poplar cultivars across Central Asia. Forests, 12(3). <https://doi.org/10.3390/f12030373> (in Engl.).

Yashchenko R.V., 2006. Reserves of Central Asia and Kazakhstan. Protected natural areas of Central Asia and Kazakhstan. Almaty. Issue 1. Pp. 72–96 (in Russ.).



REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227  
Volume 345, Number 1 (2023), 33–42  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.182>

UDC 636. 1. 082

© **M.T. Kargayeva<sup>1</sup>, Kh.A. Aubakirov<sup>2</sup>, B.I. Toktosunov<sup>3</sup>, S.D. Mongush<sup>3</sup>,  
A.Kh. Abdurasulov<sup>5</sup>, D.A. Baimukanov<sup>6\*</sup>, 2023**

<sup>1</sup>Educational scientific and production center Baysyerke – Agro LLP,  
Almaty region, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Dulati Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Institute of Biotechnology of the National Academy of Sciences,  
Bishkek, Kyrgyzstan;

<sup>4</sup>Tuva State University, Kyzyl, Russia;

<sup>5</sup>Osh State University, Osh, Kyrgyzstan;

<sup>1</sup>Scientific and Production Center for Animal Husbandry and Veterinary Science  
LLP, Astana, Kazakhstan.

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

## **BIOLOGICAL FEATURES OF MILKING MARES OF LOCAL EURASIAN BREEDS**

**Makpal T. Kargayeva** — Candidate of Biological Sciences. Researcher at ESPC Baysyerke-Agro LLP. 3 Otegen Batyr str., Talgar District, Almaty Region. 041615. Kazakhstan

E-mail: [kargaevamakpal38@gmail.com](mailto:kargaevamakpal38@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7955-6340>;

**Khamit A. Aubakirov** — Candidate of Agricultural Sciences. Associate Professor of the Department of Biotechnology. Taraz Regional University named after M.Kh. Dulati. Taraz, Kazakhstan.

E-mail: [hamit\\_a57@mail.ru](mailto:hamit_a57@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2670-4834>;

**Bolot I. Toktosunov** — Doctor of Agricultural Sciences. Associate Professor. Senior Researcher at the Institute of Biotechnology of the National Academy of Sciences, Bishkek, Salieva str. 182/10

E-mail: [bolot\\_2020@mail.ru](mailto:bolot_2020@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2835-0438>;

**Sayana D. Mongush** — Candidate of Agricultural Sciences. Associate Professor at the Department of Agricultural Production Processing Technology. Tuvan State University, Republic of Tuva, Russia, [s.mongush@mail.ru](mailto:s.mongush@mail.ru),

E-mail: [s.mongush@mail.ru](mailto:s.mongush@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4838-0618>;

**Abdugani Kh. Abdurasulov** — Doctor of Agricultural Sciences. Professor. Head of the Department of Veterinary Medicine and Biotechnology. Osh State University, Osh, Kyrgyz Republic

E-mail: [abdurasul65@mail.ru](mailto:abdurasul65@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2835-0438>;

**Dastanbek A. Baimukanov** — Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Dr. Sci. (Agriculture), Chief Researcher of the Department of Animal Husbandry. Veterinary Medicine and Feed and Milk Quality Assessment. «Scientific and production center for animal husbandry and veterinary» LLP. Astana, Kazakhstan

E-mail: [dbaimukanov@mail.ru](mailto:dbaimukanov@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4684-7114>.

**Abstract.** The research aims to study the biological characteristics of milking mares of local breeds of horses in Eurasia. The objects of the study are the

Kazakh horse, the Kyrgyz horse, the Tuvan horse, and the Kazakh horse of the Adai offspring. The study of blood biochemical parameters of the Eurasian horses showed that the content of protein, albumin, and immunoglobulins corresponded to physiological norms. The ratio of phosphorus, calcium, and iron also corresponded to physiological norms. The concentration of urea and chlorides in mares also equals physiological norms. In mares, the content of glucose and cholesterol in the blood also corresponded to physiological norms. In the course of the research, it was found that for 105 days of lactation, the maximum milking capacity of mares was observed in Kyrgyz horses -  $1911.0 \pm 45.1$  kg and the Kazakh horses of the Adai offspring had a minimum of  $1659.0 \pm 25.8$  kg, and the commercial milk yield was, respectively in Kyrgyz horses  $892.5 \pm 15.8$  kg and Kazakh horses of the Adai offspring  $675.1 \pm 3.76$  kg. In Kazakh horses, the milking capacity was  $1648.5 \pm 36.8$  kg and in Tuvan horses  $1711.5 \pm 29.4$  kg, the commercial milk yield was  $724.5 \pm 9.2$  kg in Kazakh horses and  $640.5 \pm 7.9$  kg in Tuvan horses. The results of studies on the biochemical parameters of mare milk made it possible to determine the content of fat in Kazakh horses of  $1.8 \pm 0.07$  %, protein of  $2.0 \pm 0.06$  %, lactose of  $7.9 \pm 0.24$  %, ash of  $0.4 \pm 0.02$  %, at a milk density of  $33.9 \pm 0.37$  ° A. In mares of Kyrgyz horses during the lactation period, the fat content in milk was 1.7 %, protein 2.1 %, lactose 6.7%, and ash 0.39%. In milking mares of Kazakh horses of the Adai offspring, the fat content was 1.29 %, protein 2.27 %, lactose 6.21 %, and ash 0.38 %, milk density averaged  $32.40$ °A. Milking mares of the Tuvan horse had an absolute fat content of  $1.7 \pm 0.06$ %, protein  $2.05 \pm 0.04$ %, lactose  $6.9 \pm 0.21$  %, and ash  $0.36 \pm 0.03$  % in milk.

**Keywords:** Kazakh horse, Kyrgyz horse, Tuvan horse, blood biochemistry, milk yield, milk composition

**Ethics.** When conducting the research work, all the principles of scientific ethics are observed. No conflict of interests.

**Acknowledgment.** For the priority specialized direction of program-targeted financing for scientific, science and technical programs of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan "Smart Agriculture" IRN BR10865103 "Development and creation of evidence-based Smart Farms (herd horse breeding, beef cattle breeding) using various at least 3 digital solutions for each area".

© М.Т. Каргаева<sup>1</sup>, Х.А. Аубакиров<sup>2</sup>, Б.И. Токтосунов<sup>3</sup>, С.Д. Монгуш<sup>4</sup>, А.Х. Абдурасулов<sup>5</sup>, Д.А. Баймуканов<sup>6\*</sup>, 2023

<sup>1</sup>ЖШС «Байсерке-Агро оқу ғылыми-өндірістік орталығы»,  
Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup> М. Х. Дулати атындағы Тараз аймақтық университеті, Тараз, Қазақстан;

<sup>3</sup> Биотехнология институты Ұлттық Ғылым Академиясы,  
Бішкек, Қырғызстан;

<sup>4</sup>Тува мемлекеттік университеті, Қызыл, Ресей;

<sup>5</sup>ОШ мемлекеттік университеті, Ош, Қырғызстан;

<sup>6</sup> ЖШС «Мал шаруашылығы және ветеринария ғылыми-өндірістік орталығы»,  
Астана, Қазақстан.

E-mail: dbaimukanov@mail.ru

## **ЕУРАЗИЯНЫҢ ЖЕРГІЛІКТІ ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ САУЫН БИЕЛЕРІНІҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ**

**Аннотация.** Зерттеудің мақсаты Еуразияның жергілікті жылқы тұқымдарының сауын биелерінің биологиялық ерекшеліктерін зерттеу. Зерттеу нысаны - қазақ жылқысы, қырғыз жылқысы, Тува жылқысы және қазақ жылқысының адай тармағы. Еуразия жылқыларының қанының биохимиялық көрсеткіштерін зерттеу көрсеткендей, ақуыздың, альбуминдердің, иммуноглобулиндердің құрамы физиологиялық нормаларға сәйкес келді. Фосфор, кальций, темір құрамы да физиологиялық нормаларға сәйкес келді. Биелердегі мочевиная мен хлоридтердің концентрациясы да физиологиялық нормаларға сәйкес келді. Биелерде қандағы глюкоза мен холестериннің мөлшері де физиологиялық нормаларға сәйкес келді. Зерттеу барысында лактацияның 105 күнінде сауын биелердің максималды сүттілігі қырғыз жылқыларында –  $1911,0 \pm 45,1$  кг, ал ең төменгі көрсеткіштерде қазақ жылқысының адай тармағының  $1659,0 \pm 25,8$  кг, ал тауарлық сүт тиісінше қырғыз жылқыларында  $892,5 \pm 15,8$  кг және адай тармағы қазақ жылқыларында  $675,1 \pm 3,76$  кг құрағаны анықталды. Қазақ жылқыларының сүттілігі  $1648,5 \pm 36,8$  кг және тувалық  $1711,5 \pm 29,4$  кг, тауарлық сүттілігі қазақ жылқыларында  $724,5 \pm 9,2$  кг және тувалық жылқыларда  $640,5 \pm 7,9$  кг құрады. Сүтті биелер сүтінің биохимиялық көрсеткіштерін зерттеу нәтижелері қазақ жылқыларында майдың мөлшері  $1,8 \pm 0,07$  %, ақуыздың  $2,0 \pm 0,06$  %, лактозаның  $7,9 \pm 0,24$  %, күлдің  $0,4 \pm 0,02$  %, сүттің тығыздығы  $33,9 \pm 0,37$  °а анықтауға мүмкіндік берді. Қырғыз жылқыларының биелерінде лактация кезеңінде сүтте май мөлшері  $1,7$  %, ақуыз  $2,1$  %, лактоза  $6,7$  % және күл  $0,39$  % құрады. Қазақ жылқыларының адай тармағының сауын биелерінде май мөлшері  $1,29$  %, ақуыз  $2,27$  %, лактоза  $6,21$  % және күл  $0,38$  %, сүттің тығыздығы орта есеппен  $32,40$  °А құрады, Тува жылқысының сауын биелерінде сүтте абсолютті май мөлшері  $1,7 \pm 0,06$  %, ақуыз  $2,05 \pm 0,04$  %, лактоза  $6,9 \pm 0,21$  % және күл  $0,36 \pm 0,03$  %.

**Түйін сөздер:** қазақ жылқысы, қырғыз жылқысы, тува жылқысы, қан биохимиясы, сауын мөлшері, сүт құрамы

© М.Т. Каргаева<sup>1</sup>, Х.А. Аубакиров<sup>2</sup>, Б.И. Токтосунов<sup>3</sup>, С.Д. Монгуш<sup>4</sup>, А.Х. Абдурасулов<sup>5</sup>, Д.А. Баймуканов<sup>6\*</sup>, 2023

<sup>1</sup>ТОО «Учебный научно – производственный центр Байсерке - Агро»,  
Алматинская область, Казахстан.

<sup>2</sup>Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан.

<sup>3</sup>Институт биотехнологии Национальной академии наук,  
Бишкек, Киргизия;

<sup>4</sup>Тувинский государственный университет, Кызыл, Россия;

<sup>5</sup>Ошский государственный университет, Ош, Киргизия;

<sup>6</sup>ТОО «Научно-производственный центр животноводства и ветеринарии»,  
Астана, Казахстан.

E-mail: dbaimukanov@mail.ru

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДОЙНЫХ КОБЫЛ МЕСТНЫХ ПОРОД ЕВРАЗИИ

**Аннотация.** Цель исследований – изучить биологические особенности дойных кобыл местных пород лошадей Евразии. Объект исследования — казахская лошадь, кыргызская лошадь, тувинская лошадь и казахская лошадь адайского отродья. Изучение биохимических показателей крови лошадей Евразии показало, что содержание белка, альбуминов, иммуноглобулинов соответствовало физиологическим нормам. Содержание фосфора, кальция, железа также соответствовало физиологическим нормам. Концентрация мочевины и хлоридов у кобыл соответствовала физиологическим нормам. У кобыл содержание в крови глюкозы и холестерина также соответствовало физиологическим нормам. В ходе исследований установлено, что за 105 дней лактации максимальная молочность дойных кобыл наблюдалась у кыргызских лошадей –  $1911,0 \pm 45,1$  кг, а минимальные показатели имели казахские лошади адайского отродья  $1659,0 \pm 25,8$  кг, а товарный удой составил соответственно у кыргызских лошадей  $892,5 \pm 15,8$  кг и казахских лошадей адайского отродья  $675,1 \pm 3,76$  кг. У казахских лошадей молочность составила  $1648,5 \pm 36,8$  кг и тувинских  $1711,5 \pm 29,4$  кг, товарный удой составил у казахских лошадей  $724,5 \pm 9,2$  кг и тувинских лошадей  $640,5 \pm 7,9$  кг. Результаты исследований биохимических показателей молока дойных кобыл позволили определить у казахских лошадей содержание жира  $1,8 \pm 0,07\%$ , белка  $2,0 \pm 0,06\%$ , лактозы  $7,9 \pm 0,24\%$ , золы  $0,4 \pm 0,02\%$ , при плотности молока  $33,9 \pm 0,37^\circ\text{A}$ . У кобыл кыргызских лошадей в течение лактационного периода в молоке содержание жира составило  $1,7\%$ , белка  $2,1\%$ , лактозы  $6,7\%$  и золы  $0,39\%$ . У дойных кобыл казахских лошадей адайского отродья содержание жира составило  $1,29\%$ , белка  $2,27\%$ , лактозы  $6,21\%$  и золы  $0,38\%$ , плотность молока в среднем составила  $32,40^\circ\text{A}$ . Дойные кобылы тувинской лошади имели в молоке абсолютное содержание жира  $1,7 \pm 0,06\%$ , белка  $2,05 \pm 0,04\%$ , лактозы  $6,9 \pm 0,21\%$  и золы  $0,36 \pm 0,03\%$ .

**Ключевые слова:** казахская лошадь, кыргызская лошадь, тувинская лошадь, биохимия крови, удой молока, состав молока

### **Introduction**

In the conditions of Eurasia and Kazakhstan, productive horse breeding is developing due to local horse breeding (Zaycev, 2021; Kargayeva, 2020).

The main product in herd horse breeding is the production of mare's milk (Iskhan K.Zh. et al. 2019; Oorzhak, 2017).

Of particular interest for horse breeding in the countries of the Eurasian Economic Union, namely, Kazakhstan and Kyrgyzstan, are the Novoalatay horses. Mares of the Novoaltai breed have a live weight of 532.5 kg, a height at the withers of 150.1 cm, an oblique body length of 155.3 cm, a chest girth of 185.6 cm, and a metacarpus girth of 21.5 cm. (Asanbaev T.Sh., 2013 Asanbaev T. et al., 2018).

**The aim of study.** To study the biological characteristics of milking mares of local Eurasian horse breeds.

**The methodology.** The objects of research were the local breeds of horses: the Kyrgyz in the farm "Kokorova I.K.", Tonsky district of the Issyk-Kul region of the Kyrgyz Republic, Kazakh horse in the peasant farm "Bektobe" of the Zhambyl region and Adai offspring in the farm "Taushyk" of the Republic of Kazakhstan, Tuvan from the farm "Seserlig" of the Piy-Khemsy district (central mountain zone) of the Republic of Tyva of the Russian Federation.

Blood biochemical parameters in milking mares were studied in 2022 in clinically healthy Kazakh, Kyrgyz and Tuvan horses. Determination of biochemical parameters was carried out in a certified laboratory of the Dulati Taraz Regional University. 20 milking mares in each group - Kazakh, Kyrgyz and Tuvan horses were studied.

The milking capacity of mares was evaluated by gross milk yield, which was determined by monthly control milkings.

The daily calculated milk yield of mares was determined by the Saygin formula (1940):

$$Dp = \frac{Da}{t} \cdot x 24 \quad (1)$$

where,  $Dp$  - dairy productivity of a mare per day, kg;  $Da$  - actual daily milk yield, determined by the control milking method, kg;  $t$  - the time of participation of mare in the milking process from the moment of weaning the foals to the end of the last milking, hours; "24" is the number of hours per day.

The milking capacity of mares before milking was tentatively determined by the increase in the live weight of foals for 1 month of their life. Based on the calculation that 1 kg of live weight gain, a foal needs 10 kg of mother's milk.

The milking of the mares was carried out every 2 hours by hand, a total of 6 times to obtain milk yield in 12 hours.

The index of milkiness (*IM*), which characterizes the *Pm* production of milk per 100 kg of live weight (*LW*), was determined by the formula:

$$IM = \frac{Pm}{LW} \cdot \tag{2}$$

**Research results**

Morphological indicators of the blood of local horse breeds in terms of hemoglobin and erythrocytes had differences: in Kazakh and Tuvan horses, it was at the upper limit of the norm, and Kyrgyz horses and Kazakh horses of the Adai offspring at the lower (Table 1).

There was a characteristic change in the value of the color index, which in Kyrgyz horses was close to the maximum value.

Analysis of biochemical parameters of blood serum in Kyrgyz horses showed an increase in some indicators characterizing metabolism due to the influence of the highlands (2000–4000 meters above sea level). Consequently, in the conditions of the highlands, Kyrgyz horses are demanding to the feeding conditions and the technology of their maintenance.

Table 1. Hematological blood parameters of milking mares

Indicators	Horse				Physiological norm
	Kazakh (n =20)	Kyrgyz (n =20)	Tuvan (n =20)	Adai offspring (n =20)	
Hematocrit, x 10 <sup>2</sup> L/	37.9±1.9	45.3±1.8	37.5±1.9	43.4 ± 2.5	32-48
Hemoglobin, x 10 g/L	17.1±0.9	10.1±1.5	16.6±1.4	13.5 ±1.7	10-18
Red blood cells, x 10 <sup>12</sup> g/L	33.7±1,6	6.7±0.5	9.2±0.8	11.2 ± 0.6	6-12
Platelets, x 10 <sup>11</sup> / L	3.1±0.1	1.5±0.09	4.3±0.4	3.8±0.09	1-6
White blood cells, x 10 <sup>9</sup> / L	7.7±0.9	9.3±0.7	7.4±0.6	10.1 ±0.5	6-12
Erythrocyte sedimentation rate, x 10 g/L	145.9±1.7	135.8±2.1	133.4 ±1.8	145.7 ± 1.5	0.1-0.4

The study of biochemical parameters of Eurasian horses showed that the content of protein, albumin, and immunoglobulins corresponded to physiological norms (Table 1). The content of phosphorus, calcium, and iron also corresponded to physiological norms. The concentration of urea and chlorides in mares also corresponded to physiological norms. Studying the content of alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase in the blood of mares, it was found that Kyrgyz horses have an excess of the maximum physiological norm by 1.8 u/l and 4.2 u/l, respectively. In mares, the content of glucose and cholesterol in the blood also corresponded to the physiological norm.

Thus, at a physiological norm in horses of 57–79 g/l of protein in the blood serum of the Kyrgyz horse, its content averages 66.8±1.6 g/l, in the Kazakh horse 69.5±1.9 g/l.

In Kyrgyz horses, phosphorus in blood at 1.01±0.3 mmol/l and iron at 26.8±0.8

μmol/l were within the physiological norm, while calcium was  $1.54 \pm 0.4$  mmol/l 35% below the standard. In Kazakh horses, the content of phosphorus  $1.23 \pm 0.2$  mmol/l, calcium  $2.42 \pm 0.3$  mmol/l, and iron  $29.3 \pm 0.6$  μmol/l corresponded to physiological norms.

With a physiological norm of 4.0–12 U / l, in Kyrgyz horses, the ALT content was  $13.8 \pm 0.59$ , and AST– $16.2 \pm 0.61$ . The change in the ratio of the activity of these enzymes in favor of AST, against the background of a general increase in the values of their activity, directly indicates the presence of hepatitis of various etiologies, one of the causes of which is intoxication. Therefore, an urgent study of the quality of feed for the presence of toxic substances is necessary.

If, on the whole, a conclusion is made about the physiological state of milking mares of Kyrgyz horses, then it is in a satisfactory condition, except for some individuals.

In Tuvan horses, the concentration of protein in blood was  $75.2 \pm 1.3$  g/l. The content of macro- and microelements was within the physiological norm.

In the course of the research, it was found that for 105 days of lactation, the maximum milking capacity of mares was observed in Kyrgyz horses –  $1911.0 \pm 45.1$  kg, and the Kazakh horses of the Adai offspring had a minimum of  $1659.0 \pm 25.8$  kg, and the commercial milk yield was, respectively in Kyrgyz horses  $892.5 \pm 15.8$  kg and Kazakh horses of the Adai offspring  $675.1 \pm 3.76$  kg. In Kazakh horses, the milk yield was  $1648.5 \pm 36.8$  kg and in Tuvan horses  $1711.5 \pm 29.4$  kg; (table 3).

Table 2. Blood biochemical parameters of milking mares

Indicators	Horse				Physiological norm
	Kazakh (n =20)	Kyrgyz (n =20)	Tuvan (n =20)	Adai offspring (n =20)	
Protein, g/l	$69.5 \pm 1.9$	$66.8 \pm 1.6$	$75.2 \pm 1.3$	$64.5 \pm 3.8$	57-79
Albumin, g/l	$35.8 \pm 1.3$	$31.2 \pm 1.1$	$32.4 \pm 1.2$	$33.8 \pm 2.3$	25-38
Globulin, g/l	$33.7 \pm 1.6$	$35.6 \pm 1.5$	$42.8 \pm 1.7$	$30.7 \pm 1.9$	24-46
Phosphorus (P), mmol/l	$1.23 \pm 0.2$	$1.01 \pm 0.3$	$1.37 \pm 0.3$	$1.3 \pm 0.2$	0.7-1.7
Calcium (Ca), mmol/l	$2.42 \pm 0.3$	$1.54 \pm 0.4$	$2.48 \pm 0.4$	$1.9 \pm 0.3$	2.0-2,0-3.3
Iron (Fe), μmol/l	$29.3 \pm 0.6$	$26.8 \pm 0.8$	$28.5 \pm 0.7$	$29.2 \pm 1.7$	8-31.2
Urea, mmol/l	$5.5 \pm 0.2$	$7.3 \pm 0.4$	$6.9 \pm 0.4$	$8.4 \pm 0.7$	3.7-8.8
Chlorides, mmol/l	$104.3 \pm 1.9$	$98.9 \pm 2.5$	$102.3 \pm 2.3$	$65.7 \pm 4.2$	98-107
ALT, (alanine amino-transferase), u/l	$11.3 \pm 0.38$	$11.9 \pm 0.59$	$11.8 \pm 0.29$	$11.9 \pm 0.39$	4-12
AST, (aspartate amino-transferase), u/l	$11.5 \pm 0.41$	$11.8 \pm 0.61$	$11.4 \pm 0.39$	$11.7 \pm 0.61$	4-12
Glucose, mmol/l	$5.2 \pm 0.3$	$3.6 \pm 0.5$	$3.7 \pm 0.4$	$4.1 \pm 0.5$	3.5-6.3
Cholesterol, mmol/l	$3.4 \pm 0.3$	$2.7 \pm 0.2$	$4.9 \pm 0.2$	$4.9 \pm 0.6$	2.9-5.2
Thymol, test	$1.5 \pm 0.2$	$2.0 \pm 0.1$	$2.8 \pm 0.2$	$3.1 \pm 0.4$	0-4
Magnesium, mmol/l	$0.9 \pm 0.1$	$0.88 \pm 0.05$	$0.95 \pm 0.1$	$0.79 \pm 0.1$	0.7-1.1.
Potassium (K+), mmol/l	$3.5 \pm 0.2$	$2.81 \pm 0.3$	$3.7 \pm 0.3$	$3.3 \pm 0.2$	2.8-4.7
Chlorides (Cl-), mmol/l	$105.9 \pm 2.5$	$99.6 \pm 2.3$	$108.1 \pm 1.1$	$108.3 \pm 0.9$	97-110
Sodium (Na+), mmol/l	$145.9 \pm 1.7$	$135.8 \pm 2.1$	$133.4 \pm 1.8$	$145.7 \pm 1.5$	133-147

According to the index of milkiness (per 100 kg of live weight), high rates were observed in Kyrgyz horses (553 kg) in comparison with Kazakh horses of the same age (451 kg). The minimum indicators were observed in Tuvan horses (436 kg) and Kazakh horses of the Adai offspring (417 kg).

The results of the studies of the biochemical parameters of milk made it possible to determine in Kazakh horses the content of fat  $1.8 \pm 0.07\%$ , protein  $2.0 \pm 0.06\%$ , lactose  $7.9 \pm 0.24\%$ , ash  $0.4 \pm 0.02\%$ , at a milk density of  $33.9 \pm 0.37^\circ\text{A}$  (Table 4).

Table 4. Biochemical parameters of mare's milk

Milkiness indicators	Biochemical parameters				
	Fat, %	Protein, %	Lactose, %	Ash, %	Density, °A
Kazakh horse (n =20)					
M±m	$1.8 \pm 0.07$	$2.0 \pm 0.06$	$7.9 \pm 0.24$	$0.40 \pm 0.02$	$33.9 \pm 0.37$
δ	0.22	0.29	0.64	0.05	1.41
C v	12.6	14.2	9.7	18.1	4.3
Lim	1.5-2.5	1.7-2.6	6.4-8.5	0.33-0.54	31.5-37.0
Kyrgyz horse (n =20)					
M±m	$1.7 \pm 0.08$	$2.1 \pm 0.05$	$6.7 \pm 0.18$	$0.39 \pm 0.02$	$33.8 \pm 0.42$
δ	0.25	0.32	0.41	0.06	1.47
C v	11.4	14.8	6.2	17.9	4.5
Lim	1.5-2.2	1.7-2.7	6.4-7.9	0.31-0.52	30.5-36.0
Tuvan horse (n =20)					
M±m	$1.7 \pm 0.06$	$2.05 \pm 0.04$	$6.9 \pm 0.21$	$0.36 \pm 0.03$	$33.5 \pm 0.36$
δ	0.21	0.26	0.41	0.04	1.22
C v	9.9	12.6	8.5	14.1	3.8
Lim	1.5-2.2	1.7-2.7	6.4-8.2	0.30-0.49	30.5-38.5
Adai offspring					
M±m	$1.29 \pm 0.03$	$2.27 \pm 0.06$	$6.21 \pm 0.04$	$0.38 \pm 0.05$	$32.40 \pm 0.34$
δ	0.19	0.27	0.62	0.04	1.35
C v	9.5	8.60	2.05	17.6	4.1
Lim	1.25 - 1.58	2.21 - 2.30	6.08 - 6.37	0.32–0.53	31.0 - 36.0

In mares of Kyrgyz horses during the lactation period, in milk, the fat content was 1.7 %, protein 2.1 %, lactose 6.7 %, and ash 0.39 %. In milking mares of Kazakh horses of the Adai offspring, the fat content was 1.29 %, protein 2.27 %, lactose 6.21 %, and ash 0.38 %, milk density averaged  $32.40^\circ\text{A}$ . Milking mares of the Tuvan horse had an absolute fat content of  $1.7 \pm 0.06\%$ , protein  $2.05 \pm 0.04\%$ , lactose  $6.9 \pm 0.21\%$ , and ash  $0.36 \pm 0.03\%$  in milk.

### Discussion

Biochemical blood parameters fully reflect the metabolism of proteins, fats, carbohydrates, vitamins, hormones, water and mineral characteristics of the body. They allow us to interpret the growth and development of the organism, to understand the pathogenesis of a particular pathological condition of the animal, help to identify hidden forms of the disease, and, ultimately, to make an objective diagnosis. Undoubtedly, the biochemical blood parameters of the studied Eurasian



horse breeds are of particular interest for their further prediction of breeding and productive characteristics.

Quantitative characteristics of biochemical parameters of blood of horses of Eurasia depend on the following factors: breed affiliation; feeding and maintenance; age; season of the year.

The local Eurasian horse breeds are characterized by the same dairy productivity parameters. The highest indicators of daily milk yield of marketable milk were recorded in milking mares of Kyrgyz horses (6.9 kg), the lowest in Tuvan horses (6.1 kg) in comparison with Kazakh horses (6.9 kg) and Kazakh horses of the Adai offspring 6.43 kg. The fat content in milk is 1.29–1.8 % for milking mares of local breeds of horses, 2.0–2.27 % protein, 6.21–7.9 % lactose, 0.36–0.40 % ash. The average density of mare's milk is 32.4–33.9°A.

### **Conclusion**

In highly productive mares, the concentration of total protein and residual serum nitrogen is higher than in less productive ones.

Based on the conducted studies, the following: hematological blood parameters of milking mares, blood biochemical parameters of milking mares, milking capacity of mares, biochemical parameters of mare's milk.

### **REFERENCES**

- Adamu L., Adzahan N.M., Abdullah R., Ahmad B., 2010. Effects of Race Distance on Physical, Hematological and Biochemical Parameters of Endurance Horses. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 5. Pp. 244–8. <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2010.244.248>.
- Adamu L., Adzahan N.M., Rasedee A., Ahmad B., 2014. Physical Parameters and Risk Factors Associated with the Elimination of Arabian and Crossed Arabian Endurance Horses during a 120-km Endurance Race. *Journal of Equine Veterinary Science*. 34. Pp. 494–9. <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2013.10.175>.
- Asanbaev T.Sh., 2013. Milk productivity of horses of Kazakh, Novoaltay breeds and their crossbreeds. *HÀA-x Shinzhle setgull*. 10 (01): 56–59.
- Asanbaev T., Bexeitov T., Temirzhanova A., Ussenova L., Burambaeva N. and Abeldinov R., 2018. The Influence of Novoaltaysk Breed of Horses in the Development of Productive Horse Breeding in the North-East of Kazakhstan. *World Applied Sciences Journal*. 36 (2). Pp. 296–309. DOI: <https://doi.org/10.5829/idosi.wasj.2018.296.309>.
- Gupta A.K., Kumar, Sanjay and Pal, Yash, 2002. Biochemical, haematological and thyroid hormone profile in healthy Indian Kathiawari horses. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 15(8). Pp. 1215–1221.
- Iskhan K.Zh., Demin V.A., Yuldashbaev Yu.A., Baimukanov A.D., 2019. Zootechnical features of herd horses. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. V. 33. № 9. Pp. 57–60. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10912>.
- Kargayeva M., 2020. Efficiency of production of horse meat and koumiss from the kazakh horses of the adai offspring. *Reports of the national academy of sciences of the Republic of Kazakhstan*. № 2. Vol 330. Pp. 58–63. Doi: <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1483.32>.
- Ono T., Yamada Y., Hata A., Shimokawa Miyama T., Shibano K., Iwata E., Ohzawa E., Kitagawa H., 2019. Reference values of hematological and blood biochemical parameters for the Noma horse. *J Equine Sci*. 30(3). Pp. 69–73. Doi: <https://doi.org/10.1294/jes.30.69>.
- Oorzhak R.T., 2017. Milk productivity of Tuvianian mares. *Bulletin of TuvSU. Natural and agricultural sciences*. 2. Pp.183–186. (In Russ.).
- Padodara R.J., Singh V.K., Pathan M.M., Odedara A.B., Kalaria V.A. and Patel B.R., 2017. Hemato-biochemical profiles of Kathiawari horses in and around Junagadh region. *Vet. Sci. Res. J.*, 8(1&2). Pp. 26-30. DOI: <https://doi.org/10.15740/HAS/VSRJ/8.1and2/26-30>.

Rezazadeh F., Hosseinzadeh N., Jozani R.J., Dianati N., 2017. Comparison of Some Hematological Parameters Between Horses in an Endurance Competition. *Animal and Veterinary Sciences*.4. 97. <https://doi.org/10.11648/j.av.s.20160406.13>

Wakil Y.; Adamu L.; Gulani I.; Bukar M.M., 2022. Physical Assessment, Hematological and Serum Amyloid A Levels Pre and Post Exercise in Arabian Horses in Maiduguri and Jere, Borno State, Nigeria. *Int J Equine Sci*. 1. Pp. 11–15.

Zaycev A.M., Koveshnikov V., 2021. Status and Development Prospects of Horse Breeding in the Altai Region. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 670. 012006. doi: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/670/1/012006>.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY  
OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227  
Volume 345, Number 1 (2023), 43–51  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.183>

УДК 637.333(479.2.5)

**S. Manukyan**

Armenian National Agrarian University, Armenia, Yerevan.  
E-mail: [manukyanss45@mail.ru](mailto:manukyanss45@mail.ru)

### **ANISOTROPY OF MICROORGANISMS IN DIFFERENT PARTS OF DUTCH CHEESE MASS PRODUCED BY TWO-SIDED PRESSING**

**Manukyan Samvel** — Ph.D. in Technical Sciences. Docent. Associate Professor at Armenian National Agrarian University, Republic of Armenia  
E-mail: [manukyanss45@mail.ru](mailto:manukyanss45@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2855-4641>.

**Abstract.** For the first time a new method of double-sided non-tissues pressing has been presented. To test it, a manual mold and a dynamometer for measuring the pressing force over the cheese mass were developed and manufactured. Approximate technological mode is determined thereto. To substantiate the optimality of the technological regime, a microbiological study and pressing was carried out, and during the ripening processes the reasons for the inhibition and growth of microorganisms were determined depending on moisture and their distribution in different parts of the cheese mass. The study showed that the reason for the inhibition and growth of microorganisms is the mechanical and osmotic pressure above and inside the cheese mass due to the intensive release of whey and the rapid concentration of the cheese mass. In a short period of time (5 days), a sharp growth of microorganisms up to a maximum of 2.95 billion 1 g of cheese is carried out without the participation of mechanical and atmospheric pressure and due to the formation of a thin sealing layer during double-sided pressing, which provides a large volume for uniform distribution of moisture and microorganisms, reaching close to the edges, i.e. to the top layers of the curd compared to the control cheese without a thick rind. It proves that double-sided pressing reduces anisotropy due to a more uniform distribution of moisture and microorganisms in the cheese mass. The obtained positive result substantiates the answers to the outstanding tasks, and also makes it possible to continue rheological and biochemical studies to obtain the final results required for solving the outstanding tasks.

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

**С.С. Манукян**

Государственный Аграрный Университет Армении, Ереван, Армения.

E-mail: manukyanss45@mail.ru

## **АНИЗОТРОПИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКАХ ГОЛЛАНДСКОЙ СЫРНОЙ МАССЫ, ВЫРАБОТАННОЙ ДВУХСТОРОННИМ ПРЕССОВАНИЕМ**

**Аннотация.** Представлен впервые новый способ двухстороннего бессалфеточного прессования. Для его испытания разработана и изготовлена пресс-форма ручным способом и динамометр для измерения прессующего усилия над сырной массой. Определен приблизительный технологический режим. Для обоснования оптимальности технологического режима проведено микробиологическое исследование, прессование и в процессах созревания определены причины торможения и роста микроорганизмов в зависимости от влаги и их распределения на различных участках сырной массы. Исследование показало, что причиной торможения и роста микроорганизмов является механическое и осмотическое давление над сырной массой и внутри нее вследствие интенсивного выделения сыворотки и быстрого концентрирования сырной массы. За короткое время (за 5 суток) резкий рост микроорганизмов до максимума 2,95 млрд 1 г сыра осуществляется без участия механического и атмосферного давления и вследствие получения тонкого уплотняющего слоя при двухстороннем прессовании, что обеспечивает большой объем для равномерного распределения влаги и микроорганизмов, достигая близко к краям, т.е. до верхних слоев сырной массы по сравнению с контрольным сыром без толстой корки. Правильно, что двухстороннее прессование уменьшает анизотропность за счет более равномерного распределения влаги и микроорганизмов в сырной массе. Полученный положительный результат обосновывает ответы на представленные задачи, а также дает возможность продолжить реологические и биохимические исследования для получения окончательных результатов, требуемых для решения представленных задач.

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

### **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 и 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 (Гисин и др., 1973: 1; Диланян и др., 1971: 2; 1980: 3).

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 исследовать на голландских круглых сырах.

Для разрешения 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 двустороннего прессования для голландского круглого сыра (Крашенинин и др., 1974: 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 Степанаванского района Республики Армении. Содержание влаги в сыре – экспресс методом – (ГОСТ 3626-73г.). Опытные

сыры подвергались двустороннему прессованию сконструированным и изготовленным ручным способом винтовым прессом. Конструкция прессы показана на рис. 1 (Карликанова, 1977: 5; Климовский и др., 1965: 6; Полишук и др., 1978: 14; Manukyan, 2013: 15).

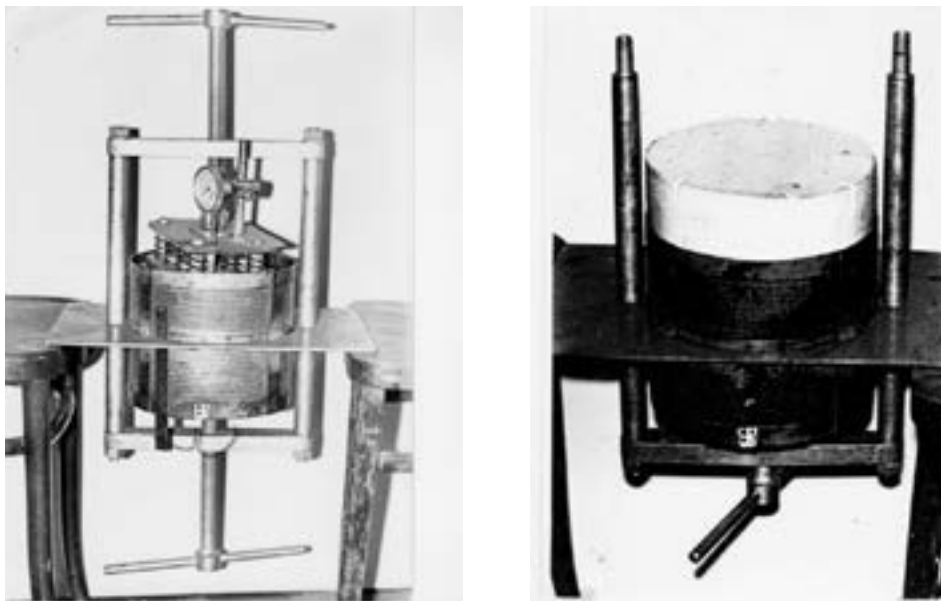


Рис. 1

В ходе изучения влияния двустороннего прессования на качество голландского сыра был установлен приблизительный технологический режим (давление продолжительности). Для обоснования оптимальности (рациональности) этого технологического режима были проведены микробиологические, биохимические и реологические исследования с учетом того, что в сырделии основное значение имеет микрофлора (Инихов, 1970: 4). Качество сыра зависит также от экзоферментов микроорганизмов, которые осуществляют сложный биохимический процесс: гидролиз белков до аминокислот, т.е. белок альбумозы пептоны полипептиды дипептиды аминокислоты, жиры – в свободные жирные кислоты и углеводы – в молочную кислоту, вследствие чего формируются органолептические показатели: вкус, аромат и консистенция сыра. Распределение влаги в сырной массе (анизотропия) играет важную роль для развития микроорганизмов: чем масса сыра однороднее, тем высокого качества сыр. Таким образом, равномерное распределение влаги в сырной массе способствует равномерному развитию и распределению микроорганизмов с целью интенсивного протекания микробиологических и биохимических процессов (Инихов, 1970: 4; Манукян, 2012: 12; Manukyan, 2013: 15).

Исходя из вышеизложенного, было установлено, что:

- Двухстороннее прессование тормозит рост микроорганизмов в процессе прессования и первые сутки созревания.
- Резкий рост микроорганизмов за 5 суток достигался максимально до 2,95 млрд.

Исследование проводили с целью:

а) выяснить причину торможения микроорганизмов в процессе прессования в первые сутки созревания,

б) выяснить, за счет чего резкий рост микроорганизмов до 5ой сутки достиг до максимума 2,95 млрд в 1 г.,

в) выяснить распределение микроорганизмов в верхних слоях сырной массе от края до центральной части в зависимости от влаги и сравнить с контрольным сыром,

г) выяснить распределение микроорганизмов в различных участках сырной головки в зависимости от влаги и их колебания по сравнению с контрольным сыром.

### **Результаты и обсуждение**

1. При двухстороннем прессовании сырная масса уплотняется одновременно с двух сторон, что препятствует интенсивному выделению сыворотки, а также под давлением (механическим) с двух сторон сырная масса быстро концентрируется. При этом клетки микроорганизма не выдерживают под осмотическим давлением и начинают погибать. Вследствие этого количество микроорганизмов уменьшается. А это приводит к торможению роста микроорганизмов.

2. Рост микроорганизмов за короткое время до максимума (2,95 млрд в 1 г сыра) осуществляется после прессования, т.е.

а) нет механического и осмотического давления над сырной массой и внутри нее,

б) результаты данных влаги на точках 1.–43 %; 4.–43,2 % опытного сыра, а количество микроорганизмов 1.–2,85 млрд, 4.–2,86 млрд соответственно контрольного сыра 1.– 42,0 %, 4.– 42,3 %, а количество микроорганизмов 1.– 2,78 млрд, 4.– 2,74 млрд, т.е. в этих точках 1. –  $(43,0 - 42,0) = 1,0$  %, 4. –  $(43,2 - 42,3) = 0,9$  %, соответственно количество микроорганизмов 1. – 0,07, 4. – 0,12 млрд больше контрольного сыра. За счет получения тонкого уплотняющего слоя при двухстороннем прессовании опытного сыра, который обеспечит большой объем более равномерного распределения влаги и микроорганизмов до верхних слоев сырной массы по сравнению с контрольным сыром без толстого подкоркового слоя, образовавшись при перепрессовке используемой салфетки при прессовании.

3. Точки 2. – 43,4 %; 3. – 43,6 %; 5. – 43,9 % влага опытного сыра, а количество микроорганизмов соответственно 2. – 2,90 млрд; 3. – 2,88 млрд; 5. – 2,95 млрд, а у контрольного 2. – 43,2 %; 3. – 43,5 %; 5. – 43,7 %, соответственно количество микроорганизмов 2. – 2,86 млрд; 3. – 2,89 млрд; 5. – 2,91 млрд. Отсюда видно,

что влага и микроорганизмы от края сырной массы до центральной части увеличиваются, т.е. это подсказывает, что процессы созревания голландского сыра протекают правильно: от края до центральной части.

Видно также, что колебание влаги опытного сыра из 5-и точек (1., 2., 3., 4., 5.) составляет  $43,0\% - 43,9\% = -0,9\%$ , а количество микроорганизмов  $2,95 - 2,85 = 0,1$  млрд в 1 г сыра, по сравнению с контрольным сыров соответственно  $43,7\% - 42\% = 1,7\%$ ,  $2,91 - 2,74 = 0,17$  млрд. Из данных видно, что по колебанию разница  $1,7\% - 0,9\% = 0,8\%$  влаги и микроорганизмов  $0,07$  млрд более стабильна и постоянна в опытном сыре, чем в контрольном:  $1,7\%$  и  $0,17$  млрд.

Это означает также, что двухстороннее прессование уменьшает анизотропность сырной массы за счет более равномерного распределения влаги до верхних слоев сырной массы, что приводит к более равномерному развитию и распределению микроорганизмов.

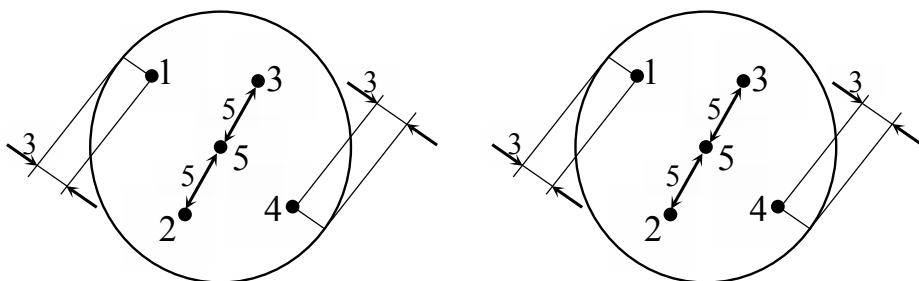


Рис. 2 Места проб для определения распределения влаги и молочнокислых бактерий

Из точек 1.; 4. взяты пробы близко от расстояния 3 мм к краю, считая от центральной точки 5., с целью определения распределения влаги и количества микроорганизмов верхних слоев сырной массы опытного сыра и сравнения с контрольным сыром без толстой корки.

Из точек 2.; 3.; 5. взяли пробы по 5 см считая от центральной точки 5., для определения распределения влаги и молочнокислых бактерий средней части, а от точки 2; 3 по направлению до центральной части точки 5 сырной головки.

Из 5-и точек (1.; 2.; 3.; 4.; 5) определили распределение влаги и микроорганизмов и их колебание в различных участках сырной головки.

Таблица 1  
Анизотропия влаги и количество молочнокислых бактерий в различных участках голландского круглого сыра в %

№ проб	Опытный сыр		Контрольный сыр	
	Влага	Общее количество молочнокислых бактерий	Влага	Общее количество молочнокислых бактерий
1	43,0	2,85	42,0	2,78



2	43,4	2,90	43,2	2,86
3	43,6	2,88	43,5	2,89
4	43,2	2,86	42,3	2,74
5	43,9	2,95	43,7	2,91
Среднее	43,2	2,89	42,94	2,84
Колебание	43-49	2,85-2,95	42,0-43,7	2,74-2,91

Из таблицы 1 видно, что влага опытного сыра составляет на точках 1. – 43 %, 4. – 43,2 %, а количество микроорганизмов на точках 1.–2,85 млрд, 4.–2,86 млрд, соответственно у контрольного сыра влага на точках 1.–42 %, 4.–42,3 %, а общее количество микроорганизмов на точках 1. – 2,78 млрд, 4. – 2,74 млрд, т.е. в этих точках (1; 4) разница влаги опытного и контрольного сыра 1. – 1,0 %, 4. –0,9 %, количество микроорганизмов 1; 4 соответственно 1. 2,85 – 2,78 = 0,07 млрд, 4 – 2,86 – 2,74 = 0,12 млрд больше контрольного сыра. Это означает, что близко к краям опытного сыра влага и количество микроорганизмов больше, чем в контрольном сыре, поэтому резкое увеличение микроорганизмов осуществляется за счет двухстороннего прессования, которая обеспечивает большой объем для более равномерного распределения влаги и микроорганизмов до верхних слоев сырной массы. Вследствие этого получается тонкий уплотняющий слой, увеличивается также съедаемая часть по сравнению с подкорковыми слоями контрольного сыра.

На точках 2.; 3.; 5. влага опытного сыра 43,4 %, 43,6 %, 43,9 %, количество микроорганизмов соответственно 2,90 млрд, 2,88 млрд, 2,95 млрд, а у контрольного сыра – 43,2 %, 43,2 %, 43,7 %, соответственно количество микроорганизмов 2,86 млрд, 2,89 млрд, 2,91 млрд. Отсюда видно, что влага и микроорганизмы от края сырной массы до центральной части увеличиваются, т.е. это подсказывает, что процесс созревания голландского сыра протекает правильно: от края до центральной части.

Из таблицы 1 видно также, что колебание влаги опытного сыра из 5-иточек (1., 2., 3., 4., 5.) составляет  $43,0\% - 43,9\% = -0,9\%$ , а количество микроорганизмов  $2,95 - 2,85 = 0,1$  млрд в 1 г сыра, по сравнению с контрольным сыром соответственно  $43,7\% - 42\% = 1,7\%$ ,  $2,91 - 2,74 = 0,17$  млрд. Из данных видно, что по колебанию разница  $1,7\% - 0,9\% = 0,8\%$  влаги и микроорганизмов 0,07 млрд более стабильна и постоянна в опытном сыре, чем в контрольном: 1,7 % и 0,17 млрд

Это означает также, что двухстороннее прессование уменьшает анизотропность сырной массы за счет более равномерного распределения влаги до верхних слоев сырной массы, что приводит к более равномерному развитию и распределению микроорганизмов.

### **Обсуждение**

Предложен впервые новый способ двухстороннего прессования. Его испытание проведено на швейцарском сыре и сыре "Лори". Получив положительные результаты, мы ее испытали на голландском круглом сыре.

Для проведения опыта была разработана и изготовлена пресс-форма ручным способом и динамометр для измерения прессующего усилия над сырной массой.

Установлен приблизительный технологический режим для двухстороннего прессования голландского сыра.

С целью обоснования оптимальности технологического режима проведено микробиологическое исследование, выявлены причины торможения и резкого роста рост микроорганизмов в процессе прессования и созревания сыра.

Исследовано также распределение влаги и микроорганизмов в верхних слоях, от краев до центра на различных участках сырной массы, т.е. анизотропия.

Исследование показало, что причиной торможения и роста микроорганизмов является механическое и осмотическое давление над сырной массой и внутри нее вследствие интенсивного выделения сыворотки и быстрого концентрирования в сырной массе.

За короткое время (за 5 суток) резкий рост микроорганизмов до максимума 2,95 млрд 1 г сыра осуществляется без участия механического и атмосферного давления и вследствие получения тонкого уплотняющего слоя при двухстороннем прессовании, что обеспечивает большой объем для равномерного распределения влаги и микроорганизмов, достигая близко к краям, т.е. до верхних слоев сырной массы по сравнению с контрольным сыром без толстой корки.

Правильно, что двухстороннее прессование уменьшает анизотропность за счет более равномерного распределения влаги и микроорганизмов в сырной массе. Основание: данные исследования распределения их в различных участках сырной массы: на краях, от края до центральной части.

### **Закключение**

Двухстороннее прессование не влияет отрицательно на протекание микробиологических процессов при созревании голландского сыра.

Двухстороннее прессование повышает однородность за счет распределения влаги и микроорганизмов в верхних слоях сырной массы, обеспечивая большой объем.

Устраняет анизотропность сыра за счет более равномерного распределения влаги и микроорганизмов в сырной массе.

Обеспечивает большой объем за счет получения тонкого уплотняющего слоя для более равномерного распределения влаги и микрофлоры в верхних слоях, на краях и различных участках сырной массы.

Основание: данные результатов вышеприведенных анализов.

### **ЛИТЕРАТУРЫ**

Гисин И.Б., Сирик В.И., Чекулаева Л.В., Шальгина Г.А., 1973. Технология молока и молочных продуктов. - М.: Пищевая промышленность, 1973. –376 с. (на русс.).

Диланян З.Х., Остроумов А.А., 1971. 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., 1980. Основы сыроделия. –М.: Пищевая промышленность, 1980. -112 с. (на русс.).

Инихов Г.С., 1970. Биохимия молока и молочных продуктов.- 32е изд., перераб. и доп.- М.: «Пищевая промышленность», 1970. –316 с. (на русс.).

Карликанова С.Н. Микробиологические исследования молока в сыроделии // обз. инф. Маслodelьная и сыродельная промышленность.-М.: ЦНИИТЭИ, 1977, – 52с. (на русс.).

Климовский И.И., Алексеева К., 1965. Влияние молочнокислых бактерий и их культурной среды на развитие пропионовокислых палочек // Молочная промышленность. –М., 1965, № 4. - С. 15. (на русс.).

Климовский И.И., 1966. Биохимические и микробиологические основы производства сыра.- М.: Пищевая промышленность, 1966.– 208 с. (на русс.).

Крашенинин П.Ф., Николаев А.М., Неберт В.К., Гудков А.В., Шестерикова Н.С., 1974. Сборник технологических инструкций по производству твердых сычужных сыров. М.: ЦНИИТЭИ, 1974. – 156 с. (на русс.).

Королев С.А., 1966. Основы технической микробиологии молочного дела. – М.: Пищевая промышленность, 1966. – 248 с. (на русс.).

Майоров А.А., Мироненко И.М., 2013. Прессование сырной массы // Сыроделие и маслodelьное.- М., 2013, № 1.–С. 26–30. (на русс.).

Майоров А.А., Мироненко И.М., 2013. Прессование сырной массы // Сыроделие и маслodelьное.- М., 2013, № 2.–С. 34–38. (на русс.).

Манукян С.С., 2012. Изменение микрофлоры в сыре «Швейцарский», выработанном при двустороннем прессовании // Сыроделие и маслodelьное. –2012, № 6.–С. 19–20. (на русс.).

Панкратов А.Я, Григоров В.С., Кашенко Р.Л. и другие. Руководство к лабораторным занятиям по микробиологии. М.: Пищевая промышленность, 1975. – 216 с. (на русс.).

Полищук П.К., Дербинова Э.С., Казанцева Н.Н., 1978. Микробиология молока и молочных продуктов. - М.: Пищевая промышленность, 1978.–240 с. (на русс.).

Manukyan S., 2013. Change of micro flora in cheese “Lori” during its maturing produced by two-sided pressing.// Annals of Agrarian Science. –2013.–Vol. 11. № 3.– Pp. 90–92. (на англ.).

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

ISSN 2224-5227

Volume 345, Number 1 (2023), 52–67

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.184>

UDC 34.23.31:575.21

© A.A. Nussupova\*, S.B. Dauletbaeva, 2023

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: aikhanyam.nussupova.07@gmail.com

### STUDY OF PRODUCTIVITY AND LEAF RUST RESISTANCE OF WHEAT ISOGENIC LINES

**Nussupova Aikhanyam Aidarovna** — Master's degree in "5M05104-IT-Genetics". Department of Molecular Biology and Genetics. Faculty of Biology and Biotechnology. Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: aikhanyam.nussupova.07@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4313-4917>;

**Dauletbaeva Saniya Bolatovna** — Candidate of Biological Sciences, Senior Lecturer of the Department of Molecular Biology and Genetics. Faculty of Biology and Biotechnology. Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: ds.bolatovna@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-7081-6289>.

**Abstract.** The article is devoted to the research of isogenic lines productivity and resistance to leaf rust of some isogenic lines of soft bread wheat, a genetic analysis of the traits of resistance to leaf rust was done and the effect of the morphological marker trait on resistance to leaf rust was established. This article studies isogenic lines obtained by backcrossing based on a local cultivar. A selection and genetic analysis were carried out to determine the resistance of isogenic wheat lines to leaf rust. Isogenic lines were studied in the infectious background and crosses were made with resistant cultivars. The type of reaction to leaf rust was determined according to the *scale of Mains-Jackson*. Monosomic analysis was used to localize genes and quantify leaf rust resistance genes. Also, an analyzing cross was carried out to determine the correlation between the *Pc* gene, which determines the anthocyanin color of the stem, and the *Lr* gene, which is responsible for plant resistance to leaf rust. Morphometric analysis was carried out in field and laboratory conditions. The data obtained as a result of morphometric analysis of isogenic lines were processed by biometric analysis methods. As a result of the study on an infectious background and in natural conditions, it was found that, according to the degree of infection with leaf rust, the isogenic lines of IL-*Pc* and IL-*Ra* are absolutely immune. Genetic analysis showed that the trait of resistance to leaf rust in IL-*Pc* is inherited by one gene, while in the IL-*Ra* line it is inherited by two genes. It was found that the anthocyanin stem pigmentation trait was closely correlated with resistance to leaf

rust. Also, the isogenic lines of wheat are more productive in comparison with the original control cultivar was established. An increase in productivity indicators was found compared with the control.

**Keywords.** Soft bread wheat, *Triticum aestivum* L., isogenic lines, resistance to leaf rust, wheat yield, biometric analysis of wheat traits

© А.А. Нусупова\*, С.Б. Даулетбаева, 2023

Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан.

E-mail: aikhanym.nussupova.07@gmail.com

## **ИЗУЧЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ К БУРОЙ РЖАВЧИНЕ ИЗОГЕННЫХ ЛИНИЙ ПШЕНИЦЫ**

**Нусупова Айханым Айдаровна** — магистрант специальности «5M05104-ИТ-Генетика», кафедры молекулярной биологии и генетики, факультета биологии и биотехнологии. Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

E-mail: aikhanym.nussupova.07@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4313-4917>;

**Даулетбаева Саня Болатовна** — кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры молекулярной биологии и генетики, факультета биологии и биотехнологии. Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

E-mail: ds.bolatovna@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7081-6289>.

**Аннотация.** Статья посвящена оценке продуктивности и устойчивости к бурой ржавчине некоторых изогенных линий мягкой яровой пшеницы, проведен генетический анализ признака устойчивости к бурой ржавчине, изучены количественные признаки и установлено влияние морфологического маркерного признака на продуктивность и устойчивость к бурой ржавчине. В ходе данного исследования были изучены изогенные линии, полученные методом беккроссирования на основе местного сорта. Для определения устойчивости изогенных линий пшеницы к бурой ржавчине проведен селекционно-генетический анализ. Изогенные линии изучались на инфекционном фоне, производились скрещивания с устойчивыми сортами. Тип реакции на бурую ржавчину определяли по шкале Майнса-Джексона. Для локализации генов и определения количества генов устойчивости к бурой ржавчиной был проведен моносомный анализ. Также было проведено анализирующее скрещивание для определения корреляционной связи гена *Pc*, определяющего антоциановый цвет стебля и гена *Lr*, ответственного за устойчивость растений к бурой ржавчине. Морфометрический анализ проводили в полевых и лабораторных условиях. Данные, полученные в результате морфометрического анализа изогенных линий, обрабатывались методами биометрического анализа. В результате исследования установлено, что по степени заражения бурой ржавчиной, изогенные линии ИЛ-Рс и ИЛ-Ра являются абсолютно иммунными с типом реакции “0”. Генетический анализ показал, что признак устойчивости к ржавчине у ИЛ-Рс наследуется

одним геном, а у линии ИЛ-Ра двумя генами. Было обнаружено, что признак антоциановой окраски стебля коррелирует с устойчивостью к бурой ржавчине. Также установлено, что изогенные линии пшеницы более продуктивные в сравнении с исходным контрольным сортом. По сравнению с контролем выявлено увеличение показателей по признакам продуктивности.

**Ключевые слова:** яровая мягкая пшеница, *Triticum aestivum* L., изогенные линии, устойчивость к бурой ржавчине, урожайность пшеницы, биометрический анализ признаков пшеницы

© А.А. Нусупова\*, С.Б. Даулетбаева, 2023

эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: aikhanym.nussupova.07@gmail.com

## БИДАЙДЫҢ ИЗОГЕНДІ ЛИНИЯЛАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІ МЕН ҚОҢЫР ТАТҚА ТӨЗІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

**Нусупова Айханым Айдаровна** — "5M05104-IT-Генетика" мамандығының, молекулалық биология және генетика кафедрасының, биология және биотехнология факультетінің магистранты. эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті. Алматы, Қазақстан., Алматы, Қазақстан

E-mail: aikhanym.nussupova.07@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4313-4917>;

**Даулетбаева Сания Болатовна** — биология ғылымдарының кандидаты, молекулалық биология және генетика кафедрасының, биология және биотехнология факультетінің аға оқытушысы. Эл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: ds.bolatovna@gmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7081-6289>.

**Аннотация.** Мақалада жаздық жұмсақ бидайдың изогенді линияларының өнімділігі мен қоңыр тат ауруына төзімділігі бағаланды, қоңыр татқа төзімділік белгісі бойынша генетикалық талдау жасалып, сандық белгілері зерттелді және морфологиялық маркерлі белгінің қоңыр тат төзімділігіне ықпалы анықталды. Зерттеуге жергілікті сорт негізінде беккроссинг әдісімен алынған жаздық жұмсақ бидай изогенді линиялары алынды. Бидайдың изогендік линияларының қоңыр тат ауруына төзімділігін анықтау үшін селекциялық-генетикалық талдау жүргізілді. Изогенді линияларды қоңыр татқа төзімді сорттармен шағылыстырып, гибридтер алынды және моносомды талдау жүргізілді. Жаздық жұмсақ бидайдың қоңыр тат инфекциясына реакция типі Майнс-Джексон және Петерсон шкалалары бойынша анықталды. Қоңыр тат төзімділігін бақылайтын гендерді локализациялау және гендер санын анықтау үшін изогенді линияларын сәйкес моносомды линиялармен будандастыру жүргізілді. Сабақтың антоциан түсі мен өсімдіктердің қоңыр татына төзімділігі үшін жауап беретін *Pc* және *Lr* гендерінің байланысы тұқымқуалаушылығын анықтау үшін талдаушы будандастыру жүргізілді. Морфометриялық және салыстырмалы талдаулар далалық және зертханалық жағдайда жүргізілді. Изогенді линиялардың морфометриялық талдау

нәтижесінде алынған мәліметтері биометриялық талдау әдістерімен өңделді. Зерттеу нәтижесінде зақымдануы дәрежесі бойынша инфекциялық фондағы және табиғи жағдайда өсірілген ИЛ-Рс, ИЛ-Ра бидай изогендік линиялар "0" реакция түрімен абсолютті иммунитетті болды. Қоңыр татқа төзімділік белгісі ИЛ-Рр изогендік линияда бір генмен және ИЛ-Ра изогендік линияда екі генмен тұқым қуалайтыны көрсетілді. Сабактың антоциан түсінің белгісі қоңыр татқа төзімділікпен корреляцияланатыны анықталды. Бидайдың изогенді линиялары олардың бастапқы бақылау сортына қарағанда анағұрлым өнімді екендігі анықталды. ИЛ-Ра және ИЛ-Рр изогенді линияларда бақылаумен салыстырғанда өнімділік көрсеткіштерінің артуы байқалды.

**Түйін сөздер:** Жаздық жұмсақ бидай, *Triticum aestivum* L., изогенді линиялар, қоңыр татқа төзімділік, бидай өнімділігі, бидай белгілерін биометриялық талдау

### **Кіріспе**

Бидай Қазақстандағы ең ірі дәнді дақылдардың бірі болып табылады, статистика бойынша шамамен 12,9 млн. га астам жерді алып жатыр (Байтенов, 2001: 279).

Бидайдың өнімділігі, қоңыр тат ауруларына төзімділік, дән қасиеттері және басқа да селекциялық құнды белгілер маңызды болып табылады (Ортиз және т.б., 2008 ). Бүкіл әлемде зиянкестер мен аурулар сияқты биотикалық күйзелістер бидай өндірісіне кедергі келтіреді (Бабу және т.б., 2020). *Russinia tritici* Erikss. (Ptr) тудыратын бидай жапырағының таты әлемдегі бидай өсірудің негізгі аймақтарындағы негізгі аурулардың бірі (Кохметова және т.б., 2022). Қоңыр тат ауруы өсімдіктердің вегетативті және генеративті мүшелеріне әсер етеді, шамадан тыс транспирацияны, жапырақтардың кебуін тудырады, ассимиляция процесін әлсіретеді, ферменттердің белсенділігін төмендетеді және масақтағы дәндер санының азаюына, жеңіл, әлсіз дәндердің пайда болуына әкеледі, бұл бидай өсіру алаңдарының өндірісінің айтарлықтай шығынына әкеледі (Мулета және т.б., 2017).

Қазіргі уақытта бидайдың қоңыр татқа төзімділігін генетикалық бақылау туралы кең ақпарат жинақталған. Сондай-ақ генетикалық бақылаудан бөлек фенотиптік бидай сабағының антоциан түсінің көрінісі өсімдіктердің саңырауқұлақ ауруларына төзімділігімен байланысты гендердің плейотропты әсерімен анықталуы мүмкін (Ортиз және т.б., 2008).

Таттан туындаған шығындарды азайту үшін әлемдік бидай өндірісі тат ауруларына төзімді сорттарды қолданатын болды (Чен, 2005; Бурдон және т.б., 2014; Плотникова және т.б., 2009). Мұндай сорттарды таңдаудың бірінші кезеңінде төзімділік донорларын, яғни будандастыру кезінде белгіні анық көрсететіндей төзімділік гендері бар формаларды іздеу қажет (Актар-Уз-Заман және т.б., 2015; Тарасевич және т.б., 2013). Осыған сүйене отырып, бастапқы материалдың икемділігі, бейімделуі және төзімділігі туралы мәселе өзекті болып табылады (Тырышкин, 2007: 258).

Изогенді линиялар — бір генотип негізінде құрылған, бір немесе бірнеше аллельдермен ерекшеленетін линиялар. Беккросс әдісімен құрылған изогендік линиялар белгілі бір тұқым қуалайтын белгінің экономикалық және биологиялық маңыздылығын анықтауға мүмкіндік береді (Коваль және т.б., 2001: 148). Бидай селекциясында беккросс негізіндегі изогенді әдіс кеңінен қолданылады. Бидайдан алынған изогенді линиялары ауруларға, зиянкестерге, иілгіштігіне, құрғақшылыққа, температуралық қолайсыздығына, өнімнің технологиялық және қоректік сапасына және т.б. факторларға төзімді болатыны анықталған (Вензель және т.б., 1994).

Изогендік әдіс ген мен белгі арасында байланыс орнатуға және геннің әсерін немесе күшін сандық өлшеуге, плейотропизмнің рөлін, компенсациялық әсерлерді, сондай-ақ әртүрлі генофондтардағы гендердің жұмысын жақсы түсінуге мүмкіндік береді (Камасин және т.б., 2018: 103).

Изогенді линиялардың бір-бірімен және бақылау генотипімен жоғары генотиптік ұқсастығы оларды әртүрлі эксперименттерде модельдік объектілер ретінде пайдалануға, дақылдың қалыптасуына маркерлі белгінің үлесін анықтауға мүмкіндік береді (Коваль және т.б., 2001: 148).

Бұл жұмыстың мақсаты – жаздық жұмсақ бидай сортының иммунды үлгілеріне қоңыр татқа төзімділік белгісі бойынша генетикалық талдау, изогенді линияларының сандық белгілерін зерттеу, өнімділігі бойынша бағалау және маркерлі белгінің үлесін анықтау.

### **Зерттеу материалдары**

Зерттеу материалы ретінде жаздық жұмсақ бидай Казахстанская 126, Саратовская 29, Марокко сорттары және жаздық жұмсақ бидайдың изогенді линиялары пайдаланылды.

### **Зерттеу әдістері**

Тат ауруларына төзімділік Майнс-Джексон және Петерсон шкаласы бойынша жалау жапырақшаның зақымдану дәрежесі бойынша анықталады (Майнс және т.б., 1926). Сол кезде, жапырақ тақтасының бетінің зақымдану пайызы төзімділік дәрежесін сипаттайды және балл арқылы өсімдік пен қоздырғыштың өзара әрекеттесу түрі анықталады.

Қоңыр татқа төзімділігі Джексон шкаласы бойынша бағаланды: 0 – белгілері жоқ немесе пусуласыз некроз; 1 – некрозбен қоршалған ұсақ пусуалар; 2 – некроз немесе хлорозбен қоршалған ұсақ пусуалар; 3 – хлоротикалық аймақпен қоршалған орташа пусуалар; 4 – айналасында хлороз немесе некроз жоқ көптеген урединалар.

Реакция түрі бойынша «0» – иммунитетті бар өсімдіктер, «1» – төзімділігі жоғары, «2» – орташа төзімді, «3» – орташа сезімтал, «4» – өте сезімтал болып бөлінеді (Чен, 2005, Плотникова және т.б., 2009).

Генді локализациялау және гендер санын анықтау үшін моносомды талдау жүргізілді. Сабақтың антоциан түсінің белгілері мен өсімдіктердің қоңыр татына төзімділігі үшін жауап беретін *Lr* және *Pc* гендерінің байланысты тұқымқуалаушылығын анықтау үшін талдаушы будандастыру жүргізілді.



Құрылымдық талдау нәтижесінде зерттелген сорттардың изогендік линиялары зерттелді. Фенотиптік талдау зертханалық жағдайда жүргізілді, келесі белгілер зерттелді: сабақтың ұзындығы, соңғы түйін аралықтардың ұзындығы, бұтақтылық, негізгі масақтың ұзындығы, негізгі масақтың масақтары мен дәндерінің саны, масақтың дәнінің массасы және 1000 дәннің массасы. Алынған деректерді биометриялық талдау әдістерімен өңделді (Соколов және т.б., 2018: 161)

### **Зерттеу нәтижелері және оларды талдау**

*Зерттеу материалды қоңыр тат ауруына төзімділігіне бағалау.*

Зерттеу жұмысының нәтижесінде Казахстанская 126 сортына және сол сорттың 8 изогендік линиясына қоңыр тат төзімділігіне баға берілді. Тат қоздырғыштарына төзімділігін анықтау барысында, жалау жапырақша фазасында фенотиптік бағалау табиғи жағдайда және жасанды инфекциялық фонда жүргізілді және зақымдалған өсімдіктердің дәрежесі, пайызы есептелді.

Алынған нәтижелерді талдау кезінде, жасанды инфекциялық фонда және табиғи жағдайда өсірілген өсімдіктердің тат ауруымен зақымдалуы дерлік бірдей екенін көрсетті (кесте-1, 2).

Жасанды инфекциялық фонда өсірілген үлгілер бойынша сабақтың және құлақшаның антоцианинді бояуымен сипатталатын ИЛ-Рс және ИЛ-Ра изогенді линиялар «0» реакция типіне және абсолютті иммунитет көрсетті. Бақылау сорты Казахстанская 126 және оның негізінде алынған ИЛ-W, ИЛ-Rht изогенді линиялар жоғары сезімтал болып шықты және 3-4 типті зақымданған. Казахстанская 126 сортымен салыстырғанда ИЛ-Eg, ИЛ-Нр, ИЛ-Нg, ИЛ-Bg линиялары орташа төзімді болып шықты (кесте-1).

Кесте-1. Инфекциялық фонда өсірілген қоңыр татпен зақымдалған өсімдіктердің пайызы

№	Сорттар, изогенді линиялар	Реакция типі және зақымдалған өсімдіктердің пайызы					
		“0”	“1”	“2”	“3”	“4”	Барлығы
1	Казахстанская 126	-	-	-	11,86	88,13	59
2	Саратовская 29	-	-	-	86,20	13,79	58
3	ИЛ-W	-	-	-	31,57	68,42	60
4	ИЛ-Eg	-	9,09	81,81	9,09	-	55
5	ИЛ-Нр	-	81,66	18,33	-	-	60
6	ИЛ-Нg	-	54	55	-	-	57
7	ИЛ-Bg	5,04	45,76	50,84	-	-	59
8	ИЛ-Рс	96,66	3,33	-	-	-	60
9	ИЛ-Rht	-	-	-	80	20	60
10	ИЛ-Ra	95	5	-	-	-	60

Жасанды инфекцияға ұшырамаған, табиғи жағдайда өсірілген Қазақстанская 126, Саратовская 29 сорттары мен изогенді линияларына жалау жапырақшасы фазасында фенотиптік бақылау жүргізілді. Алынған сорттар және ИЛ-W және ИЛ-Rht изогендік линиялар мониторинг нәтижесінде қоңыр татқа тұрақсыздығын көрсетті, ол 3–4 зақымдану типімен, өте сезімтал болып және жоғары көрсеткішпен байқалды. ИЛ-Rc және ИЛ-Ra изогендік линиялар жоғары иммунитетті бар болып сипатталды, ал басқа изогендік линиялар «1» төзімді және «2» орташа төзімді реакция типтерін көрсетті (кесте-2, сур.1).

Кесте-2. Табиғи жағдайда өсірілген қоңыр татпен зақымдалған өсімдіктердің пайызы

№	Сорттар, изогенді линиялар	Реакция типі және зақымдалған өсімдіктердің пайызы					
		“0”	“1”	“2”	“3”	“4”	Барлығы
1	Қазақстанская 126	-	-	-	55	45	60
2	Саратовская 29	-	-	-	68,42	31,57	57
3	ИЛ-W	-	-	-	46,55	53,44	58
4	ИЛ-Eg	-	71,66	28,33	-	-	60
5	ИЛ-Np	-	33,89	66,10	-	-	59
6	ИЛ-Ng	-	80	20	-	-	60
7	ИЛ-Bg	-	28,33	46,66	25	-	60
8	ИЛ-Rc	93,33	6,66	-	-	-	60
9	ИЛ-Rht	-	-	-	31,57	68,42	57
10	ИЛ-Ra	89,83	10,16	-	-	-	59

Антоциан пигментінің болуымен сипатталатын линияларда қоңыр тат ауруына қатысты жоғары төзімділік пен ең жоғары тұрақтылық байқалды. Осылайша, ИЛ-Rc (антоциан түсті сабағы) және ИЛ-Ra (антоциан түсті құлақшасы) изогендік линияларында реакция типі «0» жоғары иммунитетті болды (кесте-1, 2).

Реккурентті Қазақстанская 126 сортымен салыстырғанда ИЛ-Eg, ИЛ-Np, ИЛ-Ng, ИЛ-Bg линиялары қоңыр татқа зақымдану дәрежесі бойынша 1–2 типті болды.

Келесі суретте, Қазақстанская 126 сортымен ИЛ-W изогендік линияның тат ауруының зақымдану дәрежесі көрсетілген. ИЛ-W изогендік линияда балаусыз фенотип болады, сондықтан қоңыр тат ауруларына өте сезімтал (1-сурет).

Бастапқыда жапырақтың үстіңгі қабатында ұзындығы 1–2 мм, ені 0,5 мм болатын шашыраңқы (кейде сақина тәрізді) тоты - қоңырқай сопақ уредопустуалар көрсетілген.



Сур.1. Қазақстанская 126 сортының (сол жақта) және ИЛ-В изогендік линияның (оң жақта) тат ауруының зақымдану дәрежесі  
(Fig.1. degree of rust damage of the Kazakstanskaya 126 cultivar (left) and the IL-W isogenic line (right))

Олар эпидермиспен қапталған. Эпидермис жарылып, уредоспордың көп мөлшері жалаңаш қалады. Уредопостуламен қатты зақымдалған өсімдіктердің жапырағының пластинкасы бірақ зақымдалып, жапырақтар жиырылады және тез солады.

*Зерттелетін иммунды үлгілеріне қоңыр татқа төзімділік белгісі бойынша генетикалық талдау жүргізу.*

Изогенді линиялардың төзімділігін бағалау нәтижесінде ИЛ-Рс линиясы "0" реакция типімен қоңыр татқа төзімділікке қатысты ең жоғары төзімділікті көрсетті. Әдеби мәліметтер бойынша антоциан түсіне жауап беретін *Pc* гені 7В хромосомада локализацияланған (Лайкова және т.б., 2005).

Тәжірибеде өсімдіктер морфологиясы белгілерінің тәуелділігі мен татқа төзімділігі маркер генінің бастапқы сорттың генотипіне әсерін зерттеу қызығушылық тудырды.

ИЛ-Рс линиясының төзімділік белгісінің тұқым қуалау сипатын зерттеу үшін генетикалық талдау жүргізіп, Марокко әмбебап сезімтал сортымен будандастырылды (кесте-3).

3-кестеде Қазақстанская 126 және Марокко ата-аналық сорттары "4" реакция типімен қоңыр татқа ұшырағаны көрсетілген. ИЛ-Рс төзімділігінің түрі "0" баллды құрады. ИЛ-Рс қатысуымен  $F_1$  будандарының барлық өсімдіктері

қоңыр татқа төзімді болып шықты, бұл осы белгінің тұқым қуалауының басым сипатын көрсетеді. Жоғары сезімтал сорттардың  $F_1$  будандарының барлық өсімдіктеріне қоңыр тат әсер етті.

Кесте-3. ИЛ-Рс иммунды линиясын Марокко сортымен будандастырудан алынған  $F_1$  және  $F_2$  будандарының генетикалық талдауы

Будандастыру комбинациялары	Өсімдіктер саны			Тұқымқуалау түрі
	Барлық зерттелген	Олардың ішінде		
		R (төзімді)	S (сезімтал)	
$F_1$ гибридтері				
Марокко	125	0	125	
Каз. 126	125	0	125	
ИЛ-Рс	112	112	0	
ИЛ-Рс×Марокко	75	75	0	доминантты
Каз.126×Марокко	75	0	75	
$F_2$ гибридтері				Гипотеза 3:1
ИЛ-Рс×Марокко	216	156	60	$\chi^2=0,88$

ИЛ-Рс × Марокко буданынан алынған  $F_2$  гибридтерін талдау төзімділік белгісінің моногенді тұқым қуалауын көрсетті,  $\chi^2=0,88$ .

Жапырақ татына төзімді көптеген гендер гомологты хромосомалардың 7 тобының хромосомаларында локализацияланғаны белгілі (Шапалов және т.б., 2021). Изогенді линияның қоңыр татқа төзімділігін бақылайтын гендерді бөлу үшін Саратовская 29 сортының моносомды линияларымен маркерленген линияны 7A, 7B, 7D хромосомалары бойынша будандастылды. 3-кестеде  $F_1$  гибридтерін моносомды талдау кезінде барлық өсімдіктер қоңыр татқа төзімді болды, бұл ИЛ-Рс линиясының төзімділік белгісінің тұқым қуалауын генетикалық талдау деректерін растайды.

$F_2$  будандарын одан әрі моносомды талдау гендер санын анықтауға және ИЛ-Рс линиясының жапырақ татына төзімділігін бақылайтын генді локализациялауға мүмкіндік берді (кесте-4).

Кесте-4. ИЛ-Рс изогенді линиясының төзімділігін бақылайтын гендерді локализациялау.

Сорт, линия және гибридтердің атауы	Өсімдіктер саны			Тұқымқуалау түрі
	Барлығы зерттелді	Олардың ішінде		
		R (төзімді)	S (сезімтал)	
$F_1$ гибридтері				
Саратовская 29	100	0	100	

ИЛ-Рс линия	100	100	0	
ИЛ-Рс х моно 7А Саратовская 29	50	50	0	доминантты
ИЛ-Рс х моно 7В Саратовская 29	50	50	0	доминантты
ИЛ-Рс х моно 7D Саратовская 29	50	50	0	доминантты
F <sub>2</sub> гибридтері				$\chi^2$ мәні 3:1
Эуплоидты комбинация: ИЛ-Рс х Сар.29	232	168	64	0,82
ИЛ-Рс х моно 7А Саратовская 29	146	116	30	1,53
ИЛ-Рс х моно 7В Саратовская 29	156	147	9	30,76
ИЛ-Рс х моно 7D Саратовская 29	217	173	44	2,46

Моносомды талдау F<sub>1</sub> будандарының моносомды өсімдіктерінің өздігінен тозанданған ұрпақтарынан алынған F<sub>2</sub> будандарының популяцияларында жүргізілді. F<sub>2</sub> гибридтерінің ұрпақтарын талдау кезінде төзімді өсімдіктердің сезімтал өсімдіктерге қатынасы моногендік тұқым қуалаушылыққа сәйкес келді ( $\chi^2=0,82$ ). Гомологты хромосомалардың 7 тобындағы моносомды линиялардың қатысуымен F<sub>2</sub> будандарында ИЛ-Рс изогенді линиясының 7В хромосома бойынша моносомды линиялармен будандасуында қатты ауытқу байқалды. Бұл жағдайда 7В хромосомалар тобы бойынша, 7А және 7D екі линиямен салыстырғанда,  $\chi^2$  мәні 30,76 құрады (кесте-4). Моносомды 7В линиямен шағылыстыру кезіндегі популяциядағы байқалған ауытқу қоңыр татқа төзімді өсімдіктердің жоғары пайызымен байланысты (кесте-4).

Линия ИЛ-Рс х моно 7В Саратовская 29 гибридтері 147:9 қатынасында болды, бұл ИЛ-Рс линиясында *Lr* гені 7В хромосомасында локализацияланғанын көрсетеді. 7В хромосомасында локализацияланған белгісіз *Lr* гені Қазақстанның оңтүстік-шығысында кең таралған қоңыр тат биотиптеріне төзімділіктің жоғары түрін қамтамасыз етеді.

Изогенді линияның қоңыр татқа төзімділік және сабақтың антоциан түсінің гендерінің 7В хромосомада орналасуы *Lr* және *Pc* гендерінің тіркесуін білдіреді. Сабақтың антоциан түсінің белгілері мен өсімдіктердің қоңыр татына төзімділігі үшін жауап беретін гендердің байланысты тұқым қуалауын анықтау үшін F<sub>1</sub> гибридтерін бастапқы өсімдікпен, *Pc* генімен рецессивті түрде талдаушы будандастырылды. Талдаушы будандасу нәтижелері 5-кестеде келтірілген.

Кесте-5. Гибридтерді талдаушы будандастыру кезінде бағалау

Өсімдіктер сабағының түсі	Барлық зерттелген өсімдіктер	Қоңыр татқа төзімділік	
		R (төзімді)	S (сезімтал)
Сары түсті	103	8	95
Антоциан түсті	115	104	11

Сабақтың түсі бойынша талдауға алынған гибридтер екі фенотиптік классқа бөлінді (115 өсімдік – антоциан түсті, 103 өсімдік – сары түсті). Сабақтарының сары түсі бар өсімдіктер популяциясында 8 өсімдік ауруға төзімді, қалған 95-і сезімтал болды. Керісінше, сабақтарының антоциан түсі бар будандарда төзімді өсімдіктер – 104, ал сезімтал өсімдіктер 11 болды (кесте-5).

Бұл гендердің тіркесуі туралы болжам төрт генотиптің пайда болуына әкеледі: *PcLr*; *Pclr*; *pcLr*; *pclr*. Олардың ішінде *pcLr* және *Pclr* генотиптері бар өсімдіктер ең аз болды және кроссоверлі класс болып табылады. Бұл сабақтың антоциан түсінің пайда болуына және қоңыр татқа – *Lr* төзімділігіне жауап беретін гендердің алмасуын көрсетеді. *Pc* және *Lr* гендерінің арасындағы байланыс күші 9,35 % құрады, бұл пайыз хромосомалардың қиылысу мөлшерін көрсетеді. Бұл жағдайда корреляция коэффициентінің мәні жоғары, яғни  $r=0,80\pm 0,02$  болды.

#### Изогенді линиялардың өнімділігін зерттеу

Бақылау сортымен екі изогенді ИЛ-Ra және ИЛ-Rp линияларға морфометриялық талдау жүргізілді. Талдау нәтижесінде 6-кестеде келтірілген нақты мәліметтер алынды.

Кесте-6. Бақылау сортының және оның Ra және Rp гендер бойынша изогенді линияларының өнімділік элементтері

Белгілері	Сорт және изогенді линиялар		
	Бақылау	ИЛ-Rp	ИЛ-Ra
Сабақтың ұзындығы	101,92±0,39	107,36±0,57***	91,00±1,182***
Соңғы түйін аралығының ұзындығы	50,6±0,49	53,9±0,48***	43,65±0,55***
Бұтақтануы	5,1±0,11	7,5±0,13***	6,98±0,23***
Масак ұзындығы	11,5±0,6	12,185±0,32	14,33±0,26***
Масақшалар саны	18,7±0,14	18,43±0,20	20,93±0,22***
Негізгі масак дәндерінің саны	50,22±0,46	60,54±0,46***	65,9±0,48***
Негізгі масак дәндерінің массасы	2,33±0,10	2,82±0,105***	2,91±0,16**
1000 дән массасы	42,77 ± 0,7	46,82±0,7***	48,52±0,6***
Дән ұзындығы	0,63±0,01	0,71±0,04 *	0,75±0,03***
Дән ені	0,49±0,06	0,34±0,05 *	0,34±0,05***
Ескерту: * P>0,95 ** P>0,99; *** P>0,999.			

Сабақтың ұзындығы — бұл сандық белгі және биометриялық әдістермен талданады. ИЛ-Ра изогенді линиясында сабақтың ұзындығы –  $91,00 \pm 1,18$  см. болды, бақылау сортымен ( $101,92 \pm 0,39$ ) салыстырғанда өсімдіктер биіктігінің төмендеуі анықталды. Керісінше, ИЛ-Рр линиясында осы көрсеткіш  $107,36$  см болды, яғни  $0,57$  см-ге дейін сенімді өсуі байқалды (кесте-6).

Жоғарғы түйін аралықтың ұзындығы сабақтың ұзындығымен байланысты. Тиісінше, жоғарғы түйін аралық неғұрлым қысқа болса, өсімдіктің сабағы соғұрлым мықты және сынғыш болмайды. Бұл белгіні зерттеу түйін аралықтардың ұзындығы сабақтың биіктігіне сәйкес сенімді түрде өзгеретінін көрсетті (кесте-6).

Өнімді бұтақтануы – бұл өсімдік өнімділігінің маңызды көрсеткіші (Белкина және т.б., 2010: 228). Осы белгіні зерттеу нәтижесінде изогенді линияларда осы көрсеткіштің сенімді өсуі байқалды. Сонымен, ИЛ-Ра линиясында бұтақтар –  $6,98 \pm 0,23$ , ИЛ-Рр линиясында –  $7,5 \pm 0,13$ , бақылаумен салыстырғанда -  $5,1 \pm 0,13$  дана айырмашылық  $p < 0,001$  кезінде сенімді болып табылады.

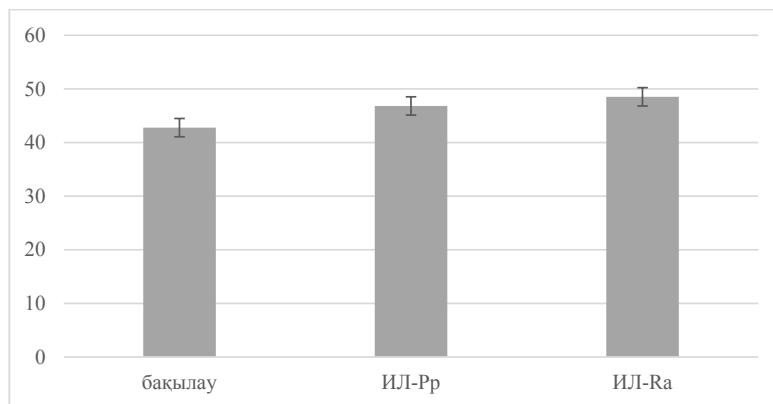
Масақ — бидай дәндері пайда болатын өсімдіктің маңызды мүшелерінің бірі (Белкина және т.б., 2012). Зерттеу нәтижелері масақ ұзындығының сенімді ұлғаюы ИЛ-Ра линиясында ( $14,33 \pm 0,26$  см) байқалады, ал ИЛ-Рр линиясында ( $12,185 \pm 0,32$ ) масақтың ұзаруы бақылаумен ( $11,5 \pm 0,60$ ) салыстырғанда сенімді емес.

Масақшалар — қарапайым гүлшоғырлар, олар өз кезегінде масақтың иінді орталық осінен шығады. Масақшалар саны бойынша алынған мәліметтерді талдау кезінде ИЛ-Ра линиясының масақшалар саны ( $20,93 \pm 0,22$  дана) бақылау сортының көрсеткіштерінен ( $18,7 \pm 0,14$  дана) және ИЛ-Рр линиясынан ( $18,43 \pm 0,20$  дана) сенімді артуы көрсетілді.

Дәндер саны бидай өнімділігінің маңызды көрсеткіштерінің бірі болып табылады. Негізгі масақтағы дәндер саны неғұрлым көп болса, сорт соғұрлым өнімді болып саналады (Митрофанова, 2012). Осы белгіні зерттеу кезінде, изогенді линияларды бақылаумен салыстырмалы талдау ИЛ-Рр және ИЛ-Ра изогенді линияларында дәндер санының көрсеткіштері бақылаудан ( $50,22 \pm 0,46$  дана) сенімді асып кеткенін, яғни,  $60,54 \pm 0,46$  дана және  $65,9 \pm 0,48$  дана болғанын көрсетті.

Бидайдың 1000 дәннің массасы жоғары тұқым қуалаушылығы бар астық алудағы маңызды көрсеткіші болып табылады. Бұл белгі өсімдік өнімділігі мен астық өнімділігімен жоғары корреляцияға ие және маңызды селекциялық белгі болып табылады. Бидай 1000 дәннің массасы бойынша төрт топқа бөлінеді: салмағы 1000 дән – 30 г – нан өте жоғары, орташадан жоғары – 25-30 г, орташа – 22-25 г, орташадан төмен-22 г және одан да аз. 1000 дән массасының төмендеуі эндоспермнің жеткіліксіз толтырылуына байланысты пайда болады (Камасин және т.б., 2018: 108).

Бақылаумен салыстырғанда ИЛ-Рр және ИЛ-Ра линияларында бұл көрсеткіштің сенімді өсуі анықталды (кесте-6, сур.2).



Сур.2. Изогенді линияларының 1000 дән массасының диаграммасы  
(Fig.2. 1000 grain mass diagram of isogenic lines)

6-кестеде көрсетілгендей, ИЛ-Рр линиясында 1000 дәннің массасы бақылаумен салыстырғанда –  $42,77 \pm 0,7$  - ден орта есеппен  $46,82 \pm 0,7$  - ге дейін артты. Бұл айырмашылықтар 3 шегі бойынша сенімді  $p < 0,001$  болды.

2-ші суретте көрсетілгендей, ИЛ-Ра изогенді линиясының салыстырмалы талдауы 1000 дән массасының  $48,52 \pm 0,6$  г дейін айтарлықтай өсуін көрсетеді, бұл өнімділікке қатысты осы линияны оң сипаттайды. Айырмашылық  $p < 0,001$  кезінде сенімді болды.

Осылайша, бақылаумен салыстырғанда осы көрсеткіштің едәуір артуын көрсететін 1000 дәннің массасын салыстырмалы талдау бақылаумен салыстырғанда изогенді линияларда ірі дәннің қалыптасуы байқалды.

Морфометриялық талдау процесінде изогенді линиялар дәндерінің ұзындығы мен ені де өлшенді. Осы талдау барысында ИЛ-Ра ( $0,75 \pm 0,03$ ) изогенді линиясындағы дәннің ұзындығы ИЛ-Рр-ға қарағанда сенімді жоғары, ал ИЛ-Рр ( $0,71 \pm 0,04$ ) дәннің ені бақылаудан ( $0,63 \pm 0,01$ ) жоғары екендігі атап өтілді. ИЛ-Ра ( $0,34 \pm 0,05$ ) және ИЛ-Рр линиясының ( $0,34 \pm 0,05$ ), дәндерінің ені бірдей, ал бақылауда ( $0,49 \pm 0,06$ ) бұл көрсеткіш изогенді линияларға қарағанда жоғары, дегенмен, изогенді линияларда 1000 дәннің массасы жоғары. Бұл бидайдың өнімділігінде дәннің ені маңызды рөл атқармайды, ал дәннің ұзындығы маңызды көрсеткіш болып табылады.

### Қорытынды

Бұл жұмыста, изогенді линиялардың қоңыр татына төзімділігін және өнімділігін зерттеу мақсатында алынған нәтижелер негізінде мынадай қорытындылар жасалды.

Зақымдануы дәрежесі бойынша инфекциялық фондағы және табиғи жағдайда өсірілген ИЛ-Рс, ИЛ-Ра бидай изогендік линияларда реакция типі «0» абсолютті иммунитетті, ал тестер сорттары және ИЛ-W, ИЛ-Rht изогенді линиялар өте сезімтал болып анықталды. Зерттеуде алынған үлгілер бойынша



ИЛ-Рс, ИЛ-Ра изогендік линиялары қоңыр тат ауруына жоғары төзімділік көрсетті және осы белгі бойынша тиімді донорлары болып табылады, бұл линияларды болашақта төзімділікке бағытталған селекция процесінде бастапқы материал ретінде қолдануға болады.

Қоңыр татқа төзімділік белгісі ИЛ-Рр изогендік линияда бір генмен және ИЛ-Ра изогендік линияда екі генмен тұқым қуалайтыны көрсетілді.

Сонымен қатар, бидайдың изогендік линиялары олардың бастапқы бақылау сортына қарағанда анағұрлым өнімді болып табылады. ИЛ-Ра және ИЛ-Рр изогендік линияларда бақылаумен салыстырғанда сабақ ұзындығы, өнімді бұтақтануы, масақ ұзындығы, негізгі масақтағы дән саны, 1000 дән массасы сияқты белгілер бойынша көрсеткіштердің артқаны байқалды. Алайда, изогендік линиялар масақтар саны, негізгі масақтағы дән массасы мен дән ұзындығы көрсеткіштері бойынша бақылау сортынан аз артқаны анықталды. Бақылау сортының дәнінің ені изогендік линияларға қарағанда артық, бірақ дәннің ені аз болғанымен дәндердің ұзындығы және эндоспермінің толтырылуы бақылау сортына қарағанда жоғары болды. Бұл белгілер бидайдың өнімділігінде маңызды көрсеткіштері болып табылады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

Aktar-Uz-Zaman, Md. et al. “Genetic analysis of rust resistance genes in global wheat cultivars: an overview.” *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 31 (2015): 431–445.

Babu P., Baranwal D.K., Harikrishna, Pal D., Bharti H., Joshi P., Thiyagarajan B., Gaikwad K.B., Bhardwaj S.C., Singh G.P., Singh A., 2020 — *Babu P., Baranwal D.K., Harikrishna, Pal D., Bharti H., Joshi P., Thiyagarajan B., Gaikwad K.B., Bhardwaj S.C., Singh G.P., Singh A.* Application of Genomics Tools in Wheat Breeding to Attain Durable Rust Resistance. *Front Plant Sci.* 2020 Sep 11; 11:567147.

Burdon J.J., Barrett L.G., Rebetzke G., Thrall P.H., 2014 — *Burdon J.J., Barrett L.G., Rebetzke G., Thrall P.H.* Guiding deployment of resistance in cereals using evolutionary principles. *Evol Appl.* 2014. 7:609–624.

Chen X.M., 2005 — *Chen X.M.* Epidemiology and control of stripe rust [*Puccinia striiformis* f. *Sp. tritici*] on wheat. *Can. J. Bot.* 2005; 27:314–337.

Kokhmetova A., Malysheva A., Kumarbayeva M., Bolatbekova A., Kokhmetova A., 2022 — *Kokhmetova A., Malysheva A., Kumarbayeva M., Bolatbekova A., Kokhmetova A.* Evaluation of the wheat recombinant inbred lines for resistance to leaf rust // *Научный журнал Доклады НАН РК.* – 2022. – Vol. 2. – Pp. 48–60. DOI: 10.32014/2022.2518-1483.147.

Mains E.B., Jackson H.S., 1926 — *Mains E.B., Jackson H.S.* Physiologic specialization in the leaf rust of wheat *Puccinia triticiana* Erikss. *Phytopathology.* 1926; 16:89–120.

Muleta K.T., Rouse M.N., Rynearson S., Chen X., Buta B.G., Pumphrey M.O., 2017 — *Muleta K.T., Rouse M.N., Rynearson S., Chen X., Buta B.G., Pumphrey M.O.* Characterization of molecular diversity and genome-wide mapping of loci associated with resistance to stripe rust and stem rust in Ethiopian bread wheat accessions. *BMC Plant Biol.* 2017 Aug 4;17(1):134.

Ortiz R., Braun H.J., Crossa J. et al., 2008 — *Ortiz R., Braun H.J., Crossa J. et al.* Wheat genetic resources enhancement by the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). *Genetic Resources and Crop Evolution* 55 (2008). 1095–1140.

Wenzel G., Foroughi-Wehr B., 1994 — *Wenzel G., Foroughi-Wehr B.* Production and Use of Isogenic Lines // *Plant cell and tissue culture.* – Springer, Dordrecht, 1994. – С. 153–172.

Байтенов М.С., 2001 — *Байтенов М.С.* Флора Казахстана. – Алматы: Ғылым, 2001. – Т. 2. – 279 с

Белкина Р.И., Кузнецова Е.А., 2012 — *Белкина Р.И., Кузнецова Е.А.* Качество семян и урожайность яровой пшеницы // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 2. С. 30–31.

Белкина Р.И., Михайлова А.В., Фадеева Е.Ф., 2010 — *Белкина Р.И., Михайлова А.В., Фадеева Е.Ф.* Основы биохимии зерна. Учебное пособие / Тюменская государственная сельскохозяйственная академия. Тюмень, 2010. 228 с.

Камасин С.С., Тарануха В.Г., 2018 — *Камасин С.С., Тарануха В.Г.* Растениеводство. Хлеба 1-й группы: учебно-методическое пособие. Горки: БГСХА, 2018–103 с.

Коваль С.Ф., Коваль В.С., Шаманин В.П., 2001 — *Коваль С.Ф., Коваль В.С., Шаманин В.П.* Изогенные линии пшеницы. Омск: Омскбланкиздат. – 2001. – 148 с

Лайкова Л.И., Арбузова В.С., Ефремова Т.Т., Попова О.М., 2005 — *Лайкова Л.И., Арбузова В.С., Ефремова Т.Т., Попова О.М.* Генетический анализ антоциановой окраски стебля и пыльников у растений мягкой пшеницы. Генетика. – 2005. – Т. 41. – № 10. – С. 1428–1433.

Митрофанова О.П., 2012 — *Митрофанова О.П.* Генетические ресурсы пшеницы в России: состояние и перспективы и предселекционное изучение. Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2012. – Т. 16. – № 1. – С. 10–20.

Плотникова Л.Я., Мешкова Л.В., 2009 — *Плотникова Л.Я., Мешкова Л.В.* Эволюция цитогенетических взаимоотношений возбудителя бурой ржавчины и пшеницы при преодолении устойчивости, детерминированной геном Lr19. Микология и фитопатология. – 2009. – Т. 43. – № 4. – С. 343–357.

Соколов И.Д., 2018 — *Соколов И.Д.* Биометрия: учебник; под общ. ред. Л. П. Трошина. – Краснодар: КубГАУ, 2018–161 с.

Тарасевич А.А., 2013 — *Тарасевич А.А.* Устойчивость к болезням коллекционных образцов, соматклонов, изогенных линий различных видов яровой пшеницы / А.А. Тарасевич, Н.Н. Колоколова // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 8. – С. 27–29.

Тырышкин Л.Г., 2007 — *Тырышкин Л.Г.* Генетическое разнообразие пшеницы и ячменя по эффективной устойчивости к болезням и возможности его расширения: автореферат на соискание учёной степени доктора биологических наук. – Санкт-Петербург. – 2007. – 258 с.

Шапалов Ш.К., 2021 — *Шапалов Ш.К.* Оценка устойчивости сортов пшеницы к листовому бурой ржавчине / Ш. К. Шапалов, В. Н. Босак. Технологические аспекты возделывания сельскохозяйственных культур – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. – С. 443–445.

## REFERENCES

Aktar-Uz-Zaman, Md. et al., 2015 — *Aktar-Uz-Zaman, Md. et al.* “Genetic analysis of rust resistance genes in global wheat cultivars: an overview.” *Biotechnology & Biotechnological Equipment* 31 (2015): 431–445. (In Eng.).

Babu P., Baranwal D.K., Harikrishna, Pal D., Bharti H., Joshi P., Thiyagarajan B., Gaikwad K.B., Bhardwaj S.C., Singh G.P., Singh A., 2020 — *Babu P., Baranwal D.K., Harikrishna, Pal D., Bharti H., Joshi P., Thiyagarajan B., Gaikwad K.B., Bhardwaj S.C., Singh G.P., Singh A.* Application of Genomics Tools in Wheat Breeding to Attain Durable Rust Resistance. *Front Plant Sci.* 2020, Sep 11; 11:567147. (In Eng.).

Bajtenov M.S., 2001 — *Bajtenov M.S.* Flora of Kazakhstan [Flora Kazahstana]. – Almaty: Gylym. – Vol. 2. 279 p. (In Russ.).

Belkina R.I., Kuznecova E.A., 2012 — *Belkina R.I., Kuznecova E.A.* Seed quality and yield of spring wheat. Achievements of science and technology of Agro-industrial complex [Kachestvo semjan i urozhajnost' jarovoj pshenicy. Dostizhenija nauki i tehniki APK]. № 2. Pp.30–31. (In Russ.).

Belkina R.I., Mihajlova A.V., Fadeeva E.F., 2010 — *Belkina R.I., Mihajlova A.V., Fadeeva E.F.* Fundamentals of grain biochemistry. Textbook [Osnovy biohimii zerna. Uchebnoe posobie / Tjumenskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija]. T'jumen'. P. 228.

Burdon J.J., Barrett L.G., Rebetzke G., Thrall P.H., 2014 — *Burdon J.J., Barrett L.G., Rebetzke G., Thrall P.H.* Guiding deployment of resistance in cereals using evolutionary principles. *Evol Appl.* 2014; 7: 609–624. (In Eng.).

Chen X.M., 2005 — *Chen X.M.* Epidemiology and control of stripe rust [*Puccinia striiformis* f. *Sp. tritici*] on wheat. *Can. J. Bot.* 2005. 27:314–337. (In Eng.).

Kamasin S.S., Taranuho V.G., 2018 — *Kamasin S.S., Taranuho V.G.* Plant production. Bread of the first group: an educational and methodical manual [Rastenievodstvo. Hleba 1-j gruppy: uchebno-metodicheskoe posobie]. Gorki: BGSHA, 103 p. (In Russ.).

Kokhmetova A., Malysheva A., Kumarbayeva M., Bolatbekova A., Kokhmetova A., 2022 — *Kokhmetova A., Malysheva A., Kumarbayeva M., Bolatbekova A., Kokhmetova A.* Evaluation of the wheat recombinant inbred lines for resistance to leaf rust // *Scientific Journal Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. – 2022. – Vol. 2. – Pp. 48–60. DOI: 10.32014/2022.2518-1483.147. (In Eng.)

Koval' S.F., Koval' V.S., Shamanin V.P., 2001 — *Koval' S.F., Koval' V.S., Shamanin V.P.* Isogenic wheat lines [Izogennyye linii pshenicy]. Omsk: Omskblankizdat. 148 p. (In Russ.).

Lajkova L.I., Arbuzova V.S., Efremova T.T., Popova O.M., 2005 — *Lajkova L.I., Arbuzova V.S., Efremova T.T., Popova O.M.* Genetic analysis of anthocyanin coloration of stems and anthers in plants of Myago wheat [Geneticheskij analiz antocianovoj okraski steblya i pyl'nikov u rastenij mjagkoj pshenicy]. *Genetika*. vol. 41. № 10. Pp. 1428–1433. (In Russ.).

Mains E.B., Jackson H.S., 1926 — *Mains E.B., Jackson H.S.* Physiologic specialization in the leaf rust of wheat *Puccinia triticiana* Erikss. *Phytopathology*. 1926; 16:89–120. (In Eng.).

Mitrofanova O.P., 2012 — *Mitrofanova O.P.* Genetic resources of wheat in Russia: state and prospects and preselection [Geneticheskie resursy pshenicy v Rossii: sostojanie i perspektivy i predselekcionnoe izuchenie]. *study Vavilovsky Journal of Genetics and Breeding*. vol. 16. № 1. Pp.10–20. (In Russ.).

Muleta K.T., Rouse M.N., Rynearson S., Chen X., Buta B.G., Pumphrey M.O., 2017— *Muleta K.T., Rouse M.N., Rynearson S., Chen X., Buta B.G., Pumphrey M.O.* Characterization of molecular diversity and genome-wide mapping of loci associated with resistance to stripe rust and stem rust in Ethiopian bread wheat accessions. *BMC Plant Biol.* 2017 Aug 4;17(1):134. (In Eng.).

Ortiz R., Braun H.J., Crossa J. et al., 2008 — *Ortiz R., Braun H.J., Crossa J. et al.* Wheat genetic resources enhancement by the International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT). *Genetic Resources and Crop Evolution* 55: 2008. Pp. 1095–1140. (In Eng.).

Plotnikova L.Ja., Meshkova L.V., 2009 — *Plotnikova L.Ja., Meshkova L.V.* Evolution of cytophysiological relationships of the causative agent of brown rust and wheat in overcoming resistance determined by the Lr19 gene [Jevoljucija citofiziologicheskikh vzimootnoshenij vozбудitelja buroj rzhavchiny i pshenicy pri preodolenii ustojchivosti, determinirovannoj genom Lr19. Mikologija i fitopatologija]. vol. 43. № 4. Pp. 343–357. (In Russ.).

Shapalov Sh.K., 2021 — *Shapalov Sh.K.* Assessment of resistance of wheat varieties to leaf brown rust / Sh.K. Shapalov, V.N. Bosak // *Technological aspects of cultivation of agricultural crops [Ocenka ustojchivosti sortov pshenicy k listovoj buroj rzhavchine] / Sh.K. Shapalov, V.N. Bosak.* [Tehnologicheskie aspekty vozdeľyvanija sel'skohozjajstvennyh kul'tur – Gorki: Belorusskaja gosudarstvennaja sel'skohozjajstvennaja akademija]. Pp. 443–445. (In Russ.).

Sokolov I.D., 2018 — *Sokolov I.D.* Biometrics: textbook [Biometrija: uchebnik]; red. L.P. Troshina. – Krasnodar: KubGAU. 161 p. (In Russ.).

Tarasevich A.A., 2013 — *Tarasevich A.A.* Disease resistance of collection samples, somaclones, isogenic lines of several types of spring wheat [Ustojchivost' k boleznyam kollekcionnyh obrazcov, somaklonov, izogennyh linij razlichnyh vidov jarovoj pshenicy. A.A. Tarasevich, N.N. Kolokolova. *Uspehi sovremennogo estestvoznanija*]. № 8. 27–29 p. (In Russ.).

Tyryshkin L.G., 2007 — *Tyryshkin L.G.* Genetic diversity of wheat and barley on effective resistance to diseases and the possibility of its expansion [Geneticheskoe raznoobrazie pshenicy i jachmenja po jeffektivnoj ustojchivosti k boleznyam i vozmozhnosti ego rasshirenija]. – Sankt-Peterburg. 258 p. (In Russ.).

Wenzel G. and B. Foroughi-Wehr., 1994— *Wenzel G. and B. Foroughi-Wehr.* "Production and Use of Isogenic Lines." *Plant cell and tissue culture*. Springer, Dordrecht, 1994. 153–172. (In Eng.).

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

ISSN 2224-5227

Volume 345, Number 1 (2023), 68–81

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.185>

УДК 636: 618.19-002 + 615.036.8

© **V.G. Semenov<sup>1\*</sup>, V.G. Tyurin<sup>2</sup>, A.V. Luzova<sup>1</sup>, E.P. Simurzina<sup>1</sup>,  
A.P. Semenova<sup>1</sup>, 2023**

<sup>1</sup>Chuvash State Agrarian University, Cheboksary, Chuvash Republic, Russia;

<sup>2</sup>The All-Russian Scientific Research Institute of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology is a branch of the Federal State Budgetary Research Center of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

E-mail: [semenov\\_v.g@list.ru](mailto:semenov_v.g@list.ru)

### **SCIENTIFIC AND PRACTICAL JUSTIFICATION OF THE USE OF IMMUNOTROPIC AGENTS IN THE PREVENTION AND TREATMENT OF COW MASTITIS**

**Semenov V.G.** — Doctor of Biological Sciences. Professor. Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy of the Chuvash State Agrarian University. 428003. Cheboksary. Russia  
E-mail: [semenov\\_v.g@list.ru](mailto:semenov_v.g@list.ru). ORCID: 0000-0002-0349-5825;

**Tyurin V.G.** — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, All-Russian Research Institute of Veterinary Sanitation. Hygiene and Ecology – branch of FSBI FNC RES RAS. 123022. Moscow. Russia  
E-mail: [potyemkina@mail.ru](mailto:potyemkina@mail.ru). ORCID: 0000-0002-0153-9775;

**Luzova A.V.** — Postgraduate student of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy of the Chuvash State Agrarian University. 428003. Cheboksary. Russia  
E-mail: [luzova\\_anna@mail.ru](mailto:luzova_anna@mail.ru). ORCID: 0000-0002-8584-7205;

**Simurzina E.P.** — Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy of the Chuvash State Agrarian University. 428003. Cheboksary. Russia  
E-mail: [gra92gra@gmail.com](mailto:gra92gra@gmail.com). ORCID: 0000-0002-3539-7808;

**Semenova A.P.** — postgraduate student of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy of the Chuvash State Agrarian University. 428003. Cheboksary. Russia  
E-mail: [semapirova@mail.ru](mailto:semapirova@mail.ru). ORCID: 0000-0003-3150-3594.

**Abstract.** The purpose of this work was the scientific and practical justification of the feasibility of using immunotropic agents of a new generation in the prevention and treatment of cow mastitis. The objects of research were black-and-white cows during periods of deadwood (45 days before calving), newness (3-5 days after calving) and lactation. In the first series of experiments, prevention of cow mastitis was carried out with immunotropic drugs Prevention-N-A-M and Prevention-N-B-S, developed by scientists of the Chuvash State Agrarian University, as well as with the drug Mastinol, in the second series of experiments — treatment with drugs Prevention-N-A-M, Prevention-N-B-S, Amoxicillin. To prevent mastitis, the

cows of the 1st experimental group were intramuscularly injected with Prevention-N-A-M at a dose of 10 ml 45–40, 25–20, 15–10 days before calving, the 2nd experimental group - Prevention-N-B-S, the 3rd experimental group - Mastinol at the specified dose and at the same for periods of time, no drugs were used in cows of the control group. Mastitis therapy was carried out according to the following scheme: Prevention-N-A-M was injected into animals of the 1st experimental group, Prevention-N-B-S intramuscularly 40 ml three times every 24 hours, Amoxicillin 40 ml twice in the 3rd experimental group with an interval of 48 hours. It has been established that immunotropic drugs contribute to the prevention and treatment of cow mastitis, prevent postpartum complications, improve reproductive and productive qualities by activating hematopoiesis, metabolism, selective mobilization of factors of cellular and humoral links of nonspecific resistance of the body, with a more pronounced Prevention-N-A-M effect. In the course of scientific experience, we touched upon the problem of the incidence of cows with mastitis and proposed ways to increase the efficiency of dairy cattle breeding through the introduction of environmentally safe immunotropic drugs Prevention-N-A-M and Prevention-N-B-S, contributing to the prevention and treatment of cow mastitis, improving the productive and reproductive qualities of dairy cattle.

**Keywords:** cattle, mastitis, immunotropic agents, prevention, treatment, milk

© **В.Г. Семенов<sup>1\*</sup>, В.Г. Тюрин<sup>2</sup>, А.В. Лузова<sup>1</sup>, Е.П. Симурзина<sup>1</sup>,  
А.П. Семенова<sup>1</sup>, 2023**

<sup>1</sup>Чувашский государственный аграрный университет, Чебоксары,  
Чувашская Республика, Россия;

<sup>2</sup>Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной  
санитарии, гигиены и экологии – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН,  
Москва, Россия.

E-mail: semenov\_v.g@list.ru

## **НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИММУНОТРОПНЫХ СРЕДСТВ В ПРОФИЛАКТИКЕ И ТЕРАПИИ МАСТИТА КОРОВ**

**Семенов В.Г.** — доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой морфологии, акушерства и терапии ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ. 428003. Чебоксары. Россия

E-mail: semenov\_v.g@list.ru. ORCID: 0000-0002-0349-5825;

**Тюрин В.Г.** — доктор ветеринарных наук, профессор. ВНИИВСГЭ – филиал ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН. 123022. Москва. Россия

E-mail: potyemkina@mail.ru. ORCID: 0000-0002-0153-9775;

**Лузова А.В.** — аспирант кафедры морфологии, акушерства и терапии ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ. 428003. Чебоксары. Россия

E-mail: luzova\_anna@mail.ru. ORCID: 0000-0002-8584-7205;

**Симурзина Е.П.** — кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры морфологии, акушерства и терапии ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ. 428003. Чебоксары. Россия

E-mail: gra92gra@gmail.com. ORCID: 0000-0002-3539-7808;

**Семенова А.П.** — аспирант кафедры морфологии, акушерства и терапии ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ. 428003. Чебоксары. Россия

E-mail: semapetrovna@mail.ru. ORCID: 0000-0003-3150-3594.

**Аннотация.** Целью настоящей работы стало научно-практическое обоснование целесообразности применения иммуностропных средств нового поколения в профилактике и терапии мастита коров. Объектами исследований были коровы черно-пестрой породы в периоды сухостоя (за 45 суток до отела), новотельности (на 3–5 сутки после отела) и лактации. В первой серии опытов проведена профилактика мастита коров иммуностропными препаратами Prevention-N-A-M и Prevention-N-B-S, разработанными учеными Чувашского ГАУ, а также лекарственным препаратом Мастинол, во второй серии опытов – лечение – препаратами Prevention-N-A-M, Prevention-N-B-S, Амоксициллин. Для профилактики мастита коровам 1-й опытной группы внутримышечно вводили Prevention-N-A-M в дозе 10 мл за 45–40, 25–20, 15–10 суток до отела, 2-ой опытной группы – Prevention-N-B-S, 3-й опытной группы – Мастинол в указанной дозе и в те же периоды времени, коровам контрольной группы препараты не применялись. Терапию мастита проводили по следующей схеме: животным 1-ой опытной группы инъецировали Prevention-N-A-M, 2-ой – Prevention-N-B-S внутримышечно по 40 мл трижды через каждые 24 часа, 3-й опытной группы – Амоксициллин по 40 мл двукратно с интервалом 48 часов. Установлено, что иммуностропные препараты способствуют профилактике и лечению мастита коров, предупреждают послеродовые осложнения, улучшают воспроизводительные и продуктивные качества за счет активизации гемопоза, метаболизма, избирательной мобилизации факторов клеточного и гуморального звеньев неспецифической резистентности организма, при более выраженном эффекте Prevention-N-A-M. В ходе научного опыта нами затронута проблема заболеваемости коров маститом и предложены способы повышения эффективности молочного скотоводства за счет внедрения экологически безопасных иммуностропных препаратов Prevention-N-A-M и Prevention-N-B-S, способствующих профилактике и лечению мастита коров, повышению продуктивных и воспроизводительных качеств молочного скота.

**Ключевые слова:** крупный рогатый скот, мастит, иммуностропные средства, профилактика, лечение, молоко

### **Введение**

Мастит крупного рогатого скота – заболевание молочной железы, вызываемое бактериями, вирусами, грибами. Ранее мастит связывали со снижением воспроизводительной функции молочных коров (Dalanezi et al., 2020). Это связано с тем, что болезни послеродового периода, такие как метрит, эндометрит и мастит, рассматривались в качестве основных причин дисфункции яичников у млекопитающих (Dahiya et al., 2018).

Заболевания молочной железы коров негативно влияют на благополучие животных, молочную продуктивность, качество молока, прибыльность

скотоводства и увеличение использования противомикробных препаратов (Rainard et al., 2021), что приводит к выбраковке и сокращению продуктивного долголетия молочных коров (Kurokawa et al., 2021). Возможными методами борьбы являются эрадикация, иммунизация, профилактика и терапия, разведение резистентных коров или улучшение факторов управления (Dodd, 1983).

Мастит, вызываемый кишечной палочкой (*E. coli*), остается угрозой для молочных животных, влияет на их благополучие и наносит большой экономический ущерб (Guo et al., 2021). Патогенная инфекция оказывает негативное влияние не только на больное животное, но и на человека. Экзотоксины *S. aureus*, оставшиеся в молочных продуктах для потребления человеком, могут вызвать вспышки стафилококкового пищевого отравления (Abril et al., 2020).

Было установлено, что наиболее эффективными антибиотиками при мастите коров являются аминогликозиды и хинолоны (Awandkar, 2022). Устойчивость к антибиотикам и отставание в разработке новых антибактериальных препаратов представляют серьезную проблему для животноводческой отрасли (Guo et al., 2021). Поэтому для сокращения использования антибиотиков в животноводстве необходимо пересмотреть методы лечения мастита у молочных коров. Авторами изучена возможность применения окситоцина при мастите коров, так как он вызывает выделение молока и, следовательно, способствует удалению молока из инфицированных молочных желез. Помимо опорожнения вымени, инъекция высоких доз окситоцина вызывает увеличение количества соматических клеток в молоке и обеспечивает перенос иммуноглобулинов из крови в молоко через гематомолочный барьер (Strasser et al., 2021).

По проявлению заболевания мастит коров подразделяется на клиническую и субклиническую (скрытую) формы. Субклинический мастит является одним из высоко инфекционных заболеваний у молочных коров с высокой частотой встречаемости и незаметными клиническими признаками (Wang et al., 2021). Исследования свидетельствуют, что распространенность субклинического мастита в Африке и Азии обычно превышает 50 %, что угрожает благополучию животных, фермеров, переработчиков молочной продукции и потребителей (Sah et al., 2020).

Точная диагностика заболевания является важным шагом между выявлением причины и излечением болезни. Чем раньше будет выявлено заболевание, тем меньше будет ущерб. С учетом этого предпринимается много усилий для разработки надежных диагностических инструментов для использования на ферме. Традиционные методы, включая подсчет соматических клеток и культивирование микроорганизмов, частично заменяются тестами на основе полимеразной цепной реакции и секвенирования. Исследовательские лаборатории разрабатывают современные простые, экономичные и удобные для пользователя методы на основе биосенсоров, которые можно было бы использовать на ферме для быстрой диагностики (Ashraf, 2018). Важным пре-

имуществом современных сенсорных систем является возможность проведения нескольких измерений в день, оперативный сбор и доступная обработка большого объема данных (Hogveen, 2021; Van der Voort et al., 2021).

Одним из методов профилактики мастита коров является вакцинация. Тщательная оценка прошлых и текущих исследований вакцин против мастита выявляет особенности, но также и общие черты среди инфекций молочной железы, связанных с основными возбудителями мастита *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus uberis*, *Streptococcus agalactiae* или *Streptococcus dysgalactiae*. Главная ошибка заключается в том, что иммунные механизмы эффективной защиты не были полностью идентифицированы. До сих пор разработка вакцин была направлена на выработку антител (Rainard et al., 2021).

С этой точки зрения наиболее приемлемой является профилактика и терапия мастита, направленная, прежде всего, на активизацию клеточных и гуморальных факторов неспецифической резистентности организма. Следовательно, разработка и внедрение в производство комплексных иммунотропных препаратов для активизации защитно-приспособительных функций организма и, как следствие, профилактики и лечения мастита коров является актуальной проблемой современной ветеринарной науки и практики.

*Цель работы* – научно-практическое обоснование целесообразности применения иммунотропных средств нового поколения в профилактике и терапии мастита коров.

#### **Материалы и методы**

Научно-исследовательская работа выполнена на кафедре морфологии, акушерства и терапии ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, экспериментальная часть НИР проведена в ООО «Победа» Яльчикского района Республики Чувашия, а обработка материалов — в БУ ЧР «Чувашская республиканская ветеринарная лаборатория» Госветслужбы ЧР и лаборатории клинико-гематологических исследований ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ в период с 2020 по 2022 гг.

Объектами исследований были коровы черно-пестрой породы в периоды сухостоя (за 45 суток до отела), новотельности (на 3–5 сутки после отела) и лактации. В первой серии опытов по принципу групп-аналогов с учетом клинико-физиологического состояния, возраста и живой массы было сформировано четыре группы коров по 10 голов в каждой: одна контрольная и три опытные, во второй — три опытные группы по 15 голов в каждой. Условия содержания и кормления коров всех групп были одинаковыми.

В первой серии опытов мы проводили профилактику мастита коров иммунотропными препаратами Prevention-N-A-M и Prevention-N-B-S, разработанными учеными Чувашского ГАУ, а также лекарственным препаратом Мастинол, который применялся в хозяйстве. Для профилактики мастита коровам 1-й опытной группы внутримышечно вводили Prevention-N-A-M в дозе 10 мл за 45–40, 25–20, 15–10 суток до отела, 2-ой опытной группы – Prevention-N-B-S, 3-й опытной группы – Мастинол в указанной дозе и в те же периоды времени, коровам контрольной группы препараты не применялись (рис. 1).





Рис. 1. Схема профилактики мастита коров  
(Fig. 1. Scheme of prevention of cow mastitis)

Во второй серии опытов для лечения мастита коров нами были использованы иммуностропные препараты Prevention-N-A-M и Prevention-N-B-S, разработанные учеными Чувашского ГАУ, а также антибактериальный препарат Амоксициллин, который применялся в хозяйстве. Терапию мастита проводили по следующей схеме: животным 1-ой опытной группы инъектировали Prevention-N-A-M, 2-ой – Prevention-N-B-S внутримышечно по 40 мл трижды через каждые 24 часа, 3-й опытной группы – Амоксициллин по 40 мл двукратно с интервалом 48 часов (рис. 2). Всем животным больные доли вымени массировали и втирали мазь Мастисепт согласно инструкции по применению.



Рис. 2. Схема лечения мастита коров  
(Fig. 2. Treatment scheme for cow mastitis)

*Prevention-N-B-S* – комплексный препарат для активизации неспецифической резистентности организма крупного рогатого скота, реализации репродуктивных качеств и продуктивного потенциала коров, представляющий собой водную суспензию, содержащую полисахаридный комплекс *Saccharomyces cerevisiae*, иммобилизованный в агаровом геле с добавлением производного бензимидазола и бактерицидных препаратов групп пенициллинов и аминогликозидов. На препарат получен патент РФ на изобретение № 2737399.

*Prevention-N-A-M* — комплексный препарат для профилактики и лечения мастита коров, представляющий собой водную суспензию, содержащую полисахаридный комплекс дрожжевых клеток, иммобилизованных в агаровом геле с добавлением производного бензимидазола и бактерицидного препарата Амоксициллин. Подана заявка на получение патента РФ на изобретение.

*Мастинол* — препарат для лечения мастита в форме раствора для инъекций, содержит следующие активные вещества: 1 % Аконит D4, 1 % Арника D3, 1 % Белладонна D4, 1 % Азафетида D3, 1 % Фитолакка D3, 1 % Бриония D4. Номер регистрационного удостоверения 32-3-8.0-0199 №ПВР-3-8.0/02653.

*Амоксициллин 150* — антибактериальный препарат группы полусинтетических пенициллинов. Номер регистрационного удостоверения 44-3-3.18-4074 №ПВР-3-6.9/02429.

В первой серии научного опыта проводили анализ гигиены содержания и кормления, клинко-физиологического состояния, воспроизводительных качеств и гинекологического состояния, морфологического и биохимического профилей крови, неспецифической резистентности организма коров за 35–30, 15–10 и 10–5 суток до предполагаемой даты отела, а также на 3–5 сутки после отела по современным и общепринятым в ветеринарии методикам. Кроме того, исследовали заболеваемость коров маститом, качество молока в период раздоя и уровень молочной продуктивности за 305 дней лактации. Во второй серии исследовательская работа основывалась на диагностике мастита коров, анализе эффективности предложенных схем терапии, оценке молочной продуктивности и качества молока.

### Результаты исследований и их обсуждение

Показатели микроклимата в коровнике и родильном отделении приведены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры воздушного бассейна в помещениях для животных

Параметр	Помещение для коров в период	
	сухостоя	новотельности
Температура воздуха, °С	10,20±0,26	15,10±0,69
Относительная влажность, %	70,00±1,04	67,40±0,16
Скорость движения воздуха, м/с	0,32±0,02	0,27±0,02
Световой коэффициент	1:14	1:13
Коэффициент естественной освещенности, %	0,64±0,05	0,66±0,06
Концентрация загрязнителей в воздушной среде:		

аммиак, мг/м <sup>3</sup>	13,70±0,67	8,90±0,56
сероводород, мг/м <sup>3</sup>	6,20±0,23	4,50±0,21
углекислый газ, %	0,20±0,09	0,14±0,06
бактериальная обсемененность, тыс./м <sup>3</sup>	45,7±1,55	32,3±1,02
содержание пыли, мг/м <sup>3</sup>	4,2±0,34	2,7±0,25

Из данных таблицы следует, что показатели микроклимата соответствовали зоогигиеническим нормам.

Рационы для коров в ООО «Победа» сбалансированы в зависимости от возраста, продуктивности, живой массы и физиологического состояния и обеспечивали потребности организма в энергии и питательных веществах, макро- и микроэлементах, витаминах, согласно нормам кормления.

Для создания общей картины и решения проблемы заболеваемости маститом нами проведено обследование 340 лактирующих коров с помощью тест-диагностикумов. Установлена положительная реакция на мастит у 87 животных (25,5 %), из которых у 71 коровы диагностирована субклиническая форма мастита (20,8 %), а у 16 – клиническая (4,7 %).

Выявлено, что поражение маститом одной четверти вымени было у 42 голов (48,3 %), двух – у 25 голов (28,7 %), трех – у 13 голов (14,9 %) и поражение четырех четвертей вымени – у 7 голов (8,1 %).

Согласно данным ветеринарной статистики, до 75 % случаев мастита с клиническими проявлениями приходится на лактационный период. По результатам наших исследований в среднем у 26 % коров мастит развился в послеродовом периоде, у 37 % коров – в более поздние сроки лактации, а у 37 % – при запуске и во время сухостоя.

Нами изучена зависимость заболеваемости коров маститом от молочной продуктивности. Так, в стаде наиболее низкая заболеваемость оказалась у коров с удоем до 2500 кг (11,5 %), тогда как у животных с удоем от 2500 до 6500 кг – 35,2 % и с удоем свыше 6500 кг наиболее высокая степень заболеваемости – 53,3 %.

Подсчитано, что из 340 коров дойного стада 43 головы имели атрофию молочной доли, что составляет 12,6 %, из них у 36 голов поражена одна доля (83,7 %), у 5 – две доли (11,6 %), у 2 голов – три доли (4,6 %).

Микробиологическому исследованию подвергнуто 16 проб молока от коров, больных клиническим маститом, и 71 проба от коров, больных субклиническим маститом. Так, в целом в течение 2021 года зафиксировано 89 случаев клинического мастита коров, возбудители выявлены в 16 из них.

Согласно результатам проведенных исследований, из 16 проб молока от больных клиническим маститом коров была изолирована 21 культура микроорганизмов, из них: Streptococcus – 9 культур (42,9 %), Staphylococcus – 7 культур (33,2 %), Escherichia – 2 культуры (9,5 %), Enterococcus – 1 культура (4,8 %), Enterobacter – 1 культура (4,8 %), Pseudomonas – 1 культура (4,8 %).

При бактериологическом исследовании 71 пробы молока от коров больных

субклиническим маститом было выделено 97 изолятов микроорганизмов, из них: Staphylococcus – 49 культур (50,5 %), Streptococcus – 32 культуры (32,9 %), Escherichia – 16 культур (16,6 %).

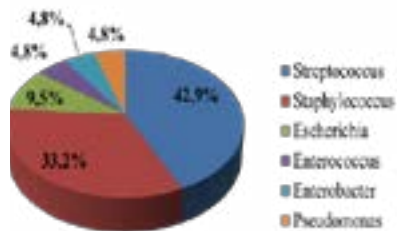


Рис. 4. Возбудители клинического мастита коров  
(Fig. 4. Causative agents of clinical mastitis of cows)

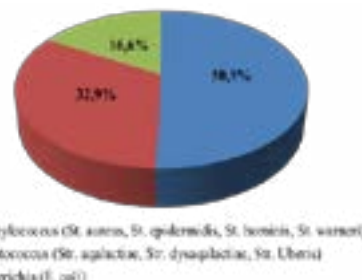


Рис. 5. Возбудители субклинического мастита коров  
(Fig. 5. Causative agents of subclinical mastitis of cows)

Эти данные свидетельствуют, что основными возбудителями клинического и субклинического мастита коров были стафилококки и стрептококки.

При анализе клинко-физиологического состояния коров установлено, что разница в показателях температуры тела, частоты пульса и дыхательных движений подопытных животных была незначительной, то есть иммуноотропные препараты, использованные в экспериментах, не влияли на физиологическое состояние коров.

Основные показатели воспроизводства коров представлены в табл. 2.  
Таблица 2. Воспроизводительные качества коров

Показатель	Группа животных			
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная
Количество животных, гол	10	10	10	10
Сроки отделения последа, ч	8,2±1,02	4,8±0,66*	5,2±0,58*	7,8±1,08
Эндометрит, гол	4	-	1	2
Мастит, гол	3	-	1	3
Сроки наступления 1 охоты, сут	43,2±1,70	34,0±2,30*	36,6±1,10*	38,6±0,04*
Индекс осеменения	3,1±0,43	1,4±0,19**	1,6±0,24*	2,5±1,28
Индекс осеменения	136,7±3,5	110,8±3,8**	119,9±1,8**	128,0±2,5
Сервис-период, сут	418,1±2,9	396,6±3,2**	405,7±2,0**	415,9±2,9
Межотельный период, сут				

\* P<0,05; \*\* P<0,01.

Установлено, что если в контрольной группе животных сроки отделения плодных оболочек составили в среднем 8,2±1,02 часа, то в 1-й, 2-й и 3-й

опытных группах –  $4,8 \pm 0,66$ ,  $5,2 \pm 0,58$  и  $7,8 \pm 1,08$  часа, то есть ниже на 3,4, 3,0 и 0,4 часа соответственно ( $P < 0,05$ ).

Из числа заболеваний послеродового периода у 4 коров контрольной группы выявлен эндометрит. В то же время в 1-й опытной группе указанное гинекологическое заболевание не зарегистрировано, во 2-й – выявлено только у 1 коровы, в 3-ей опытной – диагностировано у 2 коров.

После отела у 3 коров контрольной группы зарегистрировано клиническое течение мастита, в то время как в 1-й опытной группе воспаление молочной железы не зарегистрировано, во 2-й – выявлено только у 1 коровы, в 3-ей опытной – диагностировано у 3 коров.

После применения иммуностропных препаратов у коров 1-й, 2-й и 3-й опытных групп сокращались сроки наступления половой охоты на 9,2 сут, 6,6 и 4,6 сут ( $P < 0,05$ ), индекс осеменения оказался ниже в 2,2 раза ( $P < 0,05$ ), 1,9 ( $P < 0,05$ ) и 1,2 раза и сервис-период был короче на 25,9 сут ( $P < 0,01$ ), 16,8 сут ( $P < 0,01$ ) и на 8,7 сут соответственно, нежели в контроле.

Результаты опытов свидетельствуют о том, что профилактика мастита коров 1-й опытной группы иммуностропным препаратом Prevention-N-A-M оказалась эффективней, нежели во 2-й и 3-й опытных группах.

Установлено, что содержание эритроцитов в крови животных 1-й, 2-й и 3-й опытных групп было выше по сравнению с контролем: за 35-30 суток до отела – на 1,04 %, 0,35 и 0,17 %, за 15-10 суток – на 3,34 %, 1,67 и 1,67 %, за 10-5 суток – на 5,01 %, 4,35 и 0,33 % ( $P < 0,05$ ), через 3-5 суток после отела – на 10,19 % ( $P < 0,01$ ), 9,21 и 0,32 % соответственно. Аналогичная закономерность выявлена в динамике концентрации гемоглобина в крови животных подопытных групп. Увеличение количества эритроцитов и уровня гемоглобина в крови коров опытных групп свидетельствует об улучшении гемопоэза под воздействием иммуностропных препаратов Prevention-N-A-M и Prevention-N-B-S. Препарат Мастинол, использованный в 3-й опытной группе, такими свойствами не обладает.

Животные 1-й и 2-й опытных групп превосходили по количеству лейкоцитов как 3-ю опытную, так и контрольную. Подобная динамика свидетельствует об активации клеточных факторов неспецифической защиты организма, причем наиболее очевидный соответствующий эффект продемонстрировал Prevention-N-A-M, нежели Prevention-N-B-S, однако эта разница была незначительной ( $P > 0,05$ ).

Анализ лейкоцитарной формулы показал, что изменение количества базофилов в крови животных подопытных групп независимо от срока наблюдения до и после отела было статистически недостоверным.

Учитывая, что эозинофилы являются стресс-тестирующим фактором, уменьшение их количества в крови за 10–5 суток до отела и на 3–5 сутки после отела свидетельствует о том, что животные испытывали стресс. Однако, учитывая, что количество этих форменных элементов было больше в крови животных опытных групп, следует заключить, что иммуностропные

препараты оказывали антистрессовое действие. Так, количество эозинофилов в крови животных 1-й, 2-й и 3-й опытных групп было выше по сравнению с контролем за 35-30 суток до отела на 4,0 %, 4,0 и 4,0 %, за 15-10 суток до отела – на 9,6 %, 7,1 и 1,7 %, за 10-5 суток до отела – на 13,0 % ( $P<0,05$ ), 17,3 ( $P<0,05$ ) и 4,3 % и через 3-5 суток после отела – на 13,3 % ( $P<0,05$ ), 15,5 и 2,2 % соответственно.

Следует констатировать, что содержание палочкоядерных форм нейтрофилов в крови коров 1-й и 2-й опытных групп было ниже, нежели в контроле: за 35-30 суток до отела – на 1,5 и 0,9 %, за 15-10 суток до отела – на 2,1 и 2,1 %, за 10-5 суток до отела – на 2,0 и 1,8 % и на 3-5-е сутки после отела – на 2,6 ( $P<0,05$ ) и 2,3 % ( $P<0,05$ ) соответственно. Тогда как в 3-й опытной группе этот показатель не имел существенной разницы с таковым в контроле. В динамике сегментоядерных нейтрофилов в крови подопытных коров до и после отела не выявлено определенной закономерности. Учитывая, что нейтрофилы обладают выраженным фагоцитозом, установленные качественные изменения в стадиях их развития, а именно сдвиг нейтрофильного ядра вправо, свидетельствуют об активизации клеточного звена неспецифической резистентности организма под воздействием апробированных иммуностропных препаратов.

Установлено, что количество лимфоцитов в крови животных 1-й, 2-й и 3-й опытных групп за весь период исследований было выше, чем в контроле: за 35-30 суток до отела – на 0,2 %, 0,2 и 0,2 %, за 15-10 суток до отела – на 1,4 %, 1,2 и 0,2 %, за 10-5 суток до отела – на 1,3 %, 1,1 и 0,6 % и через 3-5 суток после отела – на 2,6 % ( $P<0,05$ ), 2,4 % ( $P<0,05$ ) и 0,2 % соответственно. Следовательно, необходимо заметить положительное влияние иммуностропных препаратов на функциональную активность иммунокомпетентных клеток и их продукцию кроветворными органами.

Таким образом, внутримышечная инъекция коровам иммуностропных препаратов активизирует факторы неспецифической защиты и стрессоустойчивость организма, о чем свидетельствуют установленные нами физиологический лейкоцитоз и эозинофилия, умеренная нейтропения со сдвигом ядра вправо и лимфоцитоз, при более рельефном эффекте Prevention-N-A-M, нежели Prevention-N-B-S.

Полученные данные исследований белкового спектра сыворотки крови коров свидетельствуют о том, что иммуностропные препараты стимулировали продукцию общего белка, в основном за счет альбуминов и  $\gamma$ -глобулинов.

Концентрация общего белка в сыворотке крови новотельных коров 1-й, 2-й и 3-й опытных групп составила в среднем  $76,2\pm 0,46$  г/л,  $75,8\pm 0,74$ ,  $73,4\pm 0,03$  г/л соответственно и оказалась выше на 3,1 г/л, 2,7, 0,3 г/л по сравнению с контролем ( $73,1\pm 0,47$  г/л;  $P<0,05-0,01$ ). На 3-5 сутки после отела содержание альбуминов в сыворотке крови коров контрольной и указанных опытных групп снизилось до  $30,5\pm 1,35$  г/л,  $31,8\pm 0,55$ ,  $31,8\pm 0,56$  и  $30,6\pm 0,26$  г/л соответственно. Но, тем не менее, величины этого показателя были выше у

коров опытных групп на 1,3 г/л, 1,3 и 0,1 г/л соответственно по сравнению с контролем ( $P < 0,05$ ).

Сравнивая концентрацию  $\gamma$ -глобулинов в сыворотке крови подопытных животных, можно заключить, что в 1-й и 2-й опытных группах она оказалась выше, нежели в контроле: за 10–5 суток до отела соответственно на 0,9 и 0,8 г/л ( $P < 0,05$ ), через 3-5 суток после отела – на 1,4 и 1,0 г/л ( $P < 0,001$ ). В 3-й опытной группе, где применялся Мастинол, достоверной разницы не было выявлено.

Понижение  $\gamma$ -глобулиновой фракции белка в сыворотке крови подопытных коров после отела связано с выработкой лактоглобулинов молозива, что направлено на формирование колострального иммунитета у телят. Достоверное повышение  $\gamma$ -глобулинов в сыворотке крови коров опытных групп как в последний период стельности, так и после отела, свидетельствует об активизации гуморального звена неспецифической резистентности организма коров-матерей под воздействием иммуностропных препаратов.

Из результатов исследования показателей кислотно-щелочного состояния и углеводно-минерально-витаминного обмена в организме коров следует, что в течение всего срока исследований крови коров резервная щелочность, уровень глюкозы и общего кальция оказались выше в опытных группах по сравнению с контролем. Примечательно, что повышение уровня неорганического фосфора в сыворотке крови подопытных животных было зафиксировано на 3–5-е сутки после отела, а разница в провитаминах А у подопытных животных оказалась несущественной. Следовательно, иммуностропные препараты активизировали буферные системы организма, углеводный и минеральный обмен.

Динамика показателей неспецифической резистентности организма коров представлена на рис. 6–9.

Фагоцитарная активность лейкоцитов, бактерицидная активность сыворотки, лизоцимная активность плазмы крови и содержание в ней иммуноглобулинов у новотельных коров 1-й, 2-й и 3-й опытных групп оказались выше соответственно на 9,7, 7,6 и 6,6 %, 8,8, 6,8 и 3,5 %, 13,6, 11,2 и 1,8 % и на 1,0, 0,6 и 0,3 мг/мл, чем в контроле ( $P < 0,05-0,001$ ), что свидетельствует о стимуляции клеточных и гуморальных факторов неспецифической резистентности организма коров под влиянием иммуностропных препаратов. Следует отметить, что именно комплексный препарат Prevention-N-A-M способен значительно повысить неспецифические защитные факторы.

Показатели молочной продуктивности коров представлены в табл. 3.

Таблица 3. Молочная продуктивность коров на фоне иммунокоррекции

Показатель	Группа животных			
	контрольная	1-я опытная	2-я опытная	3-я опытная
Количество животных, гол	10	10	10	10
Удой за 305 дней лактации, кг	8585±35,5	8857±28,9***	8802±29,5**	8664±32,6

Среднее содержание жира, %	3,50±0,50	4,00±0,02	3,80±0,04	3,65±0,02
Среднее содержание белка, %	3,10±0,07	3,30±0,01	3,25±0,02	3,15±0,05

\*\* P<0,01 \*\*\* P<0,001.

Показатели массовой доли жира и белка в молоке коров опытных групп оказались выше, нежели в контроле, однако выявленные изменения были несущественными (P>0,05).

Иньекции препаратов Prevention-N-A-M, Prevention-N-B-S и Мاستиол способствовали росту удою за 305 дней лактации. Удой коров контрольной группы составил 8585±35,5 кг, что меньше по сравнению с 1-ой опытной на 372 кг, 2-ой опытной – 217 кг и 3-й опытной – на 79 кг.

Следовательно, за счет активизации факторов резистентности произошла реализация биоресурсного потенциала молочной продуктивности коров.

Установлено, что лечение катаральной формы мастита в 1-й и 2-й опытных группах, где применялись иммуностропные препараты Prevention-N-A-M и Prevention-N-B-S, имела 100 % эффективность. В 3-й опытной группе, где применялся антибактериальный препарат Амоксициллин, после проведенного курса лечения у одной коровы продолжались наблюдаться клинические проявления болезни.

Коровы, больные серозной формой мастита, выздоровели во всех опытных группах. Однако сроки выздоровления в 1-й (3,2±0,83 сут) и 2-й (3,8±0,54 сут) опытных группах, где применялись иммуностропные препараты Prevention-N-A-M и Prevention-N-B-S, были короче, чем в 3-й (4,6±0,25 сут), на 1,4 и 0,8 суток соответственно.

Терапия гнойно-катаральной формы мастита схемами лечения, предложенными в опыте, оказалась недостаточно эффективной. Так, в 1-й опытной группе выздоровело 4 головы больных коров из 5, во 2-й опытной – 3, в 3-й опытной – 3. Следовательно, применение иммуностропных препаратов Prevention-N-A-M и Prevention-N-B-S наиболее целесообразно и имеет больший эффект при терапии серозного и катарального форм мастита коров.

Установлено, что в результате проведенного лечения у всех выздоровевших животных качество молока было восстановлено и соответствовало норме.

Установлено, что микробиологические, органолептические, физико-химические, спектрометрические показатели и содержание антибиотиков в пробах молока коров подопытных групп соответствовали требованиям ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» и ГОСТ 31449-2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия».

Экономическая эффективность профилактики мастита коров с использованием Prevention-N-A-M, Prevention-N-B-S и Мاستиол, составила на 1 руб. дополнительных затрат 6,30 руб., 5,40 и 1,07 руб. соответственно, а эффективность лечения иммуностропными препаратами – 1,67 и 0,26 руб. соответственно.

### **Заключение**



Резюмируя вышеизложенное, следует заключить, что в ходе научного опыта нами затронута проблема заболеваемости коров маститом и предложены способы повышения эффективности молочного скотоводства за счет внедрения экологически безопасных иммунотропных препаратов Prevention-N-A-M и Prevention-N-B-S, способствующих профилактике и лечению мастита коров, повышению продуктивных и воспроизводительных качеств черно-пестрого скота в условиях интенсивной технологии производства молока на фоне активизации гемопоэза, метаболизма, клеточных и гуморальных факторов неспецифической резистентности организма.

#### REFERENCES

- Abril A.G., Villa T.G., Barros-Velázquez J., Cañas B., Sánchez-Pérez A., Calo-Mata P., Carrera M., 2020 — Staphylococcus aureus Exotoxins and Their Detection in the Dairy Industry and Mastitis. *Toxins* (Basel). 12(9):537. Doi: 10.3390/toxins12090537.
- Ashraf A., Imran M., 2018 — Diagnosis of bovine mastitis: from laboratory to farm. *Trop Anim Health Prod.* 50(6): 1193–1202. doi: 10.1007/s11250-018-1629-0.
- Awandkar S.P., Kulkarni M.B., Khode N.V., 2021 — Bacteria from bovine clinical mastitis showed multiple drug resistance. *Vet Res Commun.* 46(1): 147–158. Doi: 10.1007/s11259-021-09838-8.
- Dahiya S., Kumari S., Rani P., Onteru S.K., Singh D., 2018 — Postpartum uterine infection & ovarian dysfunction. *Indian J Med Res.* 148(Suppl): Pp. 64–S70. Doi: 10.4103/ijmr.IJMR\_961\_18.
- Dalanezi F.M., Joaquim S.F., Guimarães F.F., Guerra S.T., Lopes B.C., Schmidt E.M.S., Cerri R.L.A., Langoni H., 2020 — Influence of pathogens causing clinical mastitis on reproductive variables of dairy cows. *J Dairy Sci.* 103(4): 3648–3655. Doi: 10.3168/jds.2019-16841.
- Dodd F.H., 1983 — Mastitis – progress on control. *J Dairy Sci.* 66(8): 1773–80. doi: 10.3168/jds.S0022-0302(83)82005-0.
- Guo M., Gao Y., Xue Y., Liu Y., Zeng X., Cheng Y., Ma J., Wang H., Sun J., Wang Z., Yan Y., 2021 — Bacteriophage Cocktails Protect Dairy Cows Against Mastitis Caused By Drug Resistant Escherichia coli Infection. *Front Cell Infect Microbiol.* 11:690377. Doi: 10.3389/fcimb.2021.690377.
- Hogeveen H., Klaas I.C., Dalen G., Honig H., Zecconi A., Kelton D.F., Sánchez Mainar M., 2021 — Novel ways to use sensor data to improve mastitis management. *J Dairy Sci.* 104(10): 11317–11332. Doi: 10.3168/jds.2020-19097.
- Kurokawa Y., Okita M., Kubota H., Tsumiyama Y., Chikamatsu I., Tanaka A., Obitsu T., Kawamura K., 2021 — Effect of relationships among clinical mastitis incidence, reproductive performance, and culling rate on the lifetime of dairy cows at Hiroshima University Farm. *Anim Sci J.* 92(1):e13591. Doi: 10.1111/asj.13591.
- Rainard P., Gilbert F.B., Germon P., Foucras G., 2021 — Invited review: A critical appraisal of mastitis vaccines for dairy cows. *J Dairy Sci.* 104(10): 10427–10448. Doi: 10.3168/jds.2021-20434.
- Sah K., Karki P., Shrestha R.D., Sigdel A., Adesogan A.T., Dahl G.E., 2020 — MILK Symposium review: Improving control of mastitis in dairy animals in Nepal. *J Dairy Sci.* 103(11):9740–9747. Doi: 10.3168/jds.2020-18314.
- Strasser F.J., Feldmann M., Gross J.J., Müller A.T.M., Pflugstner H., Corti S., Stephan R., Bollwein H., Bruckmaier R.M., Wellnitz O., 2021 — Pathogen dependent effects of high amounts of oxytocin on the bloodmilk barrier integrity during mastitis in dairy cows. *Schweiz Arch Tierheilkd.* 163(5): 327–337. Doi: 10.17236/sat00302.
- van der Voort M., Jensen D., Kamphuis C., Athanasiadis I.N., De Vries A., Hogeveen H., 2021 — Invited review: Toward a common language in data-driven mastitis detection research. *J Dairy Sci.* 104(10): 10449–10461. Doi: 10.3168/jds.2021-20311.
- Wang Y., Nan X., Zhao Y., Jiang L., Wang H., Zhang F., Hua D., Liu J., Yao J., Yang L., Luo Q., Xiong B., 2021 — Dietary Supplementation of Inulin Ameliorates Subclinical Mastitis via Regulation of Rumen Microbial Community and Metabolites in Dairy Cows. *Microbiol Spectr.* 9(2):e0010521. Doi: 10.1128/Spectrum.00105-21.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227  
Volume 345, Number 1 (2023), 82–95  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.186>

UDK 574.42  
МПНТИ 34.35.51

©Ye.A. Simanchuk<sup>1\*</sup>, G.J. Sultangazina<sup>1</sup>, A.N. Kuprijanov<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup>A. Baitursynov Kostanay Regional University, Kostanay, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Kuzbass botanical garden Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry  
SB RAS, Kemerovo, Russia.

E-mail: simyeandr.ksu@mail.ru

## NATURAL OVERGROWTH OF THE DUMP SITES OF MINING ENTERPRISES IN THE KOSTANAY REGION

**Simanchuk Yelena Andreyevna** — master of Natural Sciences. A. Baitursynov Kostanay Regional University. Biology, Ecology and Chemistry Department. 110000. Kostanay, Kazakhstan  
E-mail: simyeandr.ksu@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4242-9636;

**Sultangazina Gulnar Jalelovna** — candidate of Biological Sciences. A. Baitursynov Kostanay Regional University. Biology, Ecology and Chemistry Department. 110000. Kostanay, Kazakhstan  
E-mail: gul\_sultan@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4160-7090;

**Kuprijanov Andrej Nikolayevich** — Doctor of Biological Sciences, Federal Research Center of Coal and Coal Chemistry SB RAS. Kuzbass botanical garden. 650065. Kemerovo, Russian Federation  
E-mail: kupr-42@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-2129-3497.

**Abstract.** Modern industry, using land resources suitable for the needs of agriculture and recreation, leads to land number reduction and soil cover degradation. For instance, the growing volumes of metal ores open-pit mining by enterprises of the Kostanay region leads to an increase in the waste rock dumps formation, leading to a violation of the surrounding natural ecosystem, its significant transformation. The object of this study is natural and man-made ecosystems in the territory where large mining enterprises of the Kostanay region are located and operate, the subject of study is plant communities in this territory. As part of our field research on the Sokolovsko-Sarbai Mining and Processing Production Association JSC and Kachary Ruda JSC dump sites, more than 60 geobotanical descriptions were compiled. At various points, plant communities were found at different succession stages: pioneer groupings, group thicket community, complex groupings. Vegetation growth conditions depend on form, topography, filling methods, physicochemical characteristics, affecting life of organisms and self-overgrowth potential suitability, biogeocinoses restoration. Natural conditions, rate of self-overgrowth, diversity of types of man-made landscapes consideration will make it possible to select the optimal methods and techniques for disturbed areas reclamation. All countries with large mining industries by now recognized the importance of environment

protection, passed laws regulating mining and metallurgical industries with regard to pollution. This step made it possible to solve environmental problems at a new, higher quality legal level.

**Keywords:** succession, iron ore deposit dump, plant overgrowth, technogenic landscape, technogenic ecotopes, pioneer group, group thicket community, complex phytocenosis

**Acknowledgements.** The authors express their gratitude to the management and staff of the department for ecology and subsoil use of SSGPO JSC and Kachary Ruda JSC for their assistance in conducting this study. Special thanks are expressed to the team of the Kuzbass Botanical Garden and the Institute of Human Ecology of the Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences.

© Е.А. Симанчук<sup>1\*</sup>, Г.Ж. Сұлтанғазина<sup>1</sup>, А.Н. Куприянов<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup>А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті,  
Қостанай, Қазақстан;

<sup>2</sup>Кузбас ботаникалық бағы, РФА СБ көмір және көмір химиясы Федеральді зерттеу орталығы, Кемерово, Ресей.

E-mail: simyeandr.ksu@mail.ru

## ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫНЫҢ ТАУ КЕН ӨНДІРУ ӨНЕРКӘСІБІ КӘСІПОРЫНДАРЫНЫҢ ҮЙІНДІЛЕРІНІҢ ТАБИҒИ ӨСУІ

**Симанчук Елена Андреевна** — жаратылыстану ғылымдарының магистрі. А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті. Биология, экология және химия кафедрасы. 110000. Қостанай, Қазақстан

E-mail: simyeandr.ksu@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4242-9636;

**Сұлтанғазина Гульнар Жалеловна** — биология ғылымдарының кандидаты. А. Байтұрсынов атындағы Қостанай өңірлік университеті. Биология, экология және химия кафедрасы. 110000. Қостанай, Қазақстан

E-mail: gul\_sultan@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4160-7090;

**Куприянов Андрей Николаевич** — биология ғылымдарының докторы. РФА СБ көмір және көмір химиясы Федеральді зерттеу орталығы. Кузбас ботаникалық бағы. 650065. Кемерово, Ресей

E-mail: kupr-42@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-2129-3497

**Аннотация.** Ауыл шаруашылығы мен рекреация қажеттіліктеріне жарамды жер ресурстарын пайдалана отырып, қазіргі заманғы өнеркәсіп олардың санын азайтуға және жер жамылғысының деградациясына ықпал етеді. Солай, мәселен, Қостанай облысы кәсіпорындарының металл кендерін ашық өндіру көлемінің ұлғаюы бос тау жыныстарының үйінділерінің пайда болуының ұлғаюына алып келеді, бұл қоршаған табиғи экожүйенің бұзылуына және оның елеулі трансформациясына әкеледі. Бұл зерттеудің объектісі Қостанай облысының ірі тау-кен өндіру кәсіпорындары орналасқан және жұмыс істейтін аумақтағы табиғи және техногендік экожүйелер болып

табылады, ал зерттеу нысанасы осы аумақтағы өсімдіктер нышаны болды. Біз жүргізген далалық зерттеулер шеңберінде "Соколов-Сарыбай тау-кен байыту өндірістік бірлестігі" АҚ мен "Қашар руда" АҚ үйінділерінде 60-тан астам геоботаникалық сипаттама жасалды. Әртүрлі нүктелерде сукцессияның әртүрлі кезеңдерінде өсімдіктер нышаны табылды: Пионер топтары, топтық-қопалық қауымдастықтар және күрделі топтастыру. Өсімдіктердің өсу жағдайлары формасына, рельефіне, себілу әдістеріне, физикалық және химиялық сипаттамаларына байланысты, бұл тірі организмдердің тіршілік әрекетіне жарамдылығына және өздігінен өсу әлеуетіне, биогеоценоздарды қалпына келтіруге әсер етеді. Табиғи жағдайларды, өзін-өзі өсіру жылдамдығын, техногендік ландшафттардың алуан түрлілігін ескеру бұзылған аумақтарды қалпына келтірудің оңтайлы әдістері мен әдістерін таңдауға мүмкіндік береді. Ірі тау-кен өнеркәсібі бар барлық елдер осы уақытқа дейін қоршаған ортаны қорғаудың маңыздылығын мойындады және ластануға қатысты тау-кен және металлургия өнеркәсібін реттейтін заңдар қабылдады. Бұл кадам экологиялық мәселелерді жаңа және сапалы құқықтық деңгейде шешуге мүмкіндік берді.

**Түйін сөздер:** сукцессия, темір руда үйіндісі, өздігінен өсу, техногендік ландшафт, техногендік экотоптар, Пионер топтары, топтық-қопалық қауымдастықтар, күрделі фитоценоз

© Е.А. Симанчук<sup>1\*</sup>, Г.Ж. Султангазина<sup>1</sup>, А.Н. Куприянов<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup>Костанайский региональный университет имени А.Байтурсынова,  
Костанай, Казахстан;

<sup>2</sup>Кузбасский ботанический сад, Федеральный исследовательский  
центр Угля и углехимии СО РАН, Кемерово, Россия.  
E-mail: simyeandr.ksu@mail.ru

## ЕСТЕСТВЕННОЕ ЗАРАСТАНИЕ ОТВАЛОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ

**Симанчук Елена Андреевна** — магистр естественных наук. Костанайский региональный университет имени А.Байтурсынова. Кафедра биологии, экологии и химии. 110000. Костанай, Казахстан

E-mail: simyeandr.ksu@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4242-9636;

**Султангазина Гульнар Жалеловна** — кандидат биологических наук. Костанайский региональный университет имени А.Байтурсынова. Кафедра биологии, экологии и химии. 110000. Костанай, Казахстан

E-mail: gul\_sultan@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4160-7090;

**Куприянов Андрей Николаевич** — доктор биологических наук. Кузбасский ботанический сад, Федеральный исследовательский центр Угля и углехимии СО РАН, 650065. Кемерово, Ресей

E-mail: kupr-42@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-2129-3497.

**Аннотация.** Современная промышленность, используя земельные ресурсы, пригодные для нужд сельского хозяйства и рекреации, способствует

сокращению их количества и деградации почвенного покрова. Так, например, нарастающие объемы открытой добычи металлических руд предприятиями Костанайской области ведет к увеличению образования отвалов пустых пород, что приводит к нарушению состояния окружающей естественной экосистемы и ее существенной трансформации. Объектом данного исследования являются естественные и техногенные экосистемы на территории, где расположены и действуют крупные горнодобывающие предприятия Костанайской области, в то время как предметом изучения стали растительные сообщества на данной территории. В рамках проведенных нами полевых исследований на отвалах АО «Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение» и АО «Качары руда» было составлено более 60 геоботанических описаний. На различных точках были обнаружены растительные сообщества на разных этапах сукцессии: пионерные группировки, группово-зарослевые сообщества и сложная группировка. Условия произрастания растительности зависят от формы, рельефа, способов отсыпки, физико-химических характеристик, что влияет на пригодность для жизнедеятельности живых организмов и потенциала самозарастания, восстановления биогеоцинозов. Учет естественных условий, скорости самозарастания, разнообразия видов техногенных ландшафтов позволит подобрать оптимальные методы и техники рекультивации нарушенных территорий. Все страны, имеющие крупную горнодобывающую промышленность, к настоящему времени признали важность защиты окружающей среды, и приняли законы, регулирующие горнодобывающую и металлургическую промышленность в отношении загрязнения. Этот шаг позволил решать экологические проблемы на новом, более качественном юридическом уровне.

**Ключевые слова:** сукцессия, железорудный отвал, самозарастание, техногенный ландшафт, техногенные экотопы, пионерные группировки, группово-зарослевые сообщества, сложный фитоценоз

### **Introduction**

Preservation of biodiversity and environmental protection are extremely important strategic directions for the development of New Kazakhstan. During the years of independence, a number of normative acts in the field of environmental protection and rational nature management were adopted: “The Concept of Ecological Safety of the Republic of Kazakhstan” (1996), “On Environmental Protection” (1997), “On Specially Protected Territories” (1997), “National strategic action plan for the conservation of biodiversity” (2010), “Concept for the conservation and sustainable use of biological diversity of the Republic of Kazakhstan until 2030” (2015), “Environmental Code of the Republic of Kazakhstan” (2021).

The Convention on Biological Diversity (1994) was also ratified.

Conservation of the biodiversity of animal and plant species, communities and ecosystems is an integral part of the Concept of Humanity's Transition to the Principles of Sustainable Development. Within the framework of this problem, it is

recognized that the protection of life on Earth is not a narrow task of certain groups and circles, it is the task of all mankind and, at the same time, a condition for its survival on the planet.

To implement the Concept and achieve its goals, an Action Plan for 2016–2020, 2021–2025 has been developed. and 2026–2030, which is adjusted as the environmental and socio-economic situation in the republic changes, new more promising technologies and methods of work appear, additional funding opportunities for the proposed projects (Concept, 2015).

And one of the tasks of the National project “Zhasyl Kazakhstan” is the “Green” economy and environmental protection” (2021). In all of the above documents, special attention, along with general issues of ecology and nature management, is paid to the state of anthropogenically disturbed territories of Kazakhstan.

Let us note the fact that modern industry, using land resources suitable for agriculture and recreation, helps to reduce their number and degradation of the soil cover.

For example, the growing volumes of open-pit mining of metal ores by enterprises of the Kostanay region leads to an increase in the formation of waste rock dumps, which leads to a violation of the state of the surrounding natural ecosystem and its significant transformation.

According to the “Sixth National Report of the Republic of Kazakhstan on Biological Diversity” (2018), Kostanay region ranks third in terms of the largest number of disturbed lands (or so-called man-made landscapes) in the Republic of Kazakhstan (Sixth National Report, 2018).

It is undeniable that dump-quarry landscapes are a vivid example of a technogenic landscape (Manakov, 2012).

It should be noted that a feature of the technogenic landscape formed as a result of active human production activity is the complete change or destruction of all the constituent parts of the natural landscape: its geological basis, relief, soil cover, vegetation cover, fauna, hydrological and geochemical regime (Sultangazina et al., 2022).

### **Research materials and methods**

The object of this study is natural and man-made ecosystems (landscapes, soils and soils, vegetation) in the territory where large mining enterprises of the Kostanay region are located and operate, while plant communities in this territory have become the subject of study.

The research methodology was based on the works of such scientists as Kupriyanov A.N. (2010, 2017), Manakov Yu.A. (2011, 2017), Konysbayeva D.T. (2003), Androkhonov V.A. (2000), Dolgopolova N.V. (2020), Sánchez L.E. (2014), Jancura P. (2003), Schaller F. (2000), Kuter N. (2013), etc.

In accordance with the goal, objectives, general logic and procedure of research, it is advisable to use the following system of methods, which includes general scientific methods such as analysis, synthesis, generalization, induction, deduction, classification, literature review and special methods, among which it is necessary

to highlight collection of plants, herbarization, geobotanical description, parcel method, route-expedition method, soil sampling, general agrochemical analysis of soils, comparative analysis.

The route-expeditionary reconnaissance research method was used to study the flora of technogenic ecotopes. Trial plots of 100 m<sup>2</sup> in size were laid for the study. A total of 63 geobotanical descriptions were compiled.

### **Results**

Let's consider a number of facts within the scope of the ongoing research, in relation to our localization:

1) on the territory of the Kostanay region there are two large enterprises for the extraction of iron ore: Sokolovsko-Sarbai Mining and Processing Production Association JSC and Kachary Ruda JSC;

2) these enterprises together produce more than 40 million tons of iron ore per year;

3) the development of ore deposits is carried out at the Sokolovsky, Sarbaisky, and Kacharsky open pits, while deep rocks are taken to dumps, on parts of which vegetation is restored naturally, without human intervention (SSGPO).

The study of the patterns of formation of vegetation cover in the territory of these dumps, the analysis of soil changes closely related to it in dump-quarry landscapes are necessary to understand the degree of influence of anthropogenic activity on the natural environment, and will also allow us to study the initial stages of restoration of various components of the technogenic landscape in a deeply disturbed area.

As part of our field research on the dumps of SSGPO JSC and Kachary Ruda JSC, more than 60 geobotanical descriptions were compiled.

At various points, plant communities were found at different stages of succession:

1) *pioneer groups*. Settlement of plants occurs in the initial phase of reductive succession on a primary exposed substrate, for example, on fresh river sediments, in areas freed from a glacier or flooded with cooled lava flows, etc. This process can be observed most clearly and on a large scale on the surface of overburden rock dumps during the development of mineral deposits. The low projective cover is characteristic - 10-15%. Plants are placed singly and scattered. The participation of zonal flora species is insignificant. These communities V.V. Alekhin proposed to call pioneer communities (Manakov et al., 2011):

CP-1 - CP-5. Age 2 years, ferruginous limestones. N 53.03741° W63.03858°

CP-43 - CP-47. Age 5 years, almost unsalted dump. N 53.39785° W62.83218°

CP-48 - CP-52. Age 5 years, almost unsalted dump (Fig.1). N 53.39189° W62.84621°



Fig. 1. Dump 5 years old, “Kachary Ruda” JSC, May 19, 2022

2) *group thicket community*. At this stage, the vegetation cover is not yet completely closed, but there is already a mutual influence of plants. The projective cover usually exceeds 15%. There is a dominance of species with a wide ecological amplitude (Manakov et al., 2011):

CP-6 - CP-10. Age 17–20 years, sandy loamy embryozem with limestones. N52.97550° W63.17100°

CP-11 - CP-15. Age 5–7 years, limestone (Fig. 2). N53.03741° W63.03858°

CP-27 - CP-32. 2008–2010, heavily saline sandy loam and light loam, finely hummocky surface. N53.00684° W63.08175°

CP-33 – CP-37. Salted sandy loam, light loam. N53.41052° W62.89147°

CP-38 – CP-42. Salted sandy loam, light loam. N53.40953° W62.88783°



Fig. 2. Blade 5-7 years old, SSGPO JSC, May 18, 2022

3) *complex grouping*. Signs of this stage: variable species composition, the community is not closed, the species in the community are not distributed diffusely, tiers are outlined, the mutual influence of plants is even more noticeable. The final stage of a closed phytocenosis is characterized by an extremely difficult penetration



of new species into it. The projective cover is more than 30 % (Manakov et al., 2011):

CP-53 - CP-57. 1986, sparse birch forest, highly saline soil, saline (salt march) conditions, loose sandstone (Fig. 3). N53.39877° W62.87352°

CP-58 – CP-63. 2008, sparse birch forest, loose sandstone. N53.41433° W62.85255°



*Fig. 3.* Dump in 1986, sparse birch forest, highly saline soil, Kachary Ruda JSC, May 19, 2022

CP-16 – CP-20. Age about 40 years, sandy loamy embryozem with limestones, natural aspen-birch plantations (Fig.4). A shallow sod steppe is being formed. N52.97571° W63.17021°

CP-21 – CP-26. Age about 40 years, rocky limestones, sandstones. Birch-aspen forest, fullness 05, 8B2As. N53.03007° W63.04792°



*Fig. 4.* Dump 40 years old, birch-aspen forest, SSGPO JSC, May 18, 2022

5) *control*. As a control, a site was chosen in the vicinity of the village of Kachar, near the dumps, represented by a meadow community with bald patches of solonetz on the outskirts of birch natural plantations:

CP-64-68 – slightly saline meadow (Fig. 5). N53.32635° W62.83448°



*Fig. 5. Salt meadow, Kachary village, May 19, 2022*

## **Discussion**

It is noteworthy that the consequences of the anthropogenic load (including the formation of man-made landscapes as a result of quarrying) on the environment have been considered by scientists from various countries over a long period of time.

In the course of a number of studies local hydrological conditions, air pollution with gases and dust, pollution of water, flora and fauna with toxic substances. These researchers also note that the agricultural industry also suffered significant losses. For example, significant areas were taken out of circulation for many years, and the productivity of adjacent lands decreased due to drought and various pollutants (Konysbayeva, 2003; Makhnev et al., 2010; Manakov et al. 2011; Kuprijanov et al., 2021).

It should be noted that the territories considered in the course of this study are characterized by low biological productivity and specific biophysical and biochemical properties.

So, for example, the movement of rocks during the extraction of minerals (ferrous and non-ferrous metals, coal, asbestos, etc.) in a quarry way leads to the fact that biologically sterile deep rocks appear on the surface.

In addition, there is a pronounced violation of biogeochemical cycles, including the formation of vegetation cover, as a result of which dangerous phenomena arise: dust emissions, water and wind erosion, subsidence and landslides.

Undoubtedly, some territories are capable of self-restoration through natural overgrowth.

When considering natural overgrowing, the speed of this process, the composition of phytocenoses and the consequences for the environment require a thorough study.

Let us dwell on a number of basic provisions that require consideration:

1) it has been established that the substrates formed during quarrying do not correspond to zonal and intrazonal soils, which naturally should lead to the formation

of new plant communities, the emergence of new species uncharacteristic for these territories;

2) new ecological niches are formed under special ecological conditions;

3) conditions uncharacteristic for the steppe zone (including relief changes) lead to the elision of individual plant species, as well as to ecesis by migrant species (Manakov et al., 2011).

It should also be noted that the study of the natural overgrowth of technogenic landscapes is an intermediate stage in the search for ways to restore biogenocenoses.

A fairly common method of ecological rehabilitation of technogenic geosystems is the allocation of part of the recultivated lands for self-overgrowing after the implementation of the technical stage of reclamation.

This method is fully justified in the case of exposure of technogenic substrates with favorable edaphic properties.

However, often, due to difficulties of a technical or economic nature, dumps of rocks of a very variegated lithological composition, including those with rather unfavorable edaphic and soil-forming properties, are assigned for self-overgrowing (Goleusov, 2004).

In any case, in all newly formed ecotopes of technogenic landscapes, the processes of natural reproduction of geosystem components are “switched on” - renaturation processes. The most important of them is the reproduction of soils (Goleusov, 2004).

Note that the existence of technogenic landscapes depends on technological and natural landscape-forming factors (Manakov et al. 2011).

Technological factors affect the landscape at the stage of machine formation of a microrelief with the suppression of natural factors by working equipment (Manakov, 2012).

Natural factors come into play at the post-technogenic stage, during which the self-development of the technogenic landscape begins, which is characterized by a high successional dynamics of natural complexes (Manakov, 2012).

The transformation of this landscape is determined by natural conditions, such as climate, properties of soils and rocks, neighboring phytocenoses, and technogenic conditions, among which are the method and system of mining (Manakov et al. 2011).

The overgrowth of overburden dumps is described according to the theory of succession. The formation of vegetation cover on disturbed lands proceeds according to the type of syngeneses (Conradin et al., 2010; Manakov, 2012; Raevell et al., 2012; Chang et al., 2019).

Many specialists like Kupriyanov A.N., Manakov Yu.A., Tashev A.N., Menshchikov S.L. of industrial botany used the scheme of L.G. Shennikov (1964). He identifies three main stages:

1) a pioneer group in which there are no significant relationships between plants;

2) a group-thicket community, where more definite relationships between plants appear, but the nature of the distribution of communities is fragmentary;

3) a diffuse community, where the relationship between plants becomes mixed, and the patterns of distribution of individual species correspond to the level of competition that occurs between the elements of the community (Manakov et al., 2011).

Successions that begin with the appearance of plants in an open area devoid of vegetation and fertile soil are called primary succession. Primary succession consists of two stages: the formation of a phytocenosis, the replacement of one formed phytocenosis with another (Manakov et al., 2011).

Studies of the 1970s of the last century showed that in the conditions of the dry steppe zone of the Kostanay region, self-overgrowing of dumps of open pit mines is extremely slow. So, by the beginning of the second decade after the end of the dumping of soils, sparse and unproductive groups are formed on the dumps, which, according to phytocenotic indicators, correspond to the initial stages of syngenetic successions. They believe that the biological reclamation of dumps is the only real opportunity to return the lost fertility and economic value to the lands occupied by dumps in a relatively short time (Terekhova et al., 1974).

These conclusions were confirmed in the course of further research (Konysbayeva, 2003).

However, it should be noted that over the past years, the floristic composition of dumps has changed dramatically, mounds of new deep rocks with different agrochemical properties have formed, new technological solutions and opportunities have appeared, and global and local climate changes have occurred.

Thus, according to a study by scientists from the Energy Research Center of the Norwegian Institute of Foreign Affairs (NUPI) and the Oslo-based Center for International Climate Research CICERO, the increase in temperatures in Central Asia is ahead of the global average, which leads to an accelerated aggravation of various problems, including melting glaciers, destabilization river runoff and increased aridity. In turn, such environmental changes can have profound social and economic consequences: undermine agricultural production, generate destabilizing migration from rural areas to urban centers, and exacerbate interstate competition for dwindling resources (Tairov et al., 2020).

Every 10 years between 1983 and 2019 the average annual temperature on the territory of Kazakhstan increased by 0.26 ° C, which in a sharply continental climate leads to meteorological and hydrological drought, including in the steppe zone of the northern part of the country. In Kazakhstan, the days of atmospheric droughts for the period 1930-1965 were 55 days, and in recent years their duration has reached 89 or more days. Drought has an extremely negative effect on the processes of natural overgrowing of disturbed lands, the surface of which is devoid of a fertile layer and is subject to wind erosion, which complicates the rooting and development of plant communities (Lipiec et al., 2013; Zhang et al., 2018; Tairov et al., 2020; Karatayev et al., 2021; KazhydroMet).

In this regard, the study of the patterns of natural overgrowth of dumps of mining

enterprises will allow us to establish the speed and degree of their overgrowth in the conditions of the Kostanay region.

### **Conclusion**

As a result of the study, a number of important conclusions can be drawn.

The conditions for the growth of vegetation depend on the form, topography, methods of filling, physicochemical characteristics, which affect the suitability for the life of living organisms and the potential for self-overgrowth, restoration of biogeocinoses.

The demand for the study of climatic features is determined by the need to take into account the importance of fluctuations in the average daily air temperature during the growing season; precipitation distribution, because a feature of rock dumps composed of stony substrates is that their surface is characterized by failure water permeability. Also, the lack of litter and vegetation cover leads to rapid evaporation of moisture from the surface. "Ivanov's moisture coefficient" in the conditions of technogenic landscapes, including dumps, shifts to a more arid zone, this feature must be taken into account when working in the subarid zone of the Kostanay region. Insufficient moisture supply hinders the normal growth of plants, limits the production of organic matter and the decomposition of its dead part, which leads to a decrease in the intensity and capacity of the biogeochemical cycle (Konysbaeva, 2003; Manakov, 2012; Kuprijanov, 2021).

Taking into account natural conditions, the rate of self-overgrowth, and the diversity of types of man-made landscapes will make it possible to select the optimal methods and techniques for reclamation of disturbed areas.

All countries with large mining industries have by now recognized the importance of protecting the environment, and have passed laws regulating mining and metallurgical industries with regard to pollution. This step made it possible to solve environmental problems at a new, higher quality legal level (Makhnev et al., 2010; Konysbaeva, 2003).

Restoration of contaminated lands requires the development of new methods of partial and complete biological reclamation. Significant progress in this area has been achieved in the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, Australia, Bulgaria, Germany, Hungary, Poland, and the USA. It is noteworthy that independent developments by specialists from different countries lead to the same results (Makhnev et al., 2010; Konysbaeva, 2003).

In the future, it is planned to continue work on the dumps, compiling geobotanical descriptions on the same coordinates to compare the results, herbarization of previously unidentified species. Further, after analyzing the patterns of formation of the vegetation cover of dumps at different stages of syngeneses, recommendations will be drawn up for the restoration of biodiversity by effective scientifically based methods for the mining enterprises of the Kostanay region, on the territory of which the research was carried out.

## REFERENCES

- Chang C.C., Turner B.L., 2019. Ecological succession in a changing world. *J Ecol.* 2019. 107: 503–509. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13132>.
- Concept for the conservation and sustainable use of biological diversity of the Republic of Kazakhstan until 2030. 2015. [Концепция по сохранению и устойчивому использованию биологического разнообразия Республики Казахстан до 2030 года]. Astana (in Rus.).
- Conradin A.B., Krüsi B., Egli M., Wernli M., Elsener S., Zieffle M., Fischer T., Mavris Ch., 2010. Plant succession and soil development on the foreland of the Morteratsch glacier (Pontresina, Switzerland): Straight forward or chaotic?, *Flora–Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. Volume 205. Issue 9. Pages 561–576. ISSN 0367–2530. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2009.10.001>.
- Goleusov P.V., 2004. Soil Formation in the Conditions of Self-Overgrowth of Overburden Rock Dumps [Формирование почв в условиях самозарастания отвалов вскрышных горных пород] *Successes of modern natural science*. Vol. 11. Pp. 40–41. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=13680> (date of access: 22.10.2022) (in Rus.).
- Karatayev M., Clarke M., Salnikov V., Bekseitova R., Nizamova M., 2022. Monitoring climate change, drought conditions and wheat production in Eurasia: the case study of Kazakhstan, *Heliyon*. Volume 8. Issue 1, e08660, <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08660>.
- KazHydroMet [Казгидромет]. URL: <https://www.kazhydromet.kz/ru/> (date of access: 27.10.2022) (in Rus.).
- Konysbaeva D.T., 2003. Formation of vegetation cover on dumps of iron ore enterprises in Northern Kazakhstan [Формирование растительного покрова на отвалах предприятий железорудной промышленности в Северном Казахстане] dissertation of the doctor of biological sciences: 03.00.05 (in Rus.).
- Kupriyanov A.N., Manakov Y.A., Kupriyanov O.A., Shatilov D.A., 2021. Reconstruction of the soil-vegetation layer on the rock -dump surface in Kuzbass. *Ugol*, (2). Pp. 46–52.
- Lipiec J., Doussan C., Nosalewicz A., Kondracka K., 2013. Effect of drought and heat stresses on plant growth and yield: a review. *International Agrophysics*, Scienco/De Gruyter, 27 (4). Pp. 463–477. Doi: 10.2478/intag-2013-0017.
- Makhnev, A.K., Makhneva, N.E. 2010. Landscape-ecological and population aspects of the strategy of restoration of disturbed lands. *Contemp. Probl. Ecol.* 3, 318–322. <https://doi.org/10.1134/S1995425510030100>.
- Manakov Yu.A., 2012. Restoration of vegetation cover in technogenic landscapes of Kuzbass [Восстановление растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса] dissertation of the doctor of biological sciences: 03.02.08 (in Rus.).
- Manakov Yu.A., Strelnikova T.O., Kupriyanov A.N., 2011. Formation of Vegetation Cover in Technogenic Landscapes of Kuzbass [Формирование растительного покрова в техногенных ландшафтах Кузбасса] *Rus. acad. Sciences, Sib. Department, Institute of Human Ecology* – 168 p. (in Rus.).
- Ravel V., Violle C., Munoz F., 2012. Mechanisms of ecological succession: insights from plant functional strategies. *Oikos*, 121: 1761–1770.
- Sixth National Report of the Republic of Kazakhstan on Biological Diversity [Шестой Национальный доклад Республики Казахстан о биологическом Разнообразии]. 2018 – URL: <http://www.cawater-info.net/pdf/kz-nr-06-ru.pdf> (date of access 20.10.2022) (in Russian)
- SSGPO Sokolovsko-Sarbai mining and processing production association JSC (SSGPO) [АО «Соколовско-Сарбайское горно-обогатительное производственное объединение» (ССГПО)]. URL: <https://www.erg.kz/ru/content/ao-ssgpo/ao-ssgpo> (date of access: 20.10.2022) (in Russian)
- Sultangazina, G. J., Kupriyanov, A. N., Novak, Y. O. 2022. Spread Dynamics of *cyclachaena xanthiifolia* (Nuttall) Fresenius (asteraceae) in Kazakhstan. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series biological and medical*. Retrieved November 4, 2022, from <https://journals.nauka-nanrk.kz/biological-medical/article/view/3079>
- Tairov Sh.M., Abdullaev B.B. 2020. Extreme and critical climate change in Central Asian countries

[Чрезвычайные и критические изменения климата в странах центральной Азии] *Universum: Technical science*. Vol.2-1, no 71. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/chrezvychaynye-i-kriticheskie-izmeneniya-klimata-v-stranah-tsentralnoy-azii> (date of access: 27.10.2022). (in Russian)

Terehova Je. B., Lanina R. I., Fomenko L. V. 1974. Natural overgrowth of dumps of the Sokolovsky iron ore quarry [Естественное зарастание отвалов Соколовского железорудного карьера] *Plants and the industrial environment. Sverdlovsk*. pp. 162-174 (in Russian)

Zhang J, Zhang S, Cheng M, Jiang H, Zhang X, Peng C, Lu X, Zhang M, Jin J. Effect of Drought on Agronomic Traits of Rice and Wheat: A Meta-Analysis. 2018. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 15(5):839. <https://doi.org/10.3390/ijerph15050839>.

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

ISSN 2224-5227

Volume 345, Number 1 (2023), 96–107

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.187>

УДК 537.523.527

© **Zh.K. Aimasheva\***, **D.V. Ismailov**, **Z.A. Oman**, **B.G. Orynbai**, 2023

NAO«Al-Farabi Kazakh National University», Almaty, Kazakhstan.

E-mail: Zhadyra\_aimasheva@mail.ru

## SYNTHESIS OF FULLERENES IN ANC DISCHARGE AND THEIR PURIFICATION FROM IMPURITIES

**Aimasheva Zhadyra** — doctoral student of NAO «Al-Farabi Kazakh National University», Almaty, Kazakhstan

E-mail: zhadyra\_aimasheva@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6789-4876;

**Ismailov Daniyar Valerevich** — Candidate of technical sciences. PhD of NAO «Al-Farabi Kazakh National University». Almaty, Kazakhstan; Research Center «KazAlfaTech LTD». Almaty, Kazakhstan; NAO«Kazakh National Research Technical University K.I. Satbaev», Almaty, Kazakhstan

E-mail: Ismailov\_daniyar\_v@bk.ru. ORCID: 0000-0002-6384-1478;

**Oman Zabira** — Linear accelerator laboratory specialist of NAO «Al-Farabi Kazakh National University». Almaty, Kazakhstan; Research Center «KazAlfaTech LTD», Almaty, Kazakhstan

E-mail: omankaznu@gmail.com. ORCID: 0009-0008-0681-8475;

**Orynbai Bakytzhan** — Linear accelerator laboratory specialist of NAO «Al-Farabi Kazakh National University» Almaty, Kazakhstan

E-mail: bakytzhan2797@mail.ru. ORCID: 0009-0004-6550-9761.

**Abstract.** The mechanisms responsible for cognition of fullerenes are still open questions. Like other methods, arc discharge has well known parameters, such as the type of ambient gas and its pressure. It is well known that fullerene formation mechanisms are suitable for helium pressures of 100 torrens. Both above and below this pressure there is a profound reduction in fullerene content. Arc melting produces nanotubes containing slag-like deposits on the cathode. In contrast to fullerene reduction under helium pressure below 100 Torr, the soot obtained by cathodic precipitation extraction has a higher fullerene content, indicating a change in the reaction pathway. Today, carbon nanomaterials are of interest to scientists around the world because of their exceptional electrical, thermal, chemical, and mechanical properties, and find applications in areas such as composites, energy storage and conversion, sensors, drug delivery, field emission devices, and nanoscale electronic elements, so developing low-cost synthesis methods and separating



them is very relevant. Carbon nanomaterials are widely used in commercial products. The enormous number of scientific publications aimed at the study of carbon nanomaterials, particularly fullerenes, far exceeds the share of other areas of nanotechnology. Carbon nanotechnology has received considerable attention, excited by the discovery of fullerenes, followed by carbon nanotubes and of course the most recent addition to the carbon family, graphene. The object of the study are carbon nanostructures, in particular fullerenes and their production methods. In this work, carbon black containing fullerene was obtained by arc melting in an inert helium environment. The process consists of several stages: purification of graphite electrodes by heat treatment at 600°C in a vacuum environment, synthesis of fullerene-containing carbon black using pre-cleaned graphite electrodes in helium by arc fusion, separation of fullerene from the synthesis products. Fullerene separation was performed in a Soxhlet apparatus using benzene vapor condensed in an annular flow. The separated fullerenes were evaporated, forming solid crystals called fullerites.

**Keywords:** fullerene, arc discharge, cathodic deposition, nanotube, nanostructure, gas phases

© **Ж.К. Аймашева\***, **Д.В. Исмаилов**, **З.Ә. Оман**, **Б.Ғ. Орынбай**, 2023

«Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті» КЕАҚ,

Алматы, Қазақстан.

E-mail: Zhadyra\_aimasheva@mail.ru

## **ФУЛЛЕРЕННІҢ ДОҒАЛЫҚ РАЗРЯДТАҒЫ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ ОНЫ ҚОСПАЛАРДАН ТАЗАРТУ**

**Аймашева Жадыра** — «Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті» КЕАҚ докторанты, Алматы, Қазақстан

E-mail: zhadyra\_aimasheva@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6789-4876;

**Исмаилов Данияр Валерьевич** — техника ғылымдарының кандидаты. PhD «әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті» КЕАҚ, Алматы, Қазақстан; Зерттеу Орталығы «KazAlfaTech LTD» Алматы, Қазақстан; КЕАҚ «Қ.И. Сатпаев атындағы Қазақ Ұлттық зерттеу техникалық университет», Алматы, Қазақстан

E-mail: Ismailov\_daniyar\_v@bk.ru. ORCID: 0000-0002-6384-1478;

**Оман Забира** — сызықтық үдеткіштер зертханасының маманы; «Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті» КЕАҚ, Алматы, Қазақстан; Зерттеу Орталығы «KazAlfaTech LTD» Алматы, Қазақстан

E-mail: omankaznu@gmail.com. ORCID: 0009-0008-0681-8475;

**Орынбай Бақытжан** — сызықтық үдеткіштер зертханасының маманы; «Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті» КЕАҚ, Алматы, Қазақстан

E-mail: bakytzhhan2797@mail.ru. ORCID: 0009-0004-6550-9761.

**Аннотация.** Фуллерендердің біліміне жауап беретін механизмдер әлі күнге дейін ашық сұрақтар болып табылады. Басқа әдістер сияқты, доғалық разряд қоршаған газдың түрі және оның қысымы сияқты жақсы танылған параметрлерге ие. Фуллерендердің түзілу механизмдері гелийдің 100 торрент

қысымына қолайлы екендігі жалпыға белгілі. Осы қысымнан жоғары да, төмен де фуллереннің терең төмендеуі байқалады. Доғалық синтез кезінде катодта нанотүтікшелер пайда болады, олардың құрамында шлак тәрізді шөгінділер болады. Фуллереннің гелий қысымының 100 Торресінен төмен төмендеуінен айырмашылығы, катодты шөгінділерді қалпына келтіру нәтижесінде алынған күйе реакция жолының өзгеруін көрсететін фуллереннің жоғары құрамына ие болды. Бүгінгі күні көміртекті наноматериалдар ерекше электрлік, жылулық, химиялық және механикалық қасиеттеріне байланысты бүкіл әлем ғалымдарын қызықтырады және композиттік материалдар, энергияны сақтау және түрлендіру, сенсорлар, дәрі-дәрмектерді жеткізу, далалық эмиссиялық құрылғылар және нанокөлем сияқты салаларда қолданылады. Электронды құрамдас бөліктер. Сондықтан арзан синтез әдістерін жасау және оларды бөлу өте маңызды. Көміртекті наноматериалдар коммерциялық өнімдерде кеңінен қолданылады. Көміртекті наноматериалдарды, атап айтқанда фуллерендерді зерттеуге бағытталған көптеген ғылыми жарияланымдар нанотехнологияның басқа салаларының үлесінен әлдеқайда асып түседі. Көміртекті нанотехнологияға фуллерендер, одан кейін көміртекті нанотүтіктер және әрине көміртегі отбасына ең соңғы қосылған графеннің ашылуы себеп болған үлкен назар аударылды. Зерттеу объектісі болып көміртекті нанокұрылымдар, атап айтқанда фуллерендер және оларды алу әдістері табылады. Бұл жұмыста инертті гелий ортасында доғалық синтез әдісімен фуллерен құрамды күйе алынды. Процесс, бірнеше этаптан тұрады: графит электродтарын вакуумдық ортада 600°C температурада термиялық өңдеу арқылы тазарту, доғалық синтез әдісімен гелий ортасында, алдын ала тазартылған графит электродтарын пайдалана отырып, фуллерен құрамды күйені синтездеу, синтез өнімдерінен фуллеренді бөліп алу. Фуллеренді бөліп алу сақиналы ағынмен конденсацияланған бензол буларының көмегімен Сокслет аппаратында жүзеге асты. Бөлінген фуллерендер буланып, фуллерит деп аталатын қатты кристалдар пайда болды.

**Түйінді сөздер:** Фуллерен, доға разряды, катодты тұндыру, нанотрубка, нанокұрылым, газ фазасы

© Ж.К. Аймашева\*, Д.В. Исмаилов, З.Ә. Оман, Б.Ғ. Орынбай, 2023

НАО «Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби»,

Алматы, Казахстан.

E-mail: Zhadyra\_aimasheva@mail.ru

## **СИНТЕЗ ФУЛЛЕРЕНОВ В ДУГОВОМ РАЗРЯДЕ И ИХ ОЧИСТКА ОТ ПРИМЕСЕЙ**

**Аймашева Жадыра** — докторантка НАО «Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби». Алматы, Казахстан

E-mail: zhadyra\_aimasheva@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6789-4876;

**Исмаилов Д.В.** — кандидат технических наук. PhD НАО «Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби», Алматы, Казахстан; Исследовательский центр «KazAlfaTech LTD», Алматы, Казахстан; НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», Алматы, Казахстан

E-mail: Ismailov\_daniyar\_v@bk.ru. ORCID: 0000-0002-6384-1478;

**Оман Забира** — специалист лаборатории линейных ускорителей НАО «Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби», Алматы, Казахстан; Исследовательский центр «KazAlfaTech LTD», Алматы, Казахстан

E-mail: omankaznu@gmail.com. ORCID: 0009-0008-0681-8475;

**Орынбай Бакытжан** — специалист лаборатории линейных ускорителей НАО «Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби», Алматы, Казахстан

E-mail: bakytzhan2797@mail.ru. ORCID: 0009-0004-6550-9761.

**Аннотация.** Механизмы, ответственные за познание фуллеренов, до сих пор остаются открытыми вопросами. Как и другие методы, дуговой разряд имеет хорошо известные параметры, такие как тип окружающего газа и его давление. Хорошо известно, что механизмы образования фуллеренов подходят для давления гелия в 100 торрентов. Как выше, так и ниже этого давления происходит глубокое уменьшение содержания фуллерена. При дуговой плавке на катоде образуются нанотрубки, содержащие шлакообразные отложения. В отличие от восстановления фуллерена под давлением гелия ниже 100 Торр, сажа, полученная при извлечении методом катодного осаждения, имеет более высокое содержание фуллерена, что указывает на изменение пути реакции. На сегодняшний день углеродные наноматериалы представляют интерес ученых всего мира, благодаря своим исключительным электрическим, термическим, химическим и механическим свойствам, и находят применение в таких областях, как композитные материалы, аккумулялирование и преобразование энергии, сенсоры, доставка лекарств, полевые эмиссионные устройства и наноразмерные электронные элементы, поэтому разработка низкзатратных методов синтеза и их разделение очень актуально. Углеродные наноматериалы широко используются в коммерческих продуктах. Огромное количество научных публикаций, направленных на исследование углеродных наноматериалов, в частности фуллерены, намного превышает долю других областей нанотехнологии. Углеродная

нанотехнология привлекла значительное внимание, возбужденное открытием фуллеренов, после них углеродных нанотрубок и конечно же самого последнего дополнения к углеродному семейству, графена. Объектом исследования являются углеродные наноструктуры, в частности фуллерены и методы их получения. В данной работе сажа, содержащая фуллерен, была получена методом дуговой плавки в среде инертного гелия. Процесс состоит из нескольких стадий: очистка графитированных электродов термообработкой при температуре 600°C в вакуумной среде, синтез фуллеренсодержащей сажи с использованием предварительно очищенных графитовых электродов в среде гелия методом дугового синтеза, выделение фуллерена из продуктов синтеза. Выделение фуллерена проводили в аппарате Сокслета с помощью паров бензола, конденсируемых в кольцевом потоке. Отделенные фуллерены испарялись, образуя твердые кристаллы, называемые фуллеритами.

**Ключевые слова:** фуллерен, дуговой разряд, катодное осаждение, нанотрубка, наноструктура, газовые фазы

### Кіріспе

Фуллерен көміртектің төрт аллотропиялық модификациялық түр өзгерісінің бірі болып табылады. Фуллерен құрылымының бірегейлігі оны сутегі сақтауға үміткер ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Бүгінгі күні бұл бағытта көптеген жұмыстар жүргізілуде, мысалы, АҚШ энергетика министрлігі демеушілік еткен бағдарлама аясында  $C_{60}$  фуллереннің сутегі газымен реакциясын зерттеу жұмыстары жүргізілді. Зерттеуден алынған нәтижелер фуллерендер басқа сорбенттермен бірге жақсы сорбциялық қасиеттерге ие екенін көрсетеді.  $C_{60}$  молекуласының сфералық қуыс құрылымы бар екені белгілі. Сутегі  $C_{60}$  фуллеренімен қос  $C=C$  байланысын ашу арқылы өзара әрекеттесіп,  $C-H$  ковалентті байланысын түзе алады. Нәтижесінде химиялық формуласы  $C_{60}H_x$  болатын, мұндағы  $x$ -сутегі атомының жұп саны, гидрленген фуллерендер

( фуллерандар) түзіледі.

Фуллерандар гидроборлау, гидроциркндау, электрохимиялық тотықсыздандыру, сутегі радикалдарының әсерінен гидрлеу және т.б. әдістермен синтезделеді. Дегенмен, фуллерандарды көп мөлшерде алудың негізгі әдісі  $C_{60}$  фуллерендерді сутегі газымен жоғары температура мен қысымда тікелей әрекеттесуі болып табылады.  $C_{60}$  сутегі газымен гидрлеу алғаш рет Петри жұмыстарында бақыланды (Елецкий, 1995). Иондалған фуллерендер ғана сутегі газымен реакцияға түседі деп саналды.

Соңғы жүргізілген жұмыстарда,  $C_{60}$  сутегі газымен гидрлеуі үшін ешқандай катализаторларды қажет етпейтінін көрсетті. Бұл әдіс жоғары температура мен қысымда ғана жүзеге асады.  $C_{60}$  фуллеренді гидрлеу үшін 350–450°C температура, сутегі қысымы 5-тен 120 бар (Мекалов, 1998) болуы керек.

Осылайша, фуллерит сутегі энергетикасында жақсы перспективаға ие

және оларды алу, қоспалардан тазарту технологиясы өзекті мәселе болып табылады.

### **Зерттеудің мақсаты**

Композит құрамында толтырғыш ретінде қолданылатын көміртекті наноматериалды таңдау және синтездеу;

Синтез өнімдерін зерттеу және талдау;

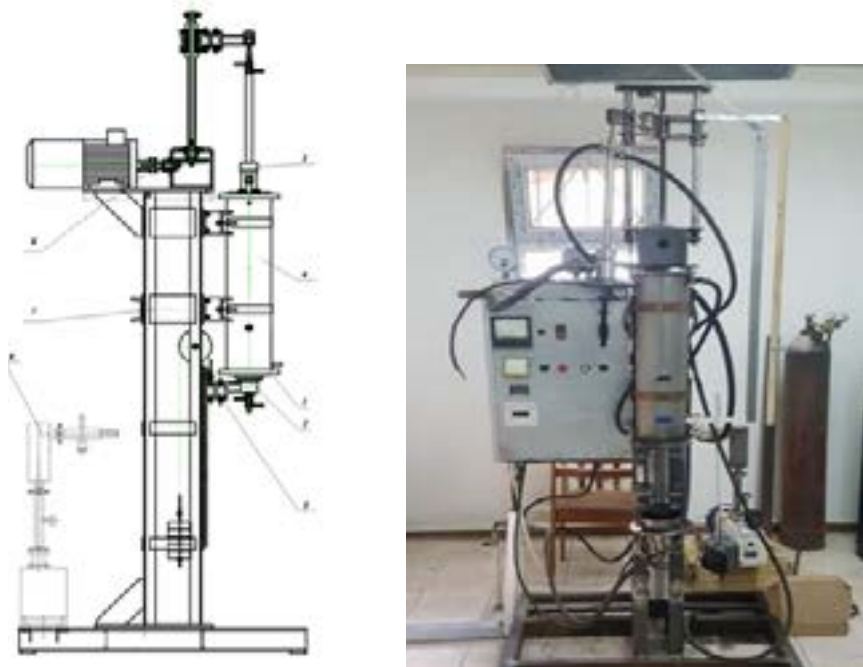
Көміртекті наноматериал негізіндегі композиттік құрам алу, практикалық маңыздылығын анықтау.

Наноөлшемді объектілерінің даму тенденцияларын талдау қазіргі уақытта нанотехнологияның ең перспективалы бағыттарының бірі көміртекті наноматериалдардың синтезі болып табылатынын көрсетеді. Осы материалдардың ішінде диаметрі 1...50 нм болатын көміртекті нанотүтікшелер (КНТ) және фуллерендер ерекше орын алады. КНМ негізінде жасалған материалдар конструкциялық материалдардың құрылымдық модификаторлары, сутегі аккумуляторлары, радиоэлектроника элементтері, майлау материалдарына, лактар мен бояуларға қоспалар, жоғары тиімді адсорбенттер, отын элементтерінің газ тарату қабаттары ретінде табысты пайдаланылуы мүмкін.

Көміртекті наноматериалдар мен олардың негізінде алынған композиттік материалдар туралы мәліметтер талқыланды. Фуллерен құрамды күйені алу үшін электр доғалық синтез әдісі қолданылды. Синтез өнімдерінен фуллеренді бөліп алу сокслет аппаратында жүргізілді.

### **Әдістер мен материалдар**

Газ фазасында доғалық разрядтың құрылымдық қондырғысы 1 суретте көрсетілген. Суретте көріп тұрғанымыздай, қондырғы құрылымы қарапайым емес, ол газ қысымын басқару жүйесінен, реактор мен электродтарды салқындату үшін су ағынынан, генератордағы тұрақты ток пен реактор осінің бойындағы электродтардың араласу механизмінен және плазмадағы тұрақты тоқты бақылау сервоқозғалтқышынан тұрады (Талызин және т.б., 2005). Бұл шаралар фуллерендерді сапалы синтездеу үшін және фуллерендер мен олардың туындыларының синтезінің плазмохимиялық процесінің оңтайлы шарттарын анықтау үшін қажет.



Сурет 1. Электрдоғалық бүрку құрылғысының жалпы құрылымы  
(Fig. 1. General structure of an electric arc spraying device)

Наноқұрылымды материалдардың синтездеудің доғалық әдісі айтарлықтай жан-жақты. Электродтардың түрлі химиялық құрамын (электродтарды металдармен легирлеу) және газ ортасының құрамын, әртүрлі құрылымдағы және типтегі наноматериалдарды синтездеуге болады. Мұндай синтез барысында, түзілген өнім реактор қабырғасында және плазматүзуші электродтарда тұндырылады.



Сурет 2. фуллерен күйесі (а) және катодтағы депозитті материал (б)  
(Fig. 2. Fullerene carbon black (a) and deposit material on the cathode (b))

Бұл эксперименттік жұмыс гелий ортасында жүргізіледі, келесідей параметрлер негізінде  $p = 300 \text{ Тор}$ ,  $U = 30 \text{ В}$  және  $I = 300 \text{ А}$ , графитті электрдоғалық бүрку әдісі арқылы плазмохимиялық реакция өнімдері алынды. Реакция өнімдері ретінде фуллерен күйесі алынды (сурет 2а), депозитте және реактор қабырғасында тұнған (сурет 2б), катодты электродта түзілген өнім.

Фуллерен күйесінің құрамында аморфты көміртектің болуы олардың физико-химиялық қасиеттерінің күрт нашарлауын тудырады. Сондықтан қажетті қасиеттері бар фуллерендер алу үшін фуллерен күйесін аморфты көміртек пен басқа қоспалардан тазалау керек.

3 суретте фуллерен күйесінің бензолдағы ерітіндісі көрсетілген. Алынған бақылаулардан, кара түсті бензол мен күйенің ерітіндісі седиментация процесі кезінде кара түстен қызыл немесе қоныр сары түске ауысатын көруге болады. Түстің мұндай өзгеруі бензолдағы толық немесе жартылай еріген фуллерендерді көрсетеді.



а



б

а – фуллерен күйесінің бензолдағы кара ерітіндісі, б – сол ерітінді 15 минуттан кейін

*Сурет 3. Фуллерен күйесінің бензолдағы ерітіндісі  
(Fig. 3. Solution of Fullerene carbon black in benzene)*

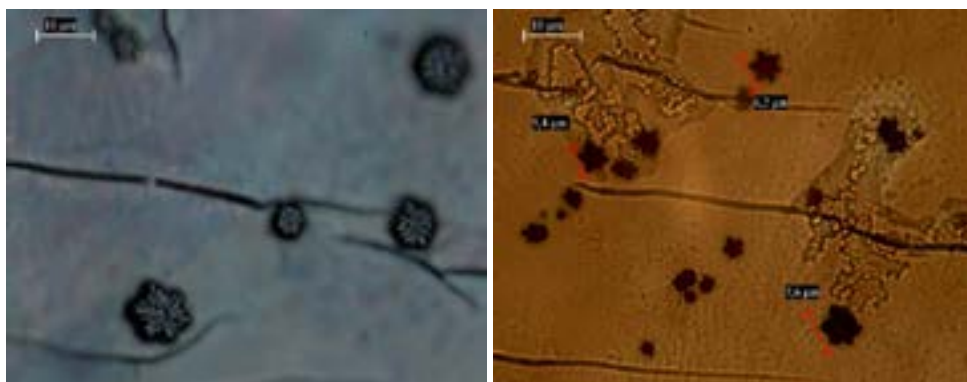
Фуллерендердің бензолдағы ерігіштігі сапалы болу үшін бөлме температурасында бір тәулік бойы тұндырады. Ары қарай экстракт сүзгіден өткізіледі және бензолдың соңғы кристалдарының түзілуіне дейін (фуллерит) сорғыш астында бензол қайнау температурасында буландырылады. Экстракциялау процесі жүргізіледі.



Сурет 4. Экстракциялау әдісі арқылы фуллеренді бөліп алу  
(Fig. 4. Fullerene separation by extraction)

### Нәтижелер және оларды талқылау

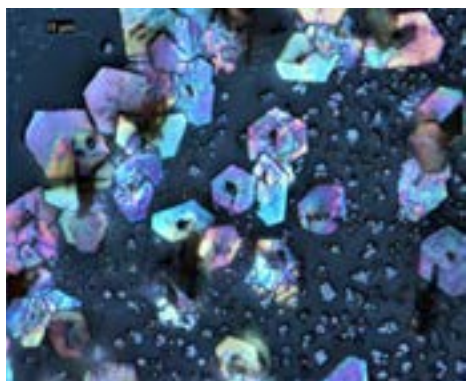
Мензурка түбінде тұнған кристалл үлгісі 5 суретте келтірілген. Дәл сандық талдау үшін фильтрациядан кейін алынған бензолдағы фуллерен ерітіндісі кремний мен шыны субстраттарға қондырылды және бөлме температурасында кептірілді. 5-суретте сәйкесінше ерітіндінің кебуі мен кристалдануы нәтижесінде пайда болған фуллерит бөлшектерінің оптикалық микросуреттері мен СЭМ бейнесі көрсетілген.



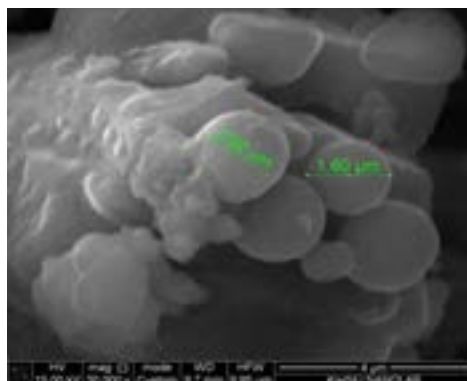
Сурет 5. Фуллерит кристалы  
(Fig. 5. Crystal Fullerite)



5 суретте көрсетілген суреттер DM 6000M (Leica, Sweden) оптикалық микроскобында түсірілген. Суреттен фуллерит кристалы бірнеше микрометр өлшемді қызықты гүл пішіні бар екенін көруге болады.



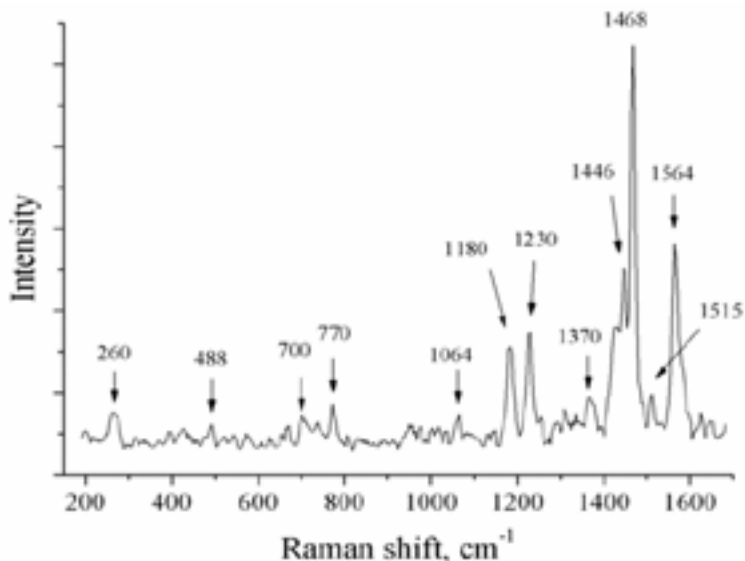
а) оптикалық микроскопия



б) СЭМ кескіні

Сурет 6. Фуллерит кристалының микрографиясы  
(Fig. 6. Micrograph of a Fullerite Crystal)

Кристалдарды зондты микроскопия көмегімен зерттеу фуллерит құрылымын анықтауға мүмкіндік береді. 7 суретте Раман спектрі көрсетілген, мұнда фуллерит кристалының құрамында  $C_{60}$  және  $C_{70}$  фуллерендерінің бар екенін айқындайды.



Сурет 7. Фуллерен бөлшегінің Раман спектрі  
(Fig. 7. Raman spectrum of a fullerene particle)

1468 см<sup>-1</sup> комбинациялық шашырау спектрі 1462 см<sup>-1</sup> кестелік мәніне қатысты ығыстырылған. Бұл шың пентагонның C60-дағы Ag тыныс алу модасына сәйкес келетіндігін ескеру керек, ол зарядты тасымалдауға және аралық молекулалық қосылыстарға өте сезімтал болып саналады. Сондықтан, жұмыста байқалған ығысу молекулалық кристалдардың құрамындағы фуллерендердің ішінара полимерленуінен немесе фуллерен сферасында бөгде атомдардың, яғни эндофуллерендердің болуынан туындауы мүмкін.

### Қорытынды

Бұл жұмыста гелий ортасында доғалық разрядтағы фуллереннің синтезі әдісі қарастырылды. Плазмохимиялық реакция кезінде реактордың қабырғаларында фуллерен күйелері тұнып, ал катодты электродта депозитті материал түзілетіні анықталды. Фуллерен күйесін тазартқаннан кейін қызық пішінді кристалл үлгілері алынды. Кристалдардың құрылымын анықтау үшін комбинациялық шашырау әдісі қолданылды. Осылайша, Раман спектрінде алынған нәтижелер синтезден және тазалаудан кейінгі үлгілерде C<sub>60</sub> және C<sub>70</sub> фуллерендері бар фуллерит кристалдарының бар екенін айқындайды.

Фуллерен құрамды күйені СЭМ талдау нәтижелері 6-суретте көрсетілген. Суреттен көріп тұрғанымыздай күйе бөлшектері кеуекті және кедір-бұдырлы құрылымға ие. Күйе кеуектерінің өлшемі 1,80–2,02 нм аралығында болды.

Сонымен қатар 6-суретте фуллерен құрамды күйенің микроскопиялық бейнесі келтірілген. Синтездеу процесі вакуумдық ортада жүруімен түсіндіріледі.

Композит құрамында толтырғыш ретінде қолданылатын фуллерен құрамды күйе электр доғалық синтез әдісімен алынды, күйе кеуектерінің өлшемі 30–190 нм аралығында екендігі анықталды. Синтез өнімдері зерттелді: G шыңының позициясы 1576 см<sup>-1</sup>-ге тең, 1348 см<sup>-1</sup> аймағында әлсіз анықталған ақаулы шың, сондай-ақ 2695 см<sup>-1</sup> ығысуымен ерекшеленетін 2D шың алынған үлгідегі графит пен аз қабатты графеннің маңызды фракциясын көрсетеді. 260, 488, 770 және 1468 см<sup>-1</sup> шыңдары C60 молекуласының рамандық шыңдарына тән. Ал келесі шыңдар жиынтығы 700, 1064, 1180 және 1230, 1370, 1446, 1515 және 1564 C70 фуллереніне жатады.

### ӘДЕБИЕТТЕР

- А.В. Елецкий, В.М. Смирнов, 1993 — *А.В. Елецкий, В.М. Смирнов*. Фуллерены // УФН № 2.  
А.В. Елецкий, В.М. Смирнов, 1995 — *А.В. Елецкий, В.М. Смирнов*. Фуллерены и структура углерода // УФН. № 9.  
А.В. Елецкий, В.М. Смирнов, 1995 — *А.В. Елецкий, В.М. Смирнов*. Фуллерены и структуры углерода // УФН т. 165.  
Р.Ф. Керл, Р.Э. Смолли, 1991 — *Р.Ф. Керл, Р.Э. Смолли*. Фуллерены // В мире науки. № 12.  
Н.В. Мекалова, И.Р. Кузеев, 1998 — *Н.В. Мекалова, И.Р. Кузеев*. Способ получения фуллеренов C60 из тяжелых остатков нефтепереработки /В сб.: XVI Менделеевский съезд по общей и прикладной химии, посвященный 250-летию отечественной химической науки. - С.-Петербург. Ч.2.  
В.И. Соколов, И.В. Станкевич, 1998 — *В.И. Соколов, И.В. Станкевич*. Фуллерены-новые аллотропные формы углерода: структура, электронное строение и химические свойства// Успехи химии. Т.62.

А.В. Талызин, Ю.М. Шульга, А. Якоб, 2005 — *A.V. Talyzin, Y.M. Shulga, A. Jacob*. Сравнительное исследование гидрофуллеридов C<sub>60</sub>H<sub>x</sub>, синтезированных прямым и каталитическим гидрированием // *Applied Physics a-Materials Science & Processing*. № 7.

#### REFERENCES

- A.B. Yeletsky, B.M. Smirnov, 1993 — *A.B. Yeletsky, B.M. Smirnov*. Fullerenes. // *UFN*. № 2.
- A.B. Yeletsky, B.M. Smirnov, 1995 — *A.B. Yeletsky, B.M. Smirnov*. Fullerenes and the structure of carbon. // *UFN*. № 9.
- A.B. Yeletsky, B.M. Smirnov, 1995 — *A.B. Yeletsky, B.M. Smirnov*. Fullerenes and the structure of carbon. // *UFN*. 165.
- R.F. Curl, R.E. Smolly, 1991 — *R.F. Curl, R.E. Smolly*. Fullerenes // in the world of science. № 12.
- N.V. Mokalova, I.R. Kuzeev, 1998 — *N.V. Mokalova, I.R. Kuzeev*. Method for obtaining fullerenes with 60 from heavy oil refining /Peterburg. P. 2.
- V.I. Sokolov, I.V. Stankevich, 1993 — *V.I. Sokolov, I.V. Stankevich*. Fullerenes – new allotrop forms of carbon structure electronic structure and chemical properties. // *Advanced in Chemistry*, t.62.
- A.V. Talyzin, Y.M. Shulga, A. Jacob, 2004 — *A.V. Talyzin, Y.M. Shulga, A. Jacob*. Comparative study of hydrofullerides C<sub>60</sub>H<sub>x</sub> synthesized by direct and catalytic hydrogenation // *Applied Physics a-Materials Science & Processing*. № 7.

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

ISSN 2224-5227

Volume 345, Number 1 (2023), 108–124

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.188>

UDC 336.77, 338.43(477)

© **E.B. Arinov<sup>1</sup>, L.R. Kundakova<sup>1\*</sup>, N.A. Ispulov<sup>2</sup>, A.K. Seitkhanova<sup>3</sup>,  
A.Zh. Zhumabekov<sup>2</sup>, 2023**

<sup>1</sup>O.A. Baikonyrov Zhezkazgan University, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Pavlodar Pedagogical University, Pavlodar, Kazakhstan.

E-mail: nurlybek\_79@mail.ru

## THE SOLUTION OF DIFFERENTIAL EQUATIONS FOR ELASTIC DISTURBANCES IN THE CYLINDRICAL COORDINATE SYSTEM WITH REGARD TO THE INERTIAL COMPONENTS

**Arinov E.B.** — Doctor of Physical-mathematical Science. Professor. O.A. Baikonyrov Zhezkazgan University, Kazakhstan

E-mail: arinov91@mail.ru;

**Kundakova L.R.** — Candidate of Science (Economics), Associate Professor. Department of Economics and Law. O.A. Baikonyrov Zhezkazgan University, Kazakhstan

E-mail: kundakova@mail.ru;

**Ispulov N.A.** — Candidate of Physical-mathematical Science, Associate Professor. Faculty of Computer Science. Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan

E-mail: nurlybek\_79@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4703-1413;

**Seitkhanova A.K.** — PhD. Associate Professor, Higher School of Natural Sciences. Pavlodar, Kazakhstan

E-mail: ainur1179@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6667-4548;

**Zhumabekov A.Zh.** — PhD. Associate Professor, Faculty of Computer Science. Toraighyrov University, Pavlodar, Kazakhstan

E-mail: almar89-89@mail.ru. ORCID: 0000-0003-2360-3747.

**Abstract.** In this review article, an internal boundary value problem is solved for perturbations in a cylindrical coordinate system considering the inertial terms. The equation in displacements presented in the Tedone form are solved for the case of compressible material of cylindrical bodies. Solutions of homogeneous differential equations are obtained in Bessel functions with preliminary separation of variables of inhomogeneous equations, which are found by the method of undetermined coefficients. Presented in the form of Tedone, the equation in displacements is solved under the conditions of compressibility of cylindrical material bodies. In this case, the volume expansion obeys the types of the Helmholtz equation. Solutions of homogeneous differential equations in Bessel functions with preliminary separation of variables of inhomogeneous equations are constructed in the work.

These homogeneous differential equations are found by the method of indefinite coefficients. Also in this review article, the internal boundary value problem of perturbation is solved. The displacement equation, expressed in the Tedone form, is solved for the compressed material of some cylindrical bodies. The solution of homogeneous differential equations in Bessel functions with preliminary separation of variables is obtained. It should be noted that the solution of inhomogeneous differential equations is obtained by the method of indefinite coefficients.

**Key words:** cylindrical coordinate system, differential equations, solutions of heterogeneous equations, Tedone forms, Bessel functions

© **Е.Б. Аринов<sup>1</sup>, Л.Р. Кундакова<sup>1\*</sup>, Н.А. Испулов<sup>2</sup>, А.К. Сейтханова<sup>3</sup>,  
А.Ж. Жумабеков<sup>2</sup>, 2023**

<sup>1</sup>О.А. Байқоңыров атындағы Жезқазған Университеті, Қазақстан;

<sup>2</sup>Торайғыров Университеті, Павлодар, Қазақстан;

<sup>3</sup>Павлодар Педагогикалық Университеті, Павлодар, Қазақстан.

E-mail: nurlybek\_79@mail.ru

## **ЦИЛИНДРЛІК КООРДИНАТАЛАР ЖҮЙЕСІНДЕ ИНЕРЦИЯЛЫҚ ҚОСЫЛҒЫШТАРДЫ ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, СЕРПІМДІ АУЫТҚУЛАР ҮШІН ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕРДІ ШЕШУ**

**Аринов Е.Б.** — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор. О.А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университеті, Қазақстан

E-mail: arinov91@mail.ru;

**Кундакова Л.Р.** — ғылым кандидаты (экономика), экономика және құқық кафедрасының доценті, О.А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университеті, Қазақстан

E-mail: kundakova@mail.ru;

**Испулов Н.А.** — физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент. Торайғыров университеті, компьютерлік ғылымдар факультеті, Павлодар, Қазақстан

E-mail: nurlybek\_79@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4703-1413;

**Сейтханова А.К.** — PhD докторы. Жаратылыстану ғылымдары жоғары мектебінің доценті. Павлодар, Қазақстан

E-mail: ainur1179@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6667-4548;

**Жумабеков А.Ж.** — PhD докторы, доцент, компьютерлік ғылымдар факультеті. Торайғыров университеті, Павлодар, Қазақстан

E-mail: almar89-89@mail.ru. ORCID: 0000-0003-2360-3747.

**Аннотация.** Бұл шолу мақаласында инерциялық мүшелерді ескере отырып, цилиндрлік координаттар жүйесіндегі козулар үшін ішкі шекаралық есеп шешіледі. Цилиндрлік денелердің сығылатын материалы үшін Тедонетүріндегі қозғалыстардың теңдеулері шешіледі. Анықталмаған коэффициенттер әдісі арқылы анықталатын біртекті емес теңдеулердің айнымалыларын алдынала ажыратумен Бессель функцияларындағы біртекті дифференциалдық теңдеулердің шешімдері алынады. Тедонетүріндегі қозғалыстардың теңдеуі цилиндрлік материалдық денелердің сығылу жағдайында шешіледі. Бұл

жағдайда көлемдік кеңею Гельмгольц тендеулеріне бағынады. Жұмыста біртекті емес тендеулердің айнаымалылары алдын-ала ажыратылатын Бессель функцияларындағы біртекті дифференциалдық тендеулердің шешімдері құрылады. Бұл біртекті дифференциалдық тендеулер анықталмаған коэффициенттер әдісімен табылады. Сондай-ақ, осы шолу мақаласында қозудың ішкі шекаралық есебі шешіледі. Тедоне түріндегі қозғалыстың тендеуі кейбір цилиндрлік денелердің сығылған материалы үшін шешіледі. Бессель функцияларындағы біртекті дифференциалдық тендеулердің шешімі айнаымалыларын алдын-ала ажыратумен алынды. Біртекті емес дифференциалдық тендеулерді шешу анықталмаған коэффициенттер әдісімен алынатындығын айта кету керек.

**Түйін сөздер:** цилиндрлік координаталар жүйесі, дифференциалдық тендеулер, біртекті емес тендеулердің шешімдері, Тедоне түрі, Бессель функциясы

© **Е.Б. Аринов<sup>1</sup>, Л.Р. Кундакова<sup>1\*</sup>, Н.А. Испулов<sup>2</sup>, А.К. Сейтханова<sup>3</sup>, А.Ж. Жумабеков<sup>2</sup>, 2023**

<sup>1</sup>Жезказганский университет имени О.А. Байконурова, Казахстан;

<sup>2</sup>Торайгыров Университет, Павлодар, Казахстан;

<sup>3</sup>Павлодарский педагогический университет, Павлодар, Казахстан.

E-mail:nurlybek\_79@mail.ru

## **РЕШЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ УПРУГИХ ВОЗМУЩЕНИЙ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ С УЧЕТОМ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ**

**Аринов Е.Б.** — доктор физико-математических наук, профессор. Жезказганский университет имени О.А. Байконурова, Казахстан

E-mail: arinov91@mail.ru;

**Кундакова Л.Р.** — кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики и права. Жезказганский университет имени О.А. Байконурова, Казахстан

E-mail: kundakova@mail.ru;

**Испулов Н.А.** — кандидат физико-математических наук, доцент, факультет компьютерных наук Торайгыров Университета, г. Павлодар, Казахстан

E-mail: nurlybek\_79@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4703-1413;

**Сейтханова А.К.** — PhD, доцент Высшей школы естественных наук, г. Павлодар, Казахстан

E-mail: ainur1179@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6667-4548;

**Жумабеков А.Ж.** — PhD, ассоц. профессор факультета компьютерных наук Торайгыров Университета, г. Павлодар, Казахстан

E-mail: almar89-89@mail.ru. ORCID: 0000-0003-2360-3747.

**Аннотация.** В данной обзорной статье решается внутренняя краевая задача для возмущений в цилиндрической системе координат с учетом инерционных членов. Уравнения в перемещениях, представленные в форме Тедоне, решаются для случая сжимаемого материала цилиндрических тел.

Получены решения однородных дифференциальных уравнений в функциях Бесселя с предварительным разделением переменных неоднородных уравнений, которые находятся методом неопределенных коэффициентов. Представленное в виде Тедоне уравнение в перемещениях решается в условиях сжимаемости цилиндрических материальных тел. В этом случае объемное расширение подчиняется уравнениям Гельмгольца. В работе строятся решения однородных дифференциальных уравнений в функциях Бесселя с предварительным разделением переменных неоднородных уравнений. Эти однородные дифференциальные уравнения находятся методом неопределенных коэффициентов. Также в данной обзорной статье решается внутренняя краевая задача возмущения. Уравнение перемещений, выраженное в форме Тедоне, решается для сжатого материала некоторых цилиндрических тел. Получено решение однородных дифференциальных уравнений в функциях Бесселя с предварительным разделением переменных. Следует отметить, что решение неоднородных дифференциальных уравнений получается методом неопределенных коэффициентов.

**Ключевые слова:** цилиндрическая система координат, дифференциальные уравнения, решения неоднородных уравнений, форма Тедоне, функция Бесселя

### **Introduction**

Explosions or earthquakes are impulsive external influences. If the duration of the action of an external force of the pulse type is small compared to the period of its own oscillations, then after the expiration of the oscillation force of the system that has left the equilibrium position with an initial velocity equal to the magnitude of the external force pulse.

It is assumed that the impulse effect on the system occurs in some sufficiently large neighborhood of the location of the mine in order not to produce a direct destructive effect on the environment that includes this mine. As it is known [1], as waves move away from the initial disturbance area, their amplitude, if the effects of dispersion are neglected, changes inversely proportional to the square root of the distance (surface waves) or inversely proportional to the distance (volume waves) from the source of the initial disturbance (pulse). It seems possible to apply the linear theory of elastic dynamic oscillations for the formulated problem, as is customary in theoretical seismology.

The relevance of studying the laws of propagation of electromagnetic and elastic (mechanical) waves is associated with the presence of mutual transformation. Wave processes in coupled fields reflect the mutual influence of elastic, electromagnetic and thermal fields. In (Loran et al., 2020), the process of scattering of electromagnetic plane waves by an ideal half-plane of an electric conductor in an anisotropic medium is studied. The method used to solve the problem is the transition boundary method.

Research in the field of elastic waves is considered in the works (Silva et al., 2021) as one of the most important conditions for solving boundary value problems

(Li et al., 2021). Various methods of solutions and wave propagation are presented, for example, symmetric and antisymmetric waves under two thermal conditions Nowacki, wave propagation in three-dimensional space Sharma, wave propagation in elastic media by the matricant method and et.al. (Dossumbekov et al., 2021: 8; Kurmanov et al., 2020: 085505; Ispulov et al., 2017: 5236898; Mussa et al., 2022: 12; Nowacki et al., 1986; Sharma et al., 2004: 15; Ispulov et al., 2022: 4; Ispulov et al., 2022: 11; Tleukenov, 2004; Tleukenov, 2019).

The boundary problems of disturbances in the cylindrical coordinate system with regard to inertial components were solved. This information is necessary to study the free elastic vibrations of the system. The equation in movements, presented in the form of the Tedone, are decided for the case of the compressible material of cylindrical bodies. The volume expansion is subject to the Helmholtz equation. Solutions of homogeneous differential equations are obtained in non-cells functions with preliminary division of variables. Solutions of heterogeneous differential equations are found by the method of undefined coefficients. The boundary conditions of free oscillations at the border for internal and external boundary problems are written down.

#### **Research Material and methods**

A type of problem in the theory of elasticity associated with the propagation of oscillations or stationary states of vibration in an elastic medium. In the simplest case, but also the most important in practical applications — the linear theory of homogeneous isotropic elastic bodies — such problems can be reduced to finding a solution to the Lamé equation. These velocities are the displacement velocities of two types of deformations in a linearly elastic isotropic body. It can also be shown that, under certain conditions, surface waves can propagate along interfaces and that they have characteristic propagation velocities (Rayleigh waves on a free surface, Stoneley waves on an elastic medium boundary).

The cases of the appearance of discontinuities in the first derivatives of the displacement with respect to the characteristics (strong discontinuity) are also investigated. If the characteristic jumps affect only the component of the gradient normal vector, and the tangential components of this vector and the displacements themselves remain continuous, then the discontinuity is called a constant force discontinuity. In this case, the conditions of kinematic and dynamic compatibility are satisfied on the characteristic surface, which play an important role in solving dynamic problems by the method of characteristics.

The action of dynamic deformations of an elastic body becomes more complicated if this body has a finite boundary. Each point of such a boundary, in contact with any one of the perturbations propagating from fronts that are complex in themselves, causes at least two new types of deformation.

The main ones are the following types of boundary value problems: the first shows displacements; secondly, voltages are shown; the third one shows linear combinations of displacements and stresses; fourthly, the normal component of the shear and the tangential components of the tension are shown; fifth, the tangential



components of the displacement and the normal component of the stress are shown; Sixth, the displacements are shown in one part of S, and the tensions are shown in the appendix.

In contrast to the Cauchy problem, which is completely solvable in the general case, solutions to mixed problems are obtained only in special cases. The most important of them are: closed solutions of the first and second main mixed problems for a half-plane or half-space, obtained by the method of complex waves and a generalization of the method of characteristics; solutions of the wave equation for the sphere obtained by the method of functionally invariant integrals; solution of some problems of the theory of elasticity by generalizing this method; and solving a number of diffraction problems. As a rule, decisions cannot be made in private; however, very general results can be obtained using the methods of potential theory and the theory of singular integral equations.

The methods of geometric optics are also used in the case of surface waves. The boundary condition of zero surface tension can be satisfied by the superposition of longitudinal and transverse waves with complex eikonals. Such constructions give rise to a wide class of surface waves, a striking example of which are Rayleigh waves.

The geometric-optical theory can also be developed for other types of surface waves: for waves similar to Love waves and for the so-called surface trapped waves. An analogue of the considered Love waves are stationary high-frequency waves, the phase velocity of which is close to the velocity of transverse waves, and the direction of the displacement vector, according to the first approximation, is the frequency normal to the surface and the direction of wave propagation. Waves captured by the surface also have a surface velocity close to that of transverse waves, but their polarization is different — the displacement vector lies in the plane formed by the normal to the surface and the direction of wave propagation.

The equation of dynamic oscillations of the elastic body of the vector form has

$$\frac{1}{1-2\nu} \operatorname{grad} \operatorname{div} \bar{u}_* + \nabla^2 \bar{u}_* = \frac{\rho}{\mu} \ddot{\bar{u}}_* \quad (1)$$

Where the Laplace operator in the cylindrical coordinate system

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2} \quad (2)$$

$\bar{u}_*$  is the displacement vector,  $\mu$  is the shear module,  $\nu$  is Poisson ratio,  $\rho$  – Density of area's material; differentiation twice in time are marked by two points above the vector,  $\bar{u}_*, t, r, \varphi, z$  – cylindrical coordinates, and  $r$  – radius,  $\varphi$  – azimuth angle,  $z$  – coordinate in the direction of the axis of the solid cylindrical body. The vector of displacements is represented as:

$$\bar{u}_*(t, \varphi, z) = \exp(ij\omega t) \bar{u}_{*ij}(r, \varphi, z), \quad (3)$$

where  $i$  – imaginary unit,  $f$  – complex frequency.

With regard to (3) equation (1) acquires the following form:

$$\frac{1}{1-2\nu} \operatorname{grad} \operatorname{div} \bar{u}_* + \nabla^2 \bar{u}_* = \frac{\rho}{\mu} f^2 \bar{u}_* \tag{4}$$

Let the volumetric extension obey the Helmholtz equation. (Lurie, 2005) to the next of the equation (4):

$$\nabla^2 \Theta_* + \frac{\rho}{2\mu} \frac{1-2\nu}{1-\nu} f^2 \Theta_* = 0, \tag{5}$$

where

$$\Theta_* = \frac{\partial u_*}{\partial r} + \frac{u_*}{r} + \frac{\partial v_*}{r \partial \varphi} + \frac{\partial w_*}{\partial z}, \tag{6}$$

$u_*, v_*, w_*$  – are the components of the vector  $\bar{u}_*$ .

From equation (1) follows the equation in the movements in the form of Thetone:

$$\nabla^2 \left[ \bar{r}_* + \frac{1}{2(1-2\nu)} r f^2 \Theta_* \right] + \frac{\rho}{\mu} \left[ f^2 \bar{r}_* + \frac{1}{4(1-\nu)} r f^2 \Theta_* \right] = 0, \tag{7}$$

where  $\bar{r}_*$  – is the radius-vector of the arbitrary point of the body

$$\bar{r} = r \bar{e}_r + z \bar{k}, \tag{8}$$

$\bar{e}_r$ , are basic vectors.

Let's rewrite the equation (7) in the form of:

$$\left( \nabla^2 + \frac{\rho}{\mu} f^2 \right) \bar{r}_* = - \frac{\rho}{\mu} \frac{1}{4(1-\nu)} r f^2 \Theta_* - \frac{1}{2(1-2\nu)} \nabla^2 (r f^2 \Theta_*). \tag{9}$$

Producing the specified differential operations in the equation (9) and recording it in the coordinate form, we get the following system of differential equations in the private productively unknown components, displacements:

$$\begin{aligned} \left( \nabla^2 + \frac{1}{r^2} + \frac{\rho}{\mu} f^2 \right) u_* - \frac{2}{r^2} \frac{\partial v_*}{\partial \varphi} - \frac{\rho}{\mu} \frac{1}{4(1-\nu)} r f^2 \Theta_* - \frac{1}{2(1-2\nu)} \left( \nabla^2 + \frac{2}{r} \frac{\partial}{\partial r} \right) \Theta_*; \\ \left( \nabla^2 + \frac{\rho}{\mu} f^2 - \frac{1}{r^2} \right) v_* + \frac{2}{r^2} \frac{\partial u_*}{\partial \varphi} = - \frac{1}{1-2\nu} \frac{1}{r} \frac{\partial \Theta_*}{\partial \varphi}; \\ \left( \nabla^2 + \frac{\rho}{\mu} f^2 \right) w_* = \frac{\rho}{\mu} \frac{r f^2 \Theta_*}{4(1-\nu)} - \frac{1}{2(1-2\nu)} \left( \nabla^2 + \frac{2}{z} \frac{\partial}{\partial z} \right) \Theta_*; \end{aligned} \tag{10}$$

The right parts of the equations (10) are the known functions found in this paragraph from the general Helmholtz equation (5).

Considering (5), representing displacement, and volumetric expansion in the form of:

$$u_m(r, \varphi, z) = u(r) \sin \lambda z \cos n\varphi, \quad v_m(r, \varphi, z) = v(r) \sin \lambda z \cos n\varphi, \quad (11)$$

$$w_m(r, \varphi, z) = w(r) \cos \lambda z \cos n\varphi, \quad \Theta_m(r, \varphi, z) = \Theta(r) \sin \lambda z \cos n\varphi$$

where  $n = 0, 1, 2, \dots$ , (12)

From (10) we get:

$$\begin{aligned} \left( \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \lambda^2 - \frac{n^2 + 1}{r^2} + \frac{\rho}{\mu} f^2 \right) u(r) - \frac{2n}{r^2} v(r) &= -\frac{1}{1-2\nu} \frac{d\Theta(r)}{dr}, \\ \left( \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \lambda^2 - \frac{n^2 + 1}{r^2} + \frac{\rho}{\mu} f^2 \right) v(r) - \frac{2n}{r^2} u(r) &= -\frac{n}{1-2\nu} \frac{1}{r} \Theta(r), \\ \left( \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \lambda^2 - \frac{n^2}{r^2} + \frac{\rho}{\mu} f^2 \right) w(r) &= -\frac{\lambda}{1-2\nu} \Theta(r) \end{aligned} \quad (13)$$

Let's introduce the designation:

$$\nabla_r^2 = \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \lambda^2 - \frac{n^2 + 1}{r^2} + \frac{\rho}{\mu} f^2. \quad (14)$$

Then the equations (13) will be over written as:

$$\begin{aligned} \nabla_r^2 u(r) - \frac{2n}{r^2} v(r) &= -\frac{1}{1-2\nu} \frac{d\Theta(r)}{dr}, \\ \nabla_r^2 v(r) - \frac{2n}{r^2} u(r) &= \frac{n}{1-2\nu} \frac{1}{r} \Theta(r), \\ \left( \nabla_r^2 + \frac{1}{r^2} \right) w(r) &= -\frac{\lambda}{1-2\nu} \Theta(r). \end{aligned} \quad (15)$$

The right parts of equations (15) contain functions or its derivative. Expression for a function, we find below from the Helmholtz equation (5) after the division of variables in it, according to the last formula (11). Thus, the right parts of equations (15) are known functions. Due to this circumstance these equations can be considered as heterogeneous equations concerning unknown functions such as  $u(r)$ ,  $v(r)$ ,  $w(r)$ .

The general solution of the system of equations (15) in this case consists of the sum of the general decision of homogeneous system and any private solution heterogeneous. So, we find the general solution of the corresponding homogeneous system of equations:

$$\nabla_r^2 u(r) - \frac{2n}{r^2} v(r) = 0;$$

$$\nabla_*^2 v(r) - \frac{2n}{r^2} u(r) = 0; \tag{16}$$

$$\left( \nabla_*^2 + \frac{1}{r^2} \right) w(r) = 0.$$

We fold and subtract the left and right parts of the first two equations (16), then we get

$$\nabla_*^2 [u(r) - v(r)] + \frac{2n}{r^2} [u(r) - v(r)] = 0,$$

$$\nabla_*^2 [u(r) + v(r)] - \frac{2n}{r^2} [u(r) + v(r)] = 0. \tag{17}$$

Let's introduce the designation:

$$u(r) - v(r) = U(r), \quad u(r) + v(r) = V(r), \tag{18}$$

So that

$$u(r) = \frac{1}{2} [U(r) + V(r)], \quad v(r) = \frac{1}{2} [V(r) - U(r)] \tag{19}$$

Then the equations (17) will be overwritten as:

$$\nabla_*^2 U(r) + \frac{2n}{r^2} U(r) = 0, \quad \nabla_*^2 V(r) - \frac{2n}{r^2} V(r) = 0. \tag{20}$$

We will solve these equations in the form of:

$$V(r) = 0 \tag{21}$$

$U(r)$ - Is the solution of the first of the equations (20), i.e.

$$\left( \nabla_*^2 + \frac{2n}{r^2} \right) U(r) = 0, \tag{22}$$

Or considering (14)

$$\left[ \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \lambda^2 - \frac{(n-1)^2}{r^2} + \frac{\rho}{\mu} f^2 \right] U(r) = 0. \tag{23}$$

Enter the designation:

$$a = \sqrt{\frac{\rho}{\mu} f^2 - \lambda^2}. \tag{24}$$

Then the equation (23) will look like:

$$\left[ \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} + a^2 - \frac{(n-1)^2}{r^2} \right] U(r) = 0, \quad (25)$$

or

$$\left[ r^2 \frac{d^2}{dr^2} + r \frac{d}{dr} + a^2 r^2 - (n-1)^2 \right] U(r) = 0. \quad (26)$$

The equation (26) has a private solution in the form of (Loran et al., 2020:165302)

$$U(r) = Z_{(n-1)}(ra). \quad (27)$$

Where  $Z_{(n-1)}(ra)$  is the cylindrical function

Considering (19), (27), we have:

$$u(r) = \frac{1}{2} U(r) = \frac{1}{2} Z_{(n-1)}(ra). \quad (28)$$

$$v(r) = -\frac{1}{2} U(r) = -\frac{1}{2} Z_{(n-1)}(ra).$$

Let's find the solution of the 3rd equation from (16):

$$\left( \nabla^2 + \frac{1}{r^2} \right) w(r) = 0. \quad (29)$$

or

$$\left( \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} + a^2 - \frac{n^2}{r^2} \right) w(r) = 0. \quad (30)$$

$$\left( r^2 \frac{d^2}{dr^2} + r \frac{d}{dr} + a^2 r^2 - n^2 \right) w(r) = 0. \quad (31)$$

The solution for:

$$w(r) = Zn(ra). \quad (32)$$

Now let's solve the equation (15), which considering the last of the formulas (11), will look like:

$$\left( \frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{d}{dr} - \lambda^2 - \frac{n^2}{r^2} + \frac{\rho}{2\mu} \frac{1-2\nu}{1-\nu} \right) \Theta(r) = 0. \quad (33)$$

or

$$\left( r^2 \frac{d^2}{dr^2} + r \frac{d}{dr} + b^2 r^2 - n^2 \right) \Theta(r) = 0, \tag{34}$$

Where

$$b = \sqrt{\frac{\rho}{2\mu} \frac{1-2\nu}{1-\nu} f^2 - \lambda^2}. \tag{35}$$

$$\Theta(r) = Z_n(rb). \tag{36}$$

Consider the case = 1. Then you can write:

$$u(r) = -v(r) = \frac{1}{2} Z_0(ra) \cdot C_1, \quad w(r) = Z_1(ra) \cdot C_2, \tag{37}$$

$$\Theta(r) = Z_1(rb) \cdot C_3; \tag{38}$$

$C_1, C_2, C_3$ – is arbitrary permanent integration. Here (Silva et al., 2021:116023):

$$Z_0(ra) = \sum_{s=0}^{\infty} \frac{(-1)^s}{(s!)^2} \left(\frac{ra}{2}\right)^{2s} = 1 - \frac{1}{(1!)^2} \left(\frac{ra}{2}\right)^2 + \frac{1}{(2!)^2} \left(\frac{ra}{2}\right)^4 - \frac{1}{(3!)^2} \left(\frac{ra}{2}\right)^6 +$$

$$+ \frac{1}{(4!)^2} \left(\frac{ra}{2}\right)^8 - \frac{1}{(5!)^2} \left(\frac{ra}{2}\right)^{10} + \frac{1}{(6!)^2} \left(\frac{ra}{2}\right)^{12} - \frac{1}{(7!)^2} \left(\frac{ra}{2}\right)^{14} + \frac{1}{(8!)^2} \left(\frac{ra}{2}\right)^{16} \tag{39}$$

$$Z_1(ra) = \sum_{s=0}^{\infty} \frac{(-1)^s}{(1+s)!s!} \left(\frac{ra}{2}\right)^{1+2s} = \frac{1}{0!1!} \left(\frac{ra}{2}\right) - \frac{1}{1!2!} \left(\frac{ra}{2}\right)^3 + \frac{1}{2!3!} \left(\frac{ra}{2}\right)^5 -$$

$$- \frac{1}{3!4!} \left(\frac{ra}{2}\right)^7 + \frac{1}{4!5!} \left(\frac{ra}{2}\right)^9 - \frac{1}{5!6!} \left(\frac{ra}{2}\right)^{11} + \dots \tag{40}$$

In (40)  $(ra)$  should be replaced by  $Z_1(rb)$ .

Now we will find private solutions of heterogeneous equations (15) with the well-known right part.

Subtract and fold the left and right parts of the first two equations (15); Then we get:

$$\nabla_r^2 [u_0(r) - v_0(r)] + \frac{2n}{r^2} [u_0(r) - v_0(r)] = -\frac{1}{1-2\nu} \left[ \frac{n}{r} \Theta(r) + \frac{d\Theta(r)}{dr} \right], \tag{41}$$

$$\nabla_r^2 [u_0(r) + v_0(r)] - \frac{2n}{r^2} [u_0(r) + v_0(r)] = \frac{1}{1-2\nu} \left[ \frac{n}{r} \Theta(r) - \frac{d\Theta(r)}{dr} \right]. \tag{42}$$

Enter the designations:

$$u_0(r) - v_0(r) = U_0(r), u_0(r) + v_0(r) = V_0(r) \tag{43}$$

Here

$$u_0(r) = \frac{1}{2}[U_0(r) + V_0(r)], v_0(r) = \frac{1}{2}[V_0(r) - U_0(r)] \tag{44}$$

Equations (41) and (42) with consideration (43) will be written in the form of:

$$\left(\nabla_r^2 + \frac{2n}{r^2}\right)U_0(r) = -\frac{1}{1-2\nu}\left[\frac{n}{r}\Theta(r) + \frac{d\Theta(r)}{dr}\right] \tag{45}$$

$$\left(\nabla_r^2 - \frac{2n}{r^2}\right)V_0(r) = \frac{1}{1-2\nu}\left[\frac{n}{r}\Theta(r) - \frac{d\Theta(r)}{dr}\right] \tag{46}$$

Or, considering (14) in the form of:

$$\left[\frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{d}{dr} - \lambda^2 - \frac{(n-1)^2}{r^2} + \frac{\rho}{\mu}f^2\right]U_0(r) = -\frac{1}{1-2\nu}\left[\frac{n}{r}\Theta(r) + \frac{d\Theta(r)}{dr}\right] \tag{47}$$

$$\left[\frac{d^2}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{d}{dr} - \lambda^2 - \frac{(n+1)^2}{r^2} + \frac{\rho}{\mu}f^2\right]V_0(r) = \frac{1}{1-2\nu}\left[\frac{n}{r}\Theta(r) - \frac{d\Theta(r)}{dr}\right] \tag{48}$$

Equations (47) and (48), considering the designation (24), take the form:

$$\left(r^2\frac{d^2}{dr^2} + r\frac{d}{dr} + a^2r^2\right)U_0(r) = \frac{1}{1-2\nu}\left[r\Theta(r) - r^2\frac{d\Theta(r)}{dr}\right] \tag{49}$$

$$\left(r^2\frac{d^2}{dr^2} + r\frac{d}{dr} + a^2r^2 - 4\right)V_0(r) = \frac{1}{1-2\nu}\left[r\Theta(r) - r^2\frac{d\Theta(r)}{dr}\right] \tag{50}$$

Let's write the equation (49) considering  $\Theta(r) = Z_\nu(rb)C_3$ , in the form of:

$$\left(r^2\frac{d^2}{dr^2} + r\frac{d}{dr} + a^2r^2\right)U_0(r) = \frac{C_3}{1-2\nu}\left(bv^2 - \frac{r^4b^3}{4} + \frac{r^6b^3}{64}\right) \tag{51}$$

Suppose

$$U_0(r) = k_1r^2 + k_2r^4 + k_3r^6 + \dots \tag{52}$$

Then

$$\frac{dU_0(r)}{dr} = 2k_1r + 4k_2r^3 + 6k_3r^5 + \dots \tag{53}$$

$$\frac{d^2U_0(r)}{dr^2} = 2k_1 + 12k_2r^2 + 30k_3r^4 + \dots \tag{54}$$

From the equation (51), considering (52)-(54) we get:

$$2k_1r^2 + 12k_2r^4 + 30k_3r^6 + \dots + 2k_1r^2 + 4k_2r^4 + 6k_3r^6 + \dots +$$

$$+ a^2 k_1 r^4 + a^2 k_2 r^6 + a^2 k_3 r^8 + \dots = -\frac{C_3}{1-2\nu} \left( br^2 - \frac{r^4 b^3}{4} + \frac{r^6 b^5}{64} - \dots \right). \tag{55}$$

Equating coefficients at the same degrees zero get:

$$\begin{aligned} r^2: \quad 4k_1 + \frac{bC_3}{1-2\nu} &= 0; \quad k_1 = -\frac{C_3 b}{4(1-2\nu)}; \\ r^4: \quad 16k_2 + a^2 k_1 - \frac{b^3 C_3}{4(1-2\nu)} &= 0; \quad k_2 = \frac{C_3 b(a^2 + b^2)}{64(1-2\nu)}; \\ r^6: \quad 36k_3 + a^2 k_2 + \frac{C_3 b^5}{64(1-2\nu)} &= 0; \quad k_3 = -\frac{C_3(b^5 + a^2 b^3 + a^4 b)}{36 \cdot 64(1-2\nu)}. \end{aligned} \tag{56}$$

Let's write the equation (50), considering in the form:

$$\left( r^2 \frac{d^2}{dr^2} + r \frac{d}{dr} + a^2 r^2 - 4 \right) V_0(r) = \frac{1}{1-2\nu} \left[ r\Theta(r) - r^2 \frac{d\Theta(r)}{dr} \right] \tag{57}$$

Where

$$\Theta(r) = \frac{1}{1-2\nu} C_3 \left[ r^4 \left( \frac{b}{2} \right)^3 - \frac{1}{3} r^6 \left( \frac{b}{2} \right)^5 + \dots \right]$$

Suppose

$$V_0(r) = m_1 r^4 + m_2 r^6 + \dots \tag{58}$$

$$\frac{dV_0(r)}{dr} = 4m_1 r^3 + 6m_2 r^5 + \dots$$

Then

$$\frac{d^2 V_0(r)}{dr^2} = 12m_1 r^2 + 30m_2 r^4 + \dots \tag{59}$$

$$\frac{d^2 V_0(r)}{dr^2} = 12m_1 r^2 + 30m_2 r^4 + \dots \tag{60}$$

Substituting (58)-(60) in (57), we get:

$$\begin{aligned} 12m_1 r^4 + 30m_2 r^6 + \dots + 4m_1 r^4 + 6m_2 r^6 + \dots \\ - \frac{C_3}{1-2\nu} \left[ r^4 \left( \frac{b}{2} \right)^3 - \frac{1}{3} r^6 \left( \frac{b}{2} \right)^5 + \dots \right] = 0 \end{aligned} \tag{61}$$

Find



$$m_1 = \frac{C_3 b^3}{96(1-2\nu)}; \quad m_2 = -\frac{C_3 b^3 (a^2 + b^2)}{32 \cdot 96(1-2\nu)} \dots; \quad (62)$$

Let's write the last of the equations (15):

$$\left( \nabla_r^2 + \frac{1}{r^2} \right) w(r) = -\frac{\lambda}{1-2\nu} \Theta(r); \quad (63)$$

Or, considering (14), (24) – In the form of:

$$\left( r^2 \frac{d_2}{dr^2} + r \frac{d}{dr} + a^2 r^2 - n^2 \right) w(r) = -\frac{\lambda r^2}{1-2\nu} \Theta(r). \quad (64)$$

with  $n=1$  we get:

$$\left( r^2 \frac{d_2}{dr^2} + r \frac{d}{dr} + a^2 r^2 - 1 \right) w(r) = -\frac{\lambda r^2}{1-2\nu} \Theta(r). \quad (65)$$

Considering (38), supposing a private solution to the equation ((65) in the form of:

$$w(r) = n_1 r^3 + n_2 r^5 + n_3 r^7 + \dots \quad (66)$$

$$\frac{dw(r)}{dr} = 3n_1 r^2 + 5n_2 r^4 + 7n_3 r^6 + \dots, \quad (67)$$

$$\frac{d^2 w(r)}{dr^2} = 6n_1 r + 20n_2 r^3 + 42n_3 r^5 + \dots, \quad (68)$$

Get out of the equation (65):

$$6n_1 r^3 + 20n_2 r^5 + 42n_3 r^7 + \dots + 3n_1 r^3 + 5n_2 r^5 + 7n_3 r^7 + a^2 n_1 r^3 + a^2 n_2 r^5 + a^2 n_3 r^7 - n_1 r^3 - n_2 r^5 - n_3 r^7 - \dots = -\frac{\lambda C_3}{1-2\nu} \left( r^3 \frac{b}{2} - \frac{1}{2} r^5 \frac{b^3}{2^3} + \frac{1}{12} r^7 \frac{b^5}{2^5} - \dots \right) \quad (69)$$

Here we find:

$$n_1 = -\frac{\lambda C_3 b}{16(1-2\nu)}; \quad n_2 = \frac{C_3 \lambda b (a^2 + b^2)}{16 \cdot 24(1-2\nu)}; \quad n_3 = -\frac{\lambda C_3 b (a^4 + a^2 b^2 + b^4)}{16 \cdot 24 \cdot 48(1-2\nu)}. \quad (70)$$

### Result and discussion

So, let's write the solution of dynamic equations of free oscillations of the system. The sought displacements, considering (37), (38), (52)-(56), (58)-(62), (66)-(70), shall be of the following type:

$$u(r) = \frac{1}{2} Z_0(ra) C_1 + \frac{1}{2} C_3 [U_0(r) + V_0(r)]$$

$$v(r) = -\frac{1}{2} Z_0(r\alpha) C_1 + \frac{1}{2} C_3 [V_0(r) - U_0(r)] \tag{71}$$

$$w(r) = C_2 Z_0(r\alpha) + C_3 w(r).$$

Let's write down the boundary conditions of free oscillations of the considered system for a continuous cylindrical body at  $r = r_0$ , consisting in equal zero of stresses on lateral surface of it:

$$\sigma_{r\varphi} |_{r=r_0} = 2\mu \left[ \frac{v}{1-2\nu} \Theta(r) \sin \lambda z \cos n\varphi + \frac{dw(r)}{dr} \sin \lambda z \cos n\varphi \right]_{r=r_0} = 0.$$

or

$$\left[ \frac{v}{1-2\nu} \Theta(r) + \frac{dw(r)}{dr} \right]_{r=r_0} = 0; \tag{72}$$

or

$$\sigma_{r\varphi} |_{r=r_0} = \mu \left[ \frac{dv(r)}{dr} \sin \lambda z \sin n\varphi - \frac{n}{r} u(r) \sin \lambda z \sin n\varphi - \frac{v(r)}{r} \sin \lambda z \sin n\varphi \right]_{r=r_0} = 0.$$

or

$$\left[ \frac{dv(r)}{dr} - \frac{n}{r} u(r) - \frac{v(r)}{r} \right]_{r=r_0} = 0; \tag{73}$$

or

$$\sigma_{rz} = \mu \left[ \lambda u(r) \cos n\varphi - \frac{dw(r)}{dr} \cos \lambda z \cos n\varphi \right]_{r=r_0} = 0.$$

or

$$\left[ \lambda u(r) - \frac{dw(r)}{dr} \right]_{r=r_0} = 0, \tag{74}$$

where  $r = r_0$  is is the outer radius of the solid cylindrical body.

Substituting (71) in (72)–(74), we shall receive the system of three homogeneous algebraic equations concerning three unknown arbitrary constant, non-trivial (nonzero) decision of which takes place at equality of zero of its characteristic determinant. Periods of free oscillations of the system can be found from the characteristic equation.

Considering the inertial terms, an internal boundary value problem is solved for excitations in a cylindrical coordinate system. The Tedone equations of motion are solved for the compressible material of cylindrical bodies. Solutions of homogeneous differential equations in Bessel functions are obtained by preliminary separation of variables of inhomogeneous equations determined by the method of indefinite coefficients.

The Tedone equation of motion is solved in the case of compression of cylindrical material bodies. In this case, the volume expansion obeys the Helmholtz equations. Solutions of homogeneous differential equations in Bessel functions are created in the work, in which the variables of non-homogeneous equations are separated in advance. These homogeneous differential equations are found by the method of indefinite coefficients.

In addition, the internal boundary value problem of excitation is solved. The Tedone equation of motion is solved for the compressed material of some cylindrical bodies. The solution of homogeneous differential equations in Bessel functions is obtained by preliminary separation of variables. It is noted that the solution of inhomogeneous differential equations is obtained by the method of indefinite coefficients.

### **Conclusion**

Thus, in this paper, the internal boundary value problem for perturbations in a cylindrical coordinate system is solved, considering the inertial terms. The equation in displacements, presented in the Tedone form, is solved for the case of compressible material of cylindrical bodies. The volumetric expansion obeys the Helmholtz equation. Solutions of homogeneous differential equations are obtained in Bessel functions with preliminary separation of variables of inhomogeneous equations, which are found by the method of indefinite coefficients.

### **REFERENCES**

Dossumbekov K.R., Ispulov N.A., Kurmanov A.A. and Zhumabekov A.Zh., 2021 — *Dossumbekov K.R., Ispulov N.A., Kurmanov A.A. and Zhumabekov A.Zh.* Propagation of electromagnetic waves in cholesteric liquid crystals, Russian Physics Journal, Vol. 64. №. 8. DOI: 10.1007/s11182-021/02470-8.

Ispulov N.A., Qadir A., Shah M.A., Seythanova A.K., Kissikov T.G., Arinov E., 2016 — *Ispulov N.A., Qadir A., Shah M.A., Seythanova A.K., Kissikov T.G., Arinov E.* Reflection of thermoelastic wave on the interface of isotropic half-space and tetragonal syngony anisotropic medium of classes 4, 4/m with thermomechanical effect, Chinese Physics B, Number of article: 038102. DOI: 10.1088/1674-1056/25/3/038102.

Ispulov N.A., Qadir A., Zhukenov M.K., Arinov E., 2017 — *Ispulov N.A., Qadir A., Zhukenov M.K., Arinov E.* The Propagation of Thermoelastic Waves in Anisotropic Media of Orthorhombic, Hexagonal, and Tetragonal Syngonies, Advances in Mathematical Physics, Number of article: 4898467. DOI: 10.1155/2017/4898467.

Ispulov N.A., Abdul Qadir, Zhukenov M.K., Dossanov T.S., Kissikov T.G., 2017 — *Ispulov N.A., Abdul Qadir, Zhukenov M.K., Dossanov T.S., Kissikov T.G.* The analytical form of the dispersion equation of elastic waves in periodically inhomogeneous medium of different classes of crystals. Advances in Mathematical Physics, 24. 5236898. DOI:10.1155/2017/5236898.

Ispulov N.A., Zhumabekov A.Zh., Abdul Qadir, Kurmanov A.A., Sarymova Sh.N., Dossumbekov K.R., Arinov E., 2022 — *Ispulov N.A., Zhumabekov A.Zh., Abdul Qadir, Kurmanov A.A., Sarymova Sh.N., Dossumbekov K.R., Arinov E.* The Propagation of Thermoelastic Waves in Different Anisotropic Media Using Matricant Method. Advances in Mathematical Physics. 5787899. DOI:10.1155/2022/5787899.

Ispulov N.A., Zhumabekov A.Zh., Dossumbekov K.R., Bektazinova A.K., 2022 — *Ispulov N.A., Zhumabekov A.Zh., Dossumbekov K.R., Bektazinova A.K.* On matrices of coefficients of electromagnetic and elastic waves propagating in anisotropic media. Bulgarian Chemical Communications, 54, Special Issue B1. 53–57. DOI: 10.34049/bcc. 54.

Ispulov N.A., Abdul Qadir, Zhumabekov A.Zh., Kurmanov A.A., Dossumbekov K.R., 2022 —

*Ispulov N.A., Abdul Qadir, Zhumabekov A.Zh., Kurmanov A.A., Dosumbekov K.R.* On nonclassical boundary conditions for the contact of thin interlayers with different physical and mechanical properties on wave propagation in anisotropic media. Bulletin of the Karaganda University. Physics Series. № 3. DOI: 10.31489/2022PH3/68–79.

Kurmanov A.A., Ispulov N.A., Abdul Qadir, Zhumabekov A.Zh., Sarymova Sh.N., Dosumbekov K.R., 2021 — *Kurmanov A.A., Ispulov N.A., Abdul Qadir, Zhumabekov A.Zh., Sarymova Sh.N., Dosumbekov K.R.* Propagation of electromagnetic waves in stationary anisotropic media, *Physica Scripta*, 96. 085505. DOI:10.1088/1402-4896/abfe87.

Li S., Xu P., Xu Y., 2021 — *Li S., Xu P., Xu Y.* Local photonic density of states in hyperbolic metasurfaces. *Journal of Optics*, 23. 115101. DOI:10.1088/2040-8986/ac27bc.

Mussa E.U., Ispulov N.A., Dosumbekov K.R., Zhumabekov A.Zh., 2022 — *Mussa E.U., Ispulov N.A., Dosumbekov K.R., Zhumabekov A.Zh.* On the propagation of thermoelastic waves in anisotropic media (inhomogeneity along the Y-axis). Bulletin ToU. Physics, mathematics and computer science. 1. 58–70. DOI: 10.48081/NBDT3831.

Loran F., Mostafazadeh A., 2020 — *Loran F., Mostafazadeh A.* Transfer-matrix formulation of the scattering of electromagnetic waves and broadband invisibility in three dimensions. *Journal of Physics A-Mathematical and Theoretical*, 53. 165302. DOI:10.1088/1751-8121/ab7669.

Lurie A.I., 2005 — *Lurie A.I.* Theory of Elasticity, Springer.

Nowacki W., 1986 — *Nowacki W.* Thermoelasticity. 2nd edition. Pergamon Press, Oxford.

Silva P.D.S., Lisboa-Santos L., Ferreira M.M.Jr., Schreck M., 2021 — *Silva P.D.S., Lisboa-Santos L., Ferreira M.M.Jr., Schreck M.* Effects of CPT-odd terms of dimensions three and five on electromagnetic propagation in continuous matter. *Physical Review D*. 104. 116023. DOI:10.1103/PhysRevD.104.116023.

Sharma M.D., 2004 — *Sharma M.D.* Three-dimensional wave propagation in a general anisotropic poroelastic medium: phase velocity, group velocity and polarization. *Geophysical Journal International*, 156. 329–344. DOI:10.1111/j.1365-246X.2003.02141.x.

Tleukenov S.K., 2004 — *Tleukenov S.K.* Matricant Method, PSU press, Pavlodar.

Tleukenov S.K., Zhukenov M.K., Ispulov N.A., 2019 — *Tleukenov S.K., Zhukenov M.K., Ispulov N.A.* Propagation of electromagnetic waves in anisotropic magnetoelectric medium Bulletin of the Karaganda University. Physics Series. № 2. DOI: 10.31489/2019Ph2/29-34.

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

ISSN 2224-5227

Volume 345, Number 1 (2023), 125–135

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.189>

UDC 53.072.8

© **D.M. Zharylgapova, A.Zh. Seytmuratov, 2023**

Korkyt Ata Kyzylorda State University, Kyzylorda, Kazakhstan.

E-mail: [angisin\\_@mail.ru](mailto:angisin_@mail.ru)

## **SHORT-RANGE RADIO COMMUNICATION SYSTEMS CALCULATION**

**Zharylgapova D.M.** — PhD. The Korkyt Ata Kyzylorda State University. Department of «Physics and Mathematics». 120000. Kyzylorda. Kazakhstan

E-mail: [djm.06@mail.ru](mailto:djm.06@mail.ru). ORCID: 0000-0001-7962-9239;

**Seitmuratov A.Zh** — Doktor of Physical and Matematical Sciences. TheKorkyt Ata Kyzylorda State University. Department of «Physics and Mathematics». Professoz. 120000. Kyzylorda. Kazakhstan

E-mail: [angisin\\_@mail.ru](mailto:angisin_@mail.ru). ORCID: 0000-0002-9622-9584.

**Abstract.** This article focuses on researching radio communication systems, especially cellular communications. Analog and digital cellular communication systems are compared and contrasted, and the basis of the differences between the standards is discussed. Using previously established methods and accounting for the maximum allowable wavelength and antenna opening area, it was possible to determine the signal power during the investigation. The study examined analog and digital systems using a mobile station device as an example. In both cases, the initial information – human speech information – enters the station's input as continuous acoustic vibrations, which are converted into continuous electrical signals by the microphone. However, this is where the similarities between the two types of systems end; almost all subsequent processing is handled differently in each. The built-in antennas are typically one decimeter in length and are practically serviceable, meaning they have nearly the same sensitivity when receiving from any direction. As a result, changes in the device's orientation have little effect on the level of the received signal. We examine the differences between digital and analog cellular communication systems, as well as the nature of differences between standards within systems of the same type. In the work, we won't go into specifics and will stick to general information. During the research, we were able to calculate the signal power using previously known formulas while keeping the maximum allowable wavelength and the area of the antenna opening in mind

**Keywords:** cellular communication, radio waves, antennas, analog systems, digital systems

© Д.М. Жарылғапова, А.Ж. Сейтмұратов\*, 2023

Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті, Қызылорда, Қазақстан.

E-mail: angisin\_@mail.ru

## ҚЫСҚА АРАЛЫҚТАҒЫ РАДИОБАЙЛАНЫС ЖҮЙЕЛЕРІН ЕСЕПТЕУ

**Жарылғапова Д.М.** — PhD. «Физика және Математика» кафедрасы. Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті. 120000. Қызылорда. Қазақстан

E-mail: djm.06@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7962-9239;

**Сейтмұратов А.Ж.** — м.ғ.д., профессор. «Физика және Математика» кафедрасы. Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университеті. 120000. Қызылорда. Қазақстан

E-mail: angisin\_@mail.ru. ORCID: 0000-0002-9622-9584.

**Аннотация.** Бұл мақала радиобайланыс жүйесін, оның ішінде ұялы байланысты зерттеуге арналған. Сандық және аналогтық ұялы байланыс жүйелерінің айырмашылығы зерттеліп, стандарттар арасындағы айырмашылықтардың сипаты түсіндіріледі. Зерттеу барысында бұрын белгілі формулаларды пайдалана отырып, максималды рұқсат етілген толқын ұзындығы мен антеннаның ашылу аймағын ескере отырып, сигнал қуатын есептеу мүмкін болды. Жұмыста аналогтық және цифрлық жүйелер салыстырылды және бұл жылжымалы станция құрылғысының мысалында қарастырылды. Екі жағдайда да бастапқы ақпарат — адамның сөйлеу кезіндегі ақпараты микрофон арқылы үздіксіз электрлік сигналдарға түрленетін үздіксіз акустикалық тербеліс түрінде станцияға түседі. Дегенмен, осы жерде жүйенің екі түрі арасындағы ұқсастық аяқталады, іс жүзінде барлық кейінгі өңдеу оларда әртүрлі тәсілдермен орындалады. Кіріктірілген антенналар үлкен емес, орташа алғанда - ұзындығы шамамен бір дециметр және іс жүзінде қызмет етеді, яғни кез келген бағыттан қабылдау кезінде бірдей дерлік сезімталдыққа ие. Сондықтан аппараттың бағдарының өзгеруі қабылданған сигнал деңгейіне аз әсер етеді. Біз сандық және аналогтық ұялы байланыс жүйелерінің бір-бірінен қалай ерекшеленетінін қарастырдық, сондай-ақ бір тектес жүйелердегі стандарттар арасындағы айырмашылықтардың сипатын түсіндірдік. Зерттеу барысында біз рұқсат етілген максималды толқын ұзындығын және антеннаның ашылу аймағын ескере отырып, бұрын белгілі формулаларды пайдалана отырып, сигнал қуатын есептей алдық.

**Түйін сөздер:** Ұялы байланыс, радиотолқындар, антенналар, аналогтық жүйелер, сандық жүйелер

© Д.М. Жарылгапова, А.Ж. Сейтмуратов\*, 2023

Қызылординский университет имени Коркыт Ата, Қызылорда, Қазақстан.

E-mail: angisin\_@mail.ru

## РАСЧЕТ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ МАЛОЙ ДАЛЬНОСТИ

**Жарылгапова Д.М.** — PhD. Кафедра «Физика и Математика». Қызылординский университет им. Коркыт Ата. 120000. Қызылорда. Қазақстан

E-mail: djm.06@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7962-9239;

**Сейтмуратов А.Ж.** — д.ф.-м.н., профессор. Кафедра «Физика и Математика». Қызылординский университет им. Коркыт Ата. 120000. Қызылорда. Қазақстан

E-mail: angisin\_@mail.ru. ORCID: 0000-0002-9622-9584.

**Аннотация.** Данная статья посвящена изучению системы радиосвязи, в том числе сотовой связи. Изучены различия между цифровой и аналоговой систем сотовой связи, а также дано пояснение характеру различий между стандартами. В ходе исследования удалось по ранее известным формулам рассчитать мощность сигнала, учитывая максимально допустимую длину волны и площадь раскрытия антенн. В работе сопоставляются аналоговые и цифровые системы, рассмотрено это на примере устройства подвижной станции. В обоих случаях исходная информация — информация речи человека — поступает на вход станции в виде непрерывных акустических колебаний, которые преобразуются микрофоном в непрерывные электрические сигналы. На этом, однако, сходство систем двух типов заканчивается, практически вся последующая обработка производится в них по — разному. Встроенные антенны не велики, в среднем — порядка одного дециметра в длину и являются практически исправными, то есть обладают почти одинаковой чувствительностью при приеме с любых направлений. Поэтому изменения ориентации аппарата мало влияют на уровень принимаемого сигнала. Мы рассмотрели, чем различаются между собой цифровые и аналоговые системы сотовой связи, а также пояснили характер различий между стандартами в пределах систем одного и того же типа. В ходе исследования нам удалось по ранее известным формулам рассчитать мощность сигнала, учитывая максимально допустимую длину волны и площадь раскрытия антенн.

**Ключевые слова:** сотовая связь, радиоволны, антенны, аналоговые систем, цифровые системы

### Введение

Сегодня в XXI веке сотовая связь все более актуализируется, бурно развивается и требует должного внимания к себе. Развитие сотовой связи неизменно опережает все самые смелые прогнозы. Мировые тенденции развития сотовой связи продолжают оставаться положительными и очень оптимистическими, быстро прогрессируют технологические возможности, рынок расширяется и углубляется. Сотовая связь, получившая практическое

применение с конца 70-х – начала 80-х годов, продолжает развиваться так интенсивно, что этот процесс можно назвать триумфальным мирным (и всемирным) наступлением. В связи с этим бурным развитием сотовой связи предпринята попытка исследования этой области, чтобы развивалась наука наравне с ней.

Сотовая связь — это мобильная радиотелефонная связь, предоставляющая все виды услуг современной телефонной связи, но без ограничений подвижности абонента. Например, абонент может ехать в автомашине со скоростью более 100 километров в час, и при этом все услуги остаются ему доступным. Он не только может позвонить сам кому угодно, но и в любой другой может позвонить ему, и вызов найдет его в любом месте и на любой скорости, если только он не покинул зону действия сети. (Берлин, 2009). В данном исследовании мы рассмотрели, чем различаются между собой цифровые и аналоговые системы сотовой связи, а также пояснили характер различий между стандартами в пределах систем одного и того же типа.

### **Материалы и основные методы**

Основным методом исследования в данной работе является аналоговые и цифровые системы, на примере устройства подвижной станции. Начнем с сопоставления аналоговых и цифровых систем, и сделаем это на примере устройства подвижной станции. В обоих случаях исходная информация — информация речи человека — поступает на вход станции в виде непрерывных акустических колебаний, которые преобразуются микрофоном в непрерывные же электрические сигналы. На этом, однако, сходство систем двух типов заканчивается, практически вся последующая обработка производится в них по — разному.

В аналоговых системах низкочастотный (НЧ) сигнал с выхода микрофона подвергается предварительной обработке (коррекция спектра, сжатие динамического диапазона, полосовая фильтрация, ограничение) в аналоговом виде, т.е. в виде непрерывного сигнала с плавно изменяющимся уровнем, и затем накладывается посредством частотной модуляции (ЧМ) на сверхвысокочастотную (СВЧ) несущую (Весоловский, 2006). В приемной части электрический сигнал также в аналоговой форме подвергается демодуляции и НЧ обработке, после чего динамиком преобразуется в акустический сигнал, воспринимаемый ухом человека.

В цифровых системах НЧ сигнал с выхода микрофона прежде всего преобразуется при помощи аналого – цифрового преобразователя (АЦП) в цифровую форму, т.е. в последовательность импульсов, представляющих в цифровом (двоичном) виде уровни сигнала в дискретные (равноотстоящие) моменты времени. Частота дискретизации выбирается в соответствии с полосой, а число уровней квантования — в соответствии с динамическим диапазоном сигнала, с тем чтобы обеспечить возможность восстановления аналогового сигнала с допустимым уровнем искажений.

Обычно частота дискретизации составляет 8 кГц, а число равноотстоящих



уровней квантования – 127, так что уровень сигнала выражается восьмиразрядным двоичным числом, и один разряд из восьми отводится под знак числа (ибо  $127=2^7 - 1$ ). Таким образом, поток информации с выхода АЦП составляет 64 кбит/с (8 бит с частотой 8 кГц), и вся последующая обработка производится в цифровой форме (Тарасов, 1961).

Эта обработка заключается в кодировании, включающем кодирование речи — с целью устранения избыточности, за счет чего и удается осуществить сжатие поток информации, и канальное кодирование — его целью является защита информации от ошибок вследствие неизбежных искажений сигналов при их распространении и обработке. Для переноса цифровых НЧ сигналов на несущую частоту используются специфические методы дискретной модуляции: фазовая или частотная манипуляция. Обработка сигналов в приемной части соответствует обработке в передающей: демодуляция, декодирование, цифра — аналоговое преобразование (ЦАП); аналоговый сигнал с выхода ЦАП поступает на динамик.

Блок сопряжения прием-передача, позволяющий использовать одну и ту же антенну и для передачи, и для приема сигналов при одинаковом функциональном назначении, также устроен в аналоговых и цифровых системах по-разному. В аналоговых системах в простейшем случае — это пара полосовых фильтров, настроенных на разных частотах, в соответствии с дуплексным по частоте; один фильтр пропускает сигналы с выхода передатчика на антенну, а второй — с антенны на вход приемника (Раджагопал, 2012). В цифровых системах простейший блок сопряжения — электронный коммуникатор, подключающий антенну либо к выходу передатчика, либо ко входу приемника, поскольку здесь подвижная станция никогда не работает на прием и передачу одновременно. Точно так же и логический блок, выполняющий функции управления станцией, имеет в аналоговых и цифровых системах разного устройства — как по причине разного состава управляющей информацией, так и следствия различия параметров используемых сигналов управления. Таким образом, по-настоящему одинаковыми в подвижных станциях аналоговых и цифровых систем могут быть только микрофон, динамик, клавиатура, дисплей и антенны; все остальные элементы в них существенно различны.

Каковы же преимущество цифровых систем, что позволяет им успешно вытеснять аналоговые системы с рынка?

Основных преимуществ несколько, и мы расштываем, что после всего сказанного смысл их будет в достаточной мере понятен:

более высокой емкостью систем, достигаемая за счет размещения нескольких физических каналов в одном частотном благодаря сжатию с цифровой информации; например, при переходе от аналогового стандарта AMPS к цифровому DAMPS число физических каналов увеличивается втрое, а емкость системы, как показывают строгие оценки — даже в несколько более, чем втрое, хотя последнее и кажется на первый взгляд неочевидным;

более высокая помехоустойчивость, достигаемая за счет использования

весьма совершенных методов помехоустойчивого кодирования цифровой информации;

существенное расширение возможности управления, его более высокая гибкость, что позволяет реализовать многие качественно новые возможности, например, «Режим засыпания» с прореженной передачей сигналов управления режиме ожидания подвижной станции, и, соответственно, с кратковременным включением питания, что значительно увеличивает время работы источника питания от одной зарядки;

Появления дополнительных функциональных возможностей, которые в аналоговом варианте реализуются с трудом или вообще не реализуются, например, шифрования информации.

Перейдем к различиям между стандартами. До сих пор мы не акцентировали внимания на различиях, имея в виду некоторую «Обобщенную» систему сотовой связи (Haas, 2021). Между тем, такие различия существуют, и иногда они оказываются настолько существенно, что обойти их внимания невозможно. Поясним это на примере двух цифровых стандартов, использующих один и тот же метод множественного доступа TDMA — стандартов DAMPS и GSM. Помимо очевидных различий — разных частотных диапазонов и разных полос частотных каналов — существуют и менее очевидные, но не менее важные:

- разные методы (алгоритмы) кодирования речи и разные коэффициенты временного сжатия информации (Коэффициент 3 в полосе 30кГц- DAMPS, коэффициент 8 в полосе 200 кГц- в GSM.

- разные методы помехоустойчивого канального кодирования;
- разные методы дискретной модуляции;
- разный состав управляющей информации и различное построение эфирных интерфейсов.

В результате, если адресоваться к блок — схеме типа рис. 4.9, то у разных цифровых систем оказывается ненамного больше одинаковых элементов, чем у цифровых и аналоговых. Пожалуй, различия здесь даже глубже, чем в случае автомашин разных марок, каждая из которых имеет кузов, двигатель и 4 колеса, но никакая деталь одной не подходит к другой.

### **Результаты**

Сотовый телефон не относится к устройствам повышенной опасности. Тем не менее, при пользовании им следует соблюдать определенные меры предосторожности.

Сюда относятся правила и ситуации, так или иначе связанные с излучением аппарата.

При неблагоприятном стечении обстоятельств сотовый телефон может нарушить работу электромедицинских приборов — слуховых аппаратов, электрокардиостимуляторов, об этом надо знать, и, если обстоятельство того требует, телефоном не пользоваться.

Сотовым телефоном не разрешается пользоваться на борту самолета во время полетов, так как это может вызвать помехи работы бортовых систем,

в частности, навигационной аппаратуры, известны, правда, результат исследований компаний — производителей самолетов, а также американских и английских служб гражданской авиации, не подтверждающие такого влияния, но запрещающие правила, насколько нам известно, пока остаются в силе.

Сотовым телефоном не следует пользоваться на территориях автозаправочных станциях, нефтехранилищ, химических заводов.

В каких-то ситуациях работа сотового телефона может приводить к помехам телевизора, радиоприемника, персонального компьютера.

Известны сообщения о случаях влияния мобильной связи на систему управления и защиты атомных электростанций, приводимых к отключению реакторов.

Для надежной и эффективной работы аппарата следует использовать только штатные антенны и не прикасаться руками к антенне включенного аппарата.

Нельзя давать аппарат ребенку. Он может тыкнуть антенной в глаз или спровоцировать лишние расходы непреднамеренным вызовом, не говоря уже о возможности поломки.

Аппарат не следует разбирать, тем более, что в нем нет элементов, который абонент смог бы сам отремонтировать.

Нужно беречь аппарат от попадания влаги не ронять, не подвергать воздействию высокой температуры.

Не следует держать абонентский аппарат рядом с дискетными банковскими карточками в избежание магнитных записей.

Следует использовать только штатные источники питания, зарядные устройства и преобразователи.

При попадании в огонь аккумуляторные батареи взрываются.

Обработанные никель, кадмиевые аккумуляторы подлежат специальной утилизации, поскольку кадмий не безвреден для организма человека. Наконец, особая осторожность нужна при использовании сотового телефона за рулем автомашины.

Проблема биологической безопасности сотового телефона, безусловно, актуальна, и связано это в первую очередь с тем, что каждому человеку дорого свое здоровье, а сотовый аппарат, являющийся источником СВЧ-излучения, регулярно оказывается у самого уха человека, в непосредственной в близости от головного мозга (Ратынский и др, 2000).

Антенны, используемые в сочетании с абонентскими терминалами сотовой связи, могут быть одного из следующих трех типов: встроенные в ручной аппарат, автомобильные, стационарные.

Встроенные антенны, как мы уже отмечали, могут быть выдвижными или невыводными. Встроенные антенны невелики (в среднем — порядка одного дециметра в длину) и являются практически исправными, то есть обладают почти одинаковой чувствительностью при приеме с любых

направлений. Поэтому изменений ориентации аппарата мало влияет на уровень принимаемого сигнала.

Автомобильные антенны позволяют повысить чувствительность аппарата, а их применение имеет смысл в тех случаях, когда приходится пользоваться сотовой связью. Вблизи границ зоны действия сети или на тех участках, где чувствительности аппарата не хватает для уверенной связи. В низинах, лесных массивах, не удаленных от базовых станций улиц. Автомобильные антенны значительно больше встроенных по габаритам- примерно до метра в длину, и обладают значительной направленностью, обеспечивая преимущественный прием и излучение горизонтальной плоскостью более или менее равномерно во всех направлениях. Автомобильная антенна может быть пассивной или активной, т.е. сстроенным усилителем.

Стационарные антенны предназначены для использования в комплекте со стационарными сотовыми аппаратами, устанавливаемыми вне зоны уверенной связи сотовой сети, возможно, на удалении 10–20 км от границы приема на встроенную антенну аппарата. Стационарные антенны еще более тяжелы и громоздки, чем автомобильные, и по внешнему виду могут напоминать уличные телевизионные. Стационарные антенны бывают активными, т.е. в ее состав входит встроенный усилитель, что особенно существенно при значительной длине кабеля, соединяющего антенну с аппаратом (Джайсвал и др, 2013). По сути, именно антенна и является в данном случае тем элементом, за счет которого увеличивается дальность действия системы и обеспечивается возможность нормальной связи на значительном удалении от базовой станции.

Остановимся на расчете коэффициента направленного действия.

Антенны, показывающие увеличение мощности в главном направлении, пропорциональны площади раскрытия антенны  $A$  и могут быть вычислены по формуле:

$$D = \frac{4\pi A}{\lambda^2} f \quad (1)$$

Выводы по допустимому поглощенному коэффициенту направленного действия антенны, показывающей увеличение мощности в главном направлении, пропорциональны  $A$  и вычисляются по формуле:

$$D = \frac{4\pi A_3}{\lambda^2} f \quad (2)$$

Из этой формулы находим

$$A_3 = \frac{\lambda^2 D}{4\pi} \quad (3)$$

для нашего приемника  $D \approx 1 \quad \lambda = \frac{c}{f}$  (1) где  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с

Мы рассматриваем случаи при  $\nu_1 = 450$  МГц,  $\nu_2 = 900$  МГц,

$\nu_3 = 1800$  МГц

$$2) \lambda_2 = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{900 \times 10^6} = \frac{300}{900} = 0,333 \text{ м}$$

$$3) \lambda_3 = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{1800 \times 10^6} = \frac{300}{1800} = 0,167 \text{ м}$$

$$2. 1) A_{\nu_1} = \frac{\lambda^2 D}{4\pi} = \frac{(0,667)^2 \times 1}{4 \times 3,14} = \frac{0,445}{12,56} = 0,03$$

$$2) A_{\nu_2} = \frac{\lambda^2 D}{4\pi} = \frac{(0,333)^2 \times 1}{4 \times 3,14} = \frac{0,11}{12,56} = 0,00$$

$$3) A_{\nu_3} = \frac{\lambda^2 D}{4\pi} = \frac{(0,167)^2 \times 1}{4 \times 3,14} = \frac{0,028}{12,56} = 0,00$$

Исходя из требования биологической безопасности, мощность:

$P_{\text{пер}} \leq 0,2$  Вт макс – допустимое.

Основное уравнение радиосвязи

$$P_{\text{сигн}} = \frac{P_{\text{пер}} \times \eta \times D}{4\pi R^2} A_{\nu} \quad (3)$$

Площадь антенны  $A_{\nu} = 0,035$  м<sup>2</sup>

$R \geq (2 \div 3)$  км  $D$  – коэффициент направленного действия.

$D = 1$  (для нашего приемника)

$$P_{\text{сигн}} = \frac{0,2}{78,5 \times 10^6} \times 0,035 = \frac{0,2 \times 35 \times 10^{-3}}{78,5 \times 10^6} = 0,089 \times 10^{-9} = 0,089 \text{ нВт}$$

Пусть мы имеем передающую антенну с коэффициентом направленного действия  $D \approx 1$ .

Как уже говорилось, несмотря на направленность, радиоволны, создаваемые такой антенной, являются сферическими (Аренберг, 1957). Поэтому на расстоянии  $r$  в главном направлении плотность потока энергии в соответствии с формулой

$$S = \frac{P_{\text{пер}}}{4\pi r^2} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \quad (4)$$

где  $P = S \cdot A_3$ ,  $A$  – площадь антенны подставляем формулу и получаем  $P$  – мощность передач на расстоянии.

$$r^2 = \frac{DA_3}{4\pi}$$

$$r_1^2 = \frac{1 \cdot 0,035 \text{ м}^2}{12,56} = 0,0028 \text{ м}^2 \quad r_1 = \sqrt{0,0028} = 0,053 \text{ м}$$

$$r_2^2 = \frac{0,0088 \text{ м}^2}{12,56} = 0,0007 \text{ м}^2 \quad r_2 = \sqrt{0,0007} = 0,026 \text{ м}$$

$$r_3^2 = \frac{0,0022 \text{ м}^2}{12,56} = 0,0002 \text{ м}^2 \quad r_3 = \sqrt{0,0002} = 0,014 \text{ м}$$

В ходе исследования нам удалось по ранее известным формулам рассчитать мощность сигнала, учитывая максимально допустимую, длину волны и площадь раскрытия антенн.

#### ЛИТЕРАТУРА

Аренберг А.Г., 1957 — *Аренберг А.Г.* Распространение дециметровых и сантиметровых волн. Советское радио. Москва. 1957 г.

Берлин А.Н., 2009 — *Берлин А.Н.* Сотовые системы связи: Учебное пособие/-М, 2009. –360 с.

Важенин Н.А., 2013 — *Важенин Н.А.* Электрические ракетные двигатели космических аппаратов и их влияние на радиосистемы космической связи/ -М.: ФизМатлит, 2013. –432 с.

Весоловский К., 2006 — *Весоловский К.* Системы подвижной радиосвязи /-М.: ГЛТ, 2006. –536 с.

Комашинский А.В., Максимов А., 2007 — *Комашинский А.В., Максимов А.* -М.: ГЛТ, 2007, –176 с.

Ксенофонтов С.Н. — *Ксенофонтов С.Н.* Направляющие системы электросвязи. Сборник задач: Учебное пособие для ВУЗов

Пономарев Л.И., 2007 — *Пономарев Л.И.* Антенные системы сотовой связи / -М.: 2007. – 38 с.

Томаси У., 2007 — *Томаси У.* Электронные системы связи / -М.: Техносфера, 2007. – 1360 с.

Ратынский М.В., Телегин А.В., 2000 — *Ратынский М.В., Телегин А.В.* Телефон в кармане. Радио и связь. Москва, 2000 г.

Ф.И. Тарасов, 1961 — *Ф.И. Тарасов.* Справочник радиолюбителя. Под ред. Ф.И. Тарасов Госэнергоиздат. 1961 г.

Rajagopal S., Roberts R.D., Sang-Kyu Lim, 2012 — *Rajagopal S., Roberts R.D., Sang-Kyu Lim.* «IEEE 802.15.7 visible light communication: modulation schemes and dimming support», IEEE Communications Magazine, Volume 50. Issue 3. Pp. 72–82, March, 2012.

Seitmuratov A., Taimuratova L., 2019 — *Seitmuratov A., Taimuratova L.* Conditions of extreme stress state// News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences. Volume 5. Number 437. (2019), 202–206 <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.143>.

H. Haas — “Wireless Data from Every Light Bulb”, TED Website, Aug. 2011. [Online]. Available: [http://bit.ly/ted\\_vlc](http://bit.ly/ted_vlc).

N.S. Jaiswal and P.S. Chopde, 2013 — *N.S. Jaiswal and P.S. Chopde.* “Review of Li-Fi Technology: New Future Technology-Light Bulb to Access the Internet!”. *International Journal of Scientific & Engineering Research.* Volume 4. Issue 12, December 2013.

**REFERENCES**

- Arenberg A.G., 1957 — *Arenberg A.G.* Propagation of decimeter and centimeter waves. Soviet radio. Moscow. 1957.
- Berlin A.N., 2009 — *Berlin A.N.* Cellular communication systems: Textbook/-M, 2009.–360 p.
- Vazhenin N.A., 2013 — *Vazhenin N.A.* Electric rocket engines of space vehicles and their influence on the radio systems of space communications / - M.: FizMatlit, 2013.– 432 p.
- Vesolovsky K., 2006 — *Vesolovsky K.* Systems of mobile radio communication /-M.: GLT. 2006.– 536 p.
- Komashinsky A.V., Maksimov A., 2007 — *Komashinsky A.V., Maksimov A.* - M.: GLT. 2007, – 176 p.
- Ksenofontov S.N. — *Ksenofontov S.N.* Electric guide systems. Collection of tasks: Textbook for universities
- Ponomarev L.I., 2007 — *Ponomarev L.I.* Antenna systems of cellular communication / -M.: 2007. –38 p.
- Tomasi U., 2007 — *Tomasi U.* Electronic communication systems / -M.: Technosfera, 2007. –1360 p.
- Ratynsky M.V., Telegin A.V., 2000 — *Ratynsky M.V., Telegin A.V.* Phone in your pocket. Radio and communication. Moscow, 2000.
- Handbook of the radio amateur. Ed. F.I. Tarasov Gosenergoizdat. 1961.
- Rajagopal S., Roberts R.D., Sang-Kyu Lim, 2012 — *Rajagopal S., Roberts R.D., Sang-Kyu Lim.* «IEEE 802.15.7 visible light communication: modulation schemes and dimming support». IEEE Communications Magazine. Volume 50. Issue 3. Pp. 72–82. March, 2012.
- Seitmuratov A., Taimuratova L., 2019 — *Seitmuratov A., Taimuratova L.* Conditions of extreme stress state// News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences. Volume 5. Number 437. (2019). 202–206. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-170X.143>.
- H. Haas, 2011 — *H. Haas.* “Wireless Data from Every Light Bulb”, TED Website, Aug. 2011. [Online]. Available: [http://bit.ly/ted\\_vlc](http://bit.ly/ted_vlc).
- N.S. Jaiswal and P.S. Chopde, 2013 — N.S. Jaiswal and P.S. Chopde. “Review of Li-Fi Technology: New Future Technology-Light Bulb to Access the Internet!”. International Journal of Scientific & Engineering Research. Volume 4. Issue 12. December, 2013.

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

ISSN 2224-5227

Volume 345, Number 1 (2023), 136–147

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.190>

UDC 52-384

© V.Yu. Kim<sup>1\*</sup>, I.M. Izmailova<sup>1,2</sup>, A.Z. Umirbayeva<sup>1,2</sup>, A. Beket<sup>3</sup>,  
B. Talgaty<sup>3</sup>, 2023

<sup>1</sup>Fesenkov Astrophysical institute, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Bobek gymnasium, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: kim@fai.kz

## AN ASTRONOMICAL CALENDAR. A PROGRAM AND ALGORITHMS

**Kim Vitaliy Yurievich** — candidate of physics and mathematics science, a senior researcher at the Laboratory of physics of stars and nebulae at Fesenkov Astrophysical Institute. 050020. Observatoriya 23. Almaty, Kazakhstan

E-mail: kim@fai.kz. ORCID: 0000-0003-1202-9751;

**Izmailova Ildana Mazhitovna** — an engineer at the Laboratory of physics of stars and nebulae at Fesenkov Astrophysical Institute. 050020. Observatoriya 23. Medeu district. Almaty, Kazakhstan. Master student at al-Farabi Kazakh National University. 050040. Timiryazev 71. Almaty, Kazakhstan

E-mail: izmailova@fai.kz. ORCID: 0000-0001-9878-0989;

**Umirbayeva Adel Zhanbolatovna** — an engineer at the Laboratory of physics of stars and nebulae at Fesenkov Astrophysical Institute. 050020. Observatoriya 23. Almaty, Kazakhstan. Master student at al-Farabi Kazakh National University. 050040, Timiryazev 71, Almaty, Kazakhstan

E-mail: umirbayeva@fai.kz. ORCID: 0000-0001-9339-4990;

**Beket Alan** — a student at Bobek gymnasium. 050070. Baikenov 23. Almaty, Kazakhstan

E-mail: alanbeket6@gmail.com. ORCID: 0000-0002-6845-4151;

**Talgaty Baurzhan** — a student at Bobek gymnasium. 050070. Baikenov 23. Almaty, Kazakhstan

E-mail: n9star007@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1419-4286.

**Abstract.** The software has been developed for automated calculations of the celestial coordinates (ephemeris) of the Sun and Moon, which makes it possible to calculate the time of sunrise and sunset of these objects, the time of the onset and end of civil, navigational and astronomical twilight, the phases of the Moon, depending on the geographical position of the observation point on the earth's surface and its time zone. Realized algorithms and methods for obtaining numerical ephemeris of the Sun and Moon and calculating the time of sunrise, sunset, and twilight are given. This program, called the Astronomical Calendar, is an important element for the automated distribution of observational time on robotic telescopes without human intervention. Further possible prospects for developing and applying the Astronomical calendar are shown. Part of the software is implemented as an online application available to any Internet user, allowing everyone to receive the above data online. The program can be used for planning both professional and



amateur astronomical observations, assessing the level of natural illumination of the earth's surface at a particular point in time, and for other tasks related to the above calculations.

**Keywords:** astronomical calendar, observation planner, ephemeris

© В.Ю. Ким<sup>1\*</sup>, И.М. Измайлова<sup>1,2</sup>, А.Ж. Умирбаева<sup>1,2</sup>, А. Бекет<sup>3</sup>,  
Б. Талғатұлы<sup>3</sup>, 2023

<sup>1</sup> В.Г. Фесенков атындағы астрофизика институты;

<sup>2</sup> Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті;

<sup>3</sup> «Бөбек» ҰҒПББСО.

E-mail: kim@fai.kz

## АСТРОНОМИЯЛЫҚ КҮНТІЗБЕ. БАҒДАРЛАМА ЖӘНЕ АЛГОРИТМДЕР

**Ким Виталий Юрьевич** — физика-математика ғылымдарының кандидаты, В.Г. Фесенков атындағы астрофизика институтының аға ғылыми қызметкері. 050020. Обсерватория көш. 23. Алматы, Қазақстан

E-mail: kim@fai.kz. ORCID: 0000-0003-1202-9751;

**Измайлова Ильдана Мажитовна** — В.Г. Фесенков атындағы астрофизика институтының инженері. 050020. Обсерватория көш. 23, Алматы, Қазақстан. Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, физика-техникалық факультеті, магистрант. 050040. Тимирязев көш. 71. Алматы, Қазақстан

E-mail: izmailova@fai.kz. ORCID: 0000-0001-9878-0989;

**Умирбаева Адель Жанболатқызы.** — В.Г. Фесенков атындағы астрофизика институтының инженері. 050020. Обсерватория көш. 23. Алматы, Қазақстан. Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, физика-техникалық факультеті, магистрант. 050040. Тимирязев көш. 71. Алматы, Қазақстан

E-mail: umirbayeva@fai.kz. ORCID: 0000-0001-9339-4990;

**Бекет Алан** — Бөбек гимназиясының 10 класста оқушысы. 050070. Байкенов көш. 23. Алматы, Қазақстан

E-mail: alanbeket6@gmail.com. ORCID: 0000-0002-6845-4151;

**Талғатұлы Бауыржан** — Бөбек гимназиясының 10 класста оқушысы. 050070. Байкенов көш. 23. Алматы, Қазақстан

E-mail: n9star007@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1419-4286.

**Аннотация.** Жер бетіндегі бақылау нүктесінің географиялық орнына және сағаттық белдеуіне байланысты Айдың фазалары, навигациялық және астрономиялық ымырт, азаматтық уақыттың басталуы және аяқталуы, берілген объектілердің шығуы және батуының уақыттарын есептеуді жүзеге асыратын, Күн мен Айдың аспадығы координаталарын (эфемеридаларын) автоматты түрде есептеуге арналған бағдарламалық жасақтама жасалды. Күн мен Айдың сандық эфемеридаларын алудың, сондай-ақ күннің шығуы мен батуы мен ымырт уақытын есептеуде орындалатын алгоритмдері мен әдістері келтірілген. Берілген бағдарлама, яғни Астрономиялық күнтізбе роботталған телескоптарға адамның қатысуынсыз автоматты түрде бақылау

уақытын үлестіру үшін маңызды бөлігі болып табылады. Бағдарламалық жасақтаманың бір бөлігі онлайн қосымшасы түрінде жүзеге асқан және ол интернет желісін қолданушылардың барлығына қолжетімді, жоғарыдағы мәліметтерді интерактивтік режимде ала алады. Бағдарламаны кәсіби және әуесқой астрономиялық бақылауларды жоспарлауға, нақты бір уақыттағы жер бетінің табиғи жарықтандыру деңгейін бағалауға, сондай-ақ жоғарыда аталған есептеулерге байланысты басқа тапсырмаларды орындауға пайдаланылуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** астрономиялық күнтізбе, бақылауларды жоспарлаушы, эфемеридалар

© В.Ю. Ким<sup>1\*</sup>, И.М. Измайлова<sup>1,2</sup>, А.Ж. Умирбаева<sup>1,2</sup>, А. Бекет<sup>3</sup>,  
Б. Талгатулы<sup>3</sup>, 2023

<sup>1</sup>Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова;

<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби;

<sup>3</sup>ННПООЦ «Бобек».

E-mail: kim@fai.kz

## АСТРОНОМИЧЕСКИЙ КАЛЕНДАРЬ. ПРОГРАММА И АЛГОРИТМЫ

**Ким Виталий Юрьевич** — кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник Лаборатории физики звезд и туманностей Астрофизического института им. В.Г. Фесенкова. 050020, ул. Обсерватория 23. Алматы, Казахстан  
E-mail: kim@fai.kz. ORCID: 0000-0003-1202-9751;

**Измайлова Ильдана Мажитовна** — инженер Лаборатории физики звезд и туманностей Астрофизического института им. В.Г. Фесенкова. 050020, ул. Обсерватория 23. Алматы, Казахстан. Магистрант физико-технического факультета Казахского национального университета им. аль-Фараби, 050040, ул. Тимирязева 71. Алматы, Казахстан  
E-mail: izmailova@fai.kz. ORCID: 0000-0001-9878-0989;

**Умирбаева Аделъ Жанболатовна** — инженер Лаборатории физики звезд и туманностей Астрофизического института им. В.Г. Фесенкова. 050020, ул. Обсерватория 23. Алматы, Казахстан. Магистрант физико-технического факультета Казахского национального университета им. аль-Фараби. 050040, ул. Тимирязева 71. Алматы, Казахстан  
E-mail: umirbayeva@fai.kz. ORCID: 0000-0001-9339-4990;

**Бекет Алан** — ученик 10 класса гимназии Бобек. 050070, ул. Байкенова 23. Алматы, Казахстан  
E-mail: alanbeket6@gmail.com. ORCID: 0000-0002-6845-4151;

**Талгатулы Бауыржан** — ученик 10 класса гимназии Бобек. 050070, ул. Байкенова 23, Алматы, Казахстан  
E-mail: n9star007@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1419-4286.

**Аннотация.** Разработано программное обеспечение для автоматизированных расчетов небесных координат (эфемерид) Солнца и Луны, позволяющее проводить вычисления времени восхода и захода данных объектов, времени наступления и окончания гражданских, навигационных и астрономических сумерек, фаз Луны в зависимости от географического положения точки наблюдения на земной поверхности и часового пояса.

Приведены реализуемые алгоритмы и методы для получения численных эфемерид Солнца и Луны, а также для расчета времени восхода и захода и сумерек. Данная программа, именуемая *Астрономическим календарем*, является важным элементом для автоматизированного распределения наблюдательного времени на роботизированных телескопах без участия человека. Показаны дальнейшие возможные перспективы развития и применения *Астрономического календаря*. Часть программного обеспечения реализована в виде онлайн-приложения, доступного для любых пользователей сети Интернет, позволяющее получать вышеуказанные данные в интерактивном режиме. Программа может быть использована для планировки как профессиональных, так и любительских астрономических наблюдений, оценки уровня естественной освещенности земной поверхности в конкретный момент времени, а также для иных задач, связанных с вышеуказанными расчетами.

**Ключевые слова:** астрономический календарь, планировщик наблюдений, эфемериды

**Благодарности.** Исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (программа No BR10965141).

### **Введение**

В 2021 году началась реализация программы по созданию Виртуальной обсерватории на базе Астрофизического института им. Фесенкова (VO project, 2021). Одной из задач программы является автоматизация наблюдательного процесса астрономических источников на телескопах института, расположенных в Ассы-Тургеньской обсерватории и прочих наблюдательных площадках. Важным программным компонентом в создаваемой системе является так называемый планировщик наблюдений (ПН). Этот компонент позволит из получаемого списка объектов, а также их координат и времени наблюдений сортировать и создавать оптимальный план работы телескопа на конкретную ночь. Программа должна учитывать моменты восхода-захода Солнца, продолжительность утренних и вечерних сумерек, восход-заход Луны и ее фазы, а также влияние градиента от лунной засветки неба. Все программные расчеты должны проводиться без привлечения внешних интернет-ресурсов.

В качестве основного языка программирования для создания планировщика был выбран интерпретируемый высокоуровневый язык PHP (PHP, 2023), так как он является наиболее подходящим для интеграции программного обеспечения в интернет-портал Виртуальной обсерватории и взаимодействия пользователей. Основной частью планировщика наблюдений является программный блок для численных расчетов небесных координат (эфемерид) Солнца и Луны, позволяющий проводить вычисления времени восхода и захода данных объектов, времени наступления и окончания гражданских,

навигационных и астрономических сумерек, фаз Луны в зависимости от географического положения точки наблюдения на земной поверхности и часового пояса. Данный программный блок именуется Астрономическим календарем.

### Материалы и основные методы

Разработка астрономического календаря осуществляется в несколько этапов. На первом этапе было создано программное обеспечение по численным расчетам звездного времени, положению Солнца и Луны на небесной сфере, а также вычислению их моментов восхода-захода и сумерек для конкретной даты и места наблюдений. Продукт разработки выложен на портале Астрофизического института (Astronomical calendar, 2022) и доступен на трех языках: казахском, русском, английском. Где любой пользователь может получить интересующие данные для любой точки земной поверхности по указанным географическим координатам и часовому поясу (см. Рисунок 1). Отображаемые данные доступны в виде электронных таблиц с возможностью сохранения в pdf-файле.

Астрофизический институт им. Фесенкова  
Астрономический календарь

Координаты места  
(по умолчанию координаты центра Алматы)

Широта: Градусы: 41 Минуты: 18 Секунды: 0 (Север) Долгота: Градусы: 79 Минуты: 37 Секунды: 0 (Восток)

Часовой пояс от UTC: +6

Высота над ур. моря: 0

Введите год и выберите месяц  
Год: 2022 Месяц: Май

Интересующие данные  
 Звездное время (локальное)  Восход, заход Солнца, сумерки  Восход, заход Луны, фазы  
 Равноденствия и соизмерения

5962

Распечатать

Рис. 1 – Интерфейс Астрономического календаря, реализованного в виде веб-приложения на сайте Астрофизического института им. В.Г. Фесенкова (Astronomical calendar, 2022).  
(Fig. 1 – Interface of the Astronomical calendar, implemented as a web application on the website of the Fesenkov Astrophysical Institute (Astronomical calendar, 2022))

Здесь мы не приводим базовые алгоритмы расчета звездного времени и юлианской даты, используемые при написании программ. Так как данные алгоритмы приводятся во многих открытых источниках и не представляют сложности для вычислений, смотрите, например (Duffett-Smith, 2011). Основной сложностью при разработке Астрономического календаря являлось отсутствие в доступных источниках высокоточных алгоритмов по расчетам моментов восхода-захода Солнца и Луны. В отличие от далеких звезд,

собственным движением которых можно пренебречь, Солнце, а тем более Луна из-за относительной близости к Земле обладают достаточно быстрым собственным движением, вследствие чего их эклиптические и экваториальные координаты существенно меняются даже на небольших интервалах времени, что затрудняет проведение вычислений их моментов восхода и захода.

Нами разработана методика для проведения расчетов моментов восхода и захода Солнца и Луны, на базе которой и был разработан Астрономический календарь, производящий расчеты с высокой точностью. Ниже приведен данный пошаговый алгоритм (также смотрите Рисунок 2):

*Алгоритм для расчета времени восхода-захода Солнца и Луны*

Шаг 1. Вычисления экваториальных координат Солнца и Луны на конкретный момент времени:

1.1. Вычисление положения объекта на собственной орбите в указанный момент времени. Так как Солнце и Луна не являются точечными источниками, то здесь под координатами объекта подразумеваются координаты центра солнечного (или лунного) диска.

1.2. Перевод орбитальных координат в эклиптические координаты.

1.3. Вычисление поправок на изменение наклона плоскости экватора к плоскости эклиптики в указанный момент времени. А также поправок на прецессию и нутацию земной оси.

1.4. Перевод эклиптических координат объекта в экваториальные координаты с учетом поправок, указанных в 4. На выходе получаем геоцентрические экваториальные координаты в указанную эпоху.

Шаг 2. Преобразования геоцентрических координат Солнца и Луны в топоцентрические координаты (соответствующих месту наблюдения):

2.1. Вычисление геоцентрического параллакса объекта с учетом поправок на географическую широту и высоту (над уровнем моря) положения наблюдателя.

2.2. Преобразование с помощью поправок 2.1. из геоцентрических в топоцентрические экваториальные координаты.

Шаг 3. Вычисление моментов восхода-захода Солнца и Луны на основании метода последовательных приближений.

3.1. Вычисление топоцентрических координат Солнца и Луны на начало интересующих суток (см. шаги 1–2).

3.2. Нахождение локального звездного времени моментов восхода-захода объекта (выполнение условия, чтоб высота объекта над горизонтом места наблюдения равнялась нулю градусов  $h = 0$ ) через формулы преобразования координат от экваториальных к горизонтальным.

3.3. Преобразование локального звездного времени восхода-захода объекта в местное гражданское время.

Примечание: небесные координаты Солнца и Луны существенно меняются даже на небольших промежутках времени из-за относительной близости к Земле (в отличие от координат далеких звезд). Это означает, что на шаге 3.3

получено лишь приближенное время восход - захода так как по достижению времени 3.3 Солнце и тем более Луна успеют сместиться по своей орбите. Поэтому следующим шагом будет повторение некоторых вышеуказанных пунктов.

3.4. Переход на шаг 3.1. для повторных вычислений топоцентрических координат, но уже для моментов времени, полученные на шаге 3.3. Затем необходимо осуществить переход к шагу 3.2 для получения нового приближения локального звездного времени для моментов восхода-захода объекта. Полученное локальное звездное время необходимо снова преобразовать в гражданское время (шаг 3.3.) для получения уже уточненного гражданского времени момента восхода или захода. Эти итерации необходимо повторять до тех пор, пока не достигнется желаемая точность.

3.5. Вычисление поправки на рефракцию земной атмосферы вблизи горизонта, а также поправки на пространственный диск Солнца (Луны). Так как моменты восхода (захода) соответствуют времени, когда верхний (нижний) край диска касается плоскости горизонта. Необходимо внести поправки к моментам восхода-захода, полученных на шаге 3.4. Получаем гражданское местное время восхода – захода Солнца (Луны).

#### *Методы вычисления эфемерид Солнца и Луны*

Для вычисления положения Солнца (пункт 1.1) используется численное решение уравнения Кеплера в задаче двух тел (Duffett-Smith, 2011). В этом случае для упрощения расчетов используем относительность движения, считая Землю как бы неподвижной и находящейся в фокусе эллипса, а Солнце движущимся по этому эллипсу (эклиптики). При известных параметрах (положениях) на определенный момент времени (в данном случае на начало эпохи 2000 года) можно получить положение Солнца на любой момент времени следующим путем:

Вычисление средней аномалии Солнца на конкретный момент времени из исходных данных на эпоху J2000

Вычисление эксцентричной аномалии Солнца путем численного решения уравнения Кеплера методом последовательных приближений (Duffett-Smith, 2011).

Вычисление истинной аномалии Солнца по формуле связывающую эксцентричную и истинную аномалию, которая и соответствует орбитальной долготе Солнца. Здесь мы не учитываем влияние Луны, планет и пр., так как для вычисления моментов восхода и захода Солнца этими вещами можно пренебречь.

Вычисление положения Луны является достаточной сложной задачей ввиду существенного влияния (помимо Земли) Солнца и близлежащих планет. Для указанных вычислений был реализован алгоритм, основанный на аналитической лунной теории Брауна (Brown, 1899, 1904, 1908) и полуаналитической модели ELP-2000 (Chapront-Touze, 2000), где учтены следующие важные поправки для вычисления положения Луны на ее орбите:

1. Уравнение центра. Эта поправка учитывает эллиптичность лунной орбиты.

2. Эвекция. Основная поправка, учитывающая гравитационное влияние Солнца на параметры лунной орбиты.

3. Вариация. Это дополнение учитывает периодические процессы ускорения или замедления Луны на своей орбите под влиянием Солнца.

4. Годичное уравнение. Эта поправка учитывает небольшие периодические изменения лунной орбиты, имеющей максимум в перигее и минимум в апогее.

5. Параллактическое неравенство. Это небольшая поправка, зависящая от параллакса Солнца.

6. Поправки, учитывающие гравитационное влияние близлежащих планет на движение Луны: Венеры, Марса и Юпитера и т.д.

Для вычисления моментов восхода и захода Луны учитывался также ее горизонтальный экваториальный параллакс, обусловленный тем, что Луна находится в непосредственной близости к Земле и движется по эллиптической орбите. Вследствие этого ее угловой размер при наблюдении с Земли меняется.

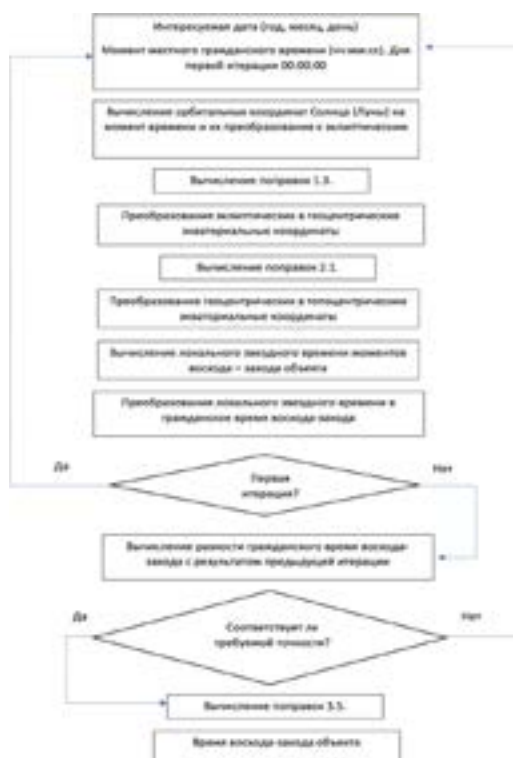


Рис. 2. – Блок-схема, отображающая алгоритм нахождения моментов восхода-захода Солнца или Луны.

(Fig. 2. - Block diagram showing the algorithm for finding the moments of sunrise and sunset of the Sun or Moon)

### Обсуждения

Сравнение моментов восхода-захода Солнца и Луны, полученных в ходе реализации указанных алгоритмов с данными Астрономических ежегодников на 1989, 2022, 2023 гг. (Глебова, 1989, 2022, 2023), дают расхождение по времени не более 30 сек, что говорит о достаточно высокой точности созданного нами Астрономического календаря. Если рассматривать АК в рамках разрабатываемого планировщика наблюдений, то можно привести сравнения с существующими аналогами. На текущий момент наиболее распространенными программами для планирования астрономических наблюдений являются AstroPlanner (Astroplanne, 202г) and Astro Plan (Astroplan, 2022). Первая из них работает только под операционными системами MacOS и Windows. Также эта программа является проприетарной с закрытым исходным кодом, что не позволяет интегрировать ее в среду Виртуальной обсерватории. Существует также альтернативная бесплатная кроссплатформенная программа Astro Plan разработана на Python с открытым исходным кодом. Однако данная программа имеет некоторые недостатки:

1. Расчетное время восхода и захода Солнца отличается более чем на 3 минуты от данных Астрономических ежегодников. Для времени восхода и захода Луны расхождения могут составлять более 12 минут. Это может быть критичным при планировании наблюдений достаточно тусклых объектов.

2. Для использования программы Astro Plan требуется предварительная установка программного обеспечения и владение навыками программирования на языке Python.

### Результаты

Как уже было упомянуто во Введении, Астрономический календарь является основной подпрограммой в так называемом Планировщике наблюдений (ПН), который предназначен для оптимального распределения наблюдательного времени на автоматизированных телескопах. Ниже приведен принцип работы ПН:

Планировщик наблюдений принимает на вход файл со списком объектов, содержащих следующие сведения (о каждом объекте):

Название объекта

Прямое восхождение (RA)

Склонение (DEC)

Звездная величина в V фильтре

Длительность экспозиции единичного кадра

Количество кадров

На первом этапе программа отбраковывает объекты, у которых некорректно введены какие-либо параметры. Например, когда в данных по количеству кадров присутствуют буквенные символы вместо чисел или когда координаты (DEC) указывают на то, что объект вообще невозможно наблюдать на данных широтах. При этом формируется лог ошибок, куда записываются подобные объекты с описанием ошибок.



На втором этапе проводятся вычисления по времени кульминации объектов и затем проводится предварительная сортировка по этому параметру. Затем расставляются приоритеты по времени видимости объектов. Источники, видимость которых ограничена малым временным интервалом, имеют больший приоритет по сравнению с теми объектами, видимость которых находится в относительно большом временном интервале. Объекты с большим приоритетом будут наблюдаться раньше.

На третьем этапе происходят вычисления моментов восхода-захода Солнца, а также трех типов сумерек (гражданских, навигационных и астрономических) на текущие и следующие сутки. И определяются границы астрономической ночи, указывающие на начало и конец наблюдений.

На четвертом этапе происходит вычисление высот объектов на момент начала астрономической ночи. Если объекты нисходящие и их высота на момент начала наблюдений ниже 20 градусов, то происходит их отбраковка.

На пятом этапе происходит вычисление моментов восхода-захода Луны и ее фазы, а также расчет угловых расстояний между Луной и наблюдаемыми объектами с оценками засветки фона неба. На этом этапе происходит отбраковка объектов, чьи магнитуды слабее фона неба. Для остальных объектов в списке отображается их угловое расстояние до центра лунного диска. На выходе формируется отсортированный список объектов и лог ошибок, который затем принимается на вход программой управления телескопом.

### **Заключение**

Важной задачей автоматизации астрономических наблюдений является создание программы оптимального распределения времени наблюдений на телескопах с учетом положения Солнца, наступления и окончания сумерек, положения и фаз Луны. Важным требованием к этой программе является автономность ее работы без привлечения внешних интернет-ресурсов. Для решения этой задачи был разработан автономный астрономический календарь, позволяющий оценивать время восхода и захода Солнца, Луны (а также ее фаз), наступления и окончания трех типов сумерек (гражданских, навигационных и астрономических). Эта подпрограмма является основным шагом в автоматизации планирования астрономических наблюдений. Завершенная программа ПН позволит оптимально распределять время работы астрономических инструментов без участия человека и является важным элементом, без которого невозможна полная автоматизация наблюдательного процесса.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- Astronomical calendar, 2022 — [https://fai.kz/calendar/calendar\\_eng.php](https://fai.kz/calendar/calendar_eng.php).  
Astroplanner, 2022 — <http://www.astroplanner.net>.  
Astroplan, 2022 — <https://buildmedia.readthedocs.org/media/pdf/astroplan/latest/astroplan.pdf>.  
Brown E.W., 1899 — *Brown E.W.*, Theory of the Motion of the Moon; containing a New Calculation of the Expressions for the Coordinates of the Moon in Terms of the Time. Part I, *Memoirs of the Royal Astronomical Society*, 53:39–116. No DOI, ADS: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1899MmRAS..53...39B>.

Brown E.W., 1899 — *Brown E.W.*, Theory of the Motion of the Moon; containing a New Calculation of the Expressions for the Coordinates of the Moon in Terms of the Time. Part 2, Memoirs of the Royal Astronomical Society, 53:163–202. No DOI, ADS: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1899MmRAS..53..163B>.

Brown E.W., 1904 — *Brown E.W.*, Theory of the Motion of the Moon; containing a New Calculation of the Expressions for the Coordinates of the Moon in Terms of the Time. Part 3, Memoirs of the Royal Astronomical Society, 54:1–64. No DOI, ADS: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1904MmRAS..54....1B>.

Brown E.W., 1908 — *Brown E.W.*, Theory of the Motion of the Moon; containing a New Calculation of the Expressions for the Coordinates of the Moon in terms of the time. Part 4, Memoirs of the Royal Astronomical Society, 57:51–145. No DOI, ADS: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1908MmRAS..57...51B>.

Chapront-Touze M. and Chapront J., 2000 — *Chapront-Touze M. and Chapront J.*, ELP 2000-85: a semi-analytical lunar ephemeris adequate for historical times, *Astronomy and Astrophysics*, 190:342–352, no DOI, ADS: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1988A&A...190..342C>.

Duffett-Smith P., Zwart J., 2011 — *P. Duffett-Smith, J. Zwart. Practical Astronomy with your Calculator or Spreadsheet. Fourth edition*, Cambridge University Press, United Kingdom. ISBN 978-0-521-14654-8 (in Eng.).

Meeus J., 1998 — *Meeus J. Astronomical algorithms. Second edition*. Richmond: Willmann-Bell, USA. ISBN: 0943396611 (in Eng.).

PHP <https://www.php.net/> VO project <https://fai.kz/projects/virtobs>

Глебова Н.И. 2023 — *Глебова Н.И. Астрономический ежегодник*, Санкт-Петербург, Институт прикладной астрономии РАН. DOI: 10.32876/AstroYearbook.2023.

Глебова Н.И. 2022 — *Глебова Н.И. Астрономический ежегодник*, Санкт-Петербург, Институт прикладной астрономии РАН. DOI: 10.32876/AstroYearbook.2022.

Глебова Н.И. 1989 — *Глебова Н.И. Астрономический ежегодник*, Ленинград, Институт теоретической астрономии.

## REFERENCES

*Astronomical calendar*, 2022 — [https://fai.kz/calendar/calendar\\_eng.php](https://fai.kz/calendar/calendar_eng.php).

*Astroplanner*, 2022 — <http://www.astroplanner.net>.

*Astroplan*, 2022: <https://buildmedia.readthedocs.org/media/pdf/astroplan/latest/astroplan.pdf>

Brown E.W., 1899 — *Brown E.W.*, Theory of the Motion of the Moon; containing a New Calculation of the Expressions for the Coordinates of the Moon in Terms of the Time. Part 1, Memoirs of the Royal Astronomical Society, 53:39–116. No DOI, ADS: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1899MmRAS..53...39B>.

Brown E.W., 1899 — *Brown E.W.*, Theory of the Motion of the Moon; containing a New Calculation of the Expressions for the Coordinates of the Moon in Terms of the Time. Part 2, Memoirs of the Royal Astronomical Society, 53:163–202. No DOI, ADS: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1899MmRAS..53..163B>.

Brown E.W., 1904 — *Brown E.W.*, Theory of the Motion of the Moon; containing a New Calculation of the Expressions for the Coordinates of the Moon in Terms of the Time. Part 3, Memoirs of the Royal Astronomical Society, 54:1–64. no DOI, ADS: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1904MmRAS..54....1B>.

Brown E.W., 1908 — *Brown E.W.*, Theory of the Motion of the Moon; containing a New Calculation of the Expressions for the Coordinates of the Moon in terms of the time. Part 4, Memoirs of the Royal Astronomical Society, 57:51–145. No DOI, ADS: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1908MmRAS..57...51B>.

Chapront-Touze M. and Chapront J., 2000 — *Chapront-Touze M. and Chapront J.* ELP 2000-85: a semi-analytical lunar ephemeris adequate for historical times, *Astronomy and Astrophysics*, 190:342–352, No DOI, ADS: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1988A&A...190..342C>.

Duffett-Smith P., Zwart J., 2011 — *P. Duffett-Smith, J. Zwart. Practical Astronomy with your*

*Calculator or Spreadsheet. Fourth edition*, Cambridge University Press, United Kingdom. ISBN 978-0-521-14654-8 (in Eng.).

Glebova N.I., 2023 — *Glebova N.I., Astronomical Yearbook*, St.-Petersburg, The Institute of Applied Astronomy of RAS. DOI: 10.32876/AstroYearbook.2023 (in Russ.).

Glebova N.I., 2022 — *Glebova N.I., Astronomical Yearbook*, St.-Petersburg, The Institute of Applied Astronomy of RAS. DOI: 10.32876/AstroYearbook.2022 (in Russ.).

Glebova N.I., 1989 — *Glebova N.I., Astronomical Yearbook*, Leningrad, The Institute of Theoretical Astronomy (in Russ.).

Meeus J., 1998 — *Meeus J. Astronomical algorithms. Second edition*. Richmond: Willmann-Bell, USA. ISBN: 0943396611 (in Eng.).

PHP, 2023 — <https://www.php.net/>

VO project, 2021 — <https://fai.kz/projects/virtobs>

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227

Volume 345, Number 1 (2023), 148–163  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.191>

UDC 539.1.01

© N.O. Koylyk<sup>1</sup>, A. Dalelkhankyzy<sup>2</sup>, G.A. Kaptagay<sup>2,3\*</sup>, A. Kokazhaeva<sup>2</sup>,  
N.B. Shambulov<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup>National Center for Advanced Training "Orleu", "Republican Institute of Professional Development, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Kazakh national women's teacher training university, Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Ablaikhan Kazakh university of international relations and world languages, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [gulbanu.kaptagai@mail.ru](mailto:gulbanu.kaptagai@mail.ru)

## GROUP-THEORETICAL RESEARCH COLLECTIVE STATES OF MULTI-NUCLEON NUCLEAR SYSTEMS

**Koylyk N.O.** — Candidate of physical and mathematical sciences. Branch of JSC "National Center for Advanced Training. "Orleu" "Republican Institute of Professional Development". 050000. Almaty, Kazakhstan

E-mail: [nurgali.koilyk@mail.ru](mailto:nurgali.koilyk@mail.ru). ORCID: 0000-0002-0281-0096;

**Dalelkhankyzy A.** — PhD. Kazakh national women's teacher training University. Institute of Physics, mathematics and digital technologies. 050000. Almaty, Kazakhstan

E-mail: [dalelkhankyzy.d@gmail.com](mailto:dalelkhankyzy.d@gmail.com). ORCID: 0000-0002-4974-2860;

**Kaptagay G.A.** — PhD. Kazakh national women's teacher training University. Institute of Physics, mathematics and digital technologies. Ablaikhan Kazakh university of international relations and world languages. 050000. Almaty, Kazakhstan

E-mail: [gulbanu.kaptagai@mail.ru](mailto:gulbanu.kaptagai@mail.ru). ORCID: 0000-0001-5586-7339;

**Kokazhaeva A.B.** — Candidate of Biological Sciences. Kazakh national women's teacher training University. Institute of Physics, Mathematics and Digital Technologies. Kazakh national women's teacher training University. Institute of Physics, mathematics and digital technologies. 050000. Almaty, Kazakhstan

E-mail: [kokazhaeamangul@gmail.ru](mailto:kokazhaeamangul@gmail.ru). ORCID: 0000-0002-0551-3599;

**Shambulov N.B.** — Candidate of physical and mathematics Sciences. Kazakh national women's teacher training University. Institute of Physics, Mathematics and Digital Technologies. 050000. Almaty, Kazakhstan

E-mail: [nauansh@rambler.ru](mailto:nauansh@rambler.ru). ORCID: 0000-0002-4856-8548.

**Abstract.** The phenomenon of nuclear interaction between the nucleons that make up the nucleus is not fully explained. These interactions are very complex, and there are a lot of parameters that describe them. However, the patterns at the lowest energy levels of the nuclei are homogeneous, simple in nature. Their properties are determined by the average potential along which the nucleons move and the effective double nucleon interaction. Consequently, the nucleons in the

nucleus are arranged along the electron shells in the atom, but, interacting with the mutual nuclear force, they paired. In the following decades, the application of the interacting boson model (IBM) to explain the properties of low-energy states of complex nuclei became a particularly suitable method for experimental physicists. The simplicity of the basic concept on which this model is based and the algebraic construction of the Hamiltonian it uses create great opportunities for studying the construction of collective excitations in nuclei. In early theories, various modes of collective excitation were associated with spherical and deformed geometry generated by the arrangement of nucleons in them in a changing shape. Now we consider such excitations as energy states generated by the interaction of bosons in the nucleus. The theory of the theory of the IBM is described in sufficient detail in various textbooks. In this article, we proceed from the simplest principle of IBM to study the construction of the lower states of heavy nuclei. In particular, we assume that the construction of these states is caused only by the interaction of s and d bosons. We have seen above that the detection operators of such bosons form a unitary group  $SU(6)$ . It is shown that such a unitarily symmetric Hamiltonian has three asymptotic limits that are easily diagonalized analytically. In particular, to study the structure of heavy nuclei with rotational states, we apply the limit  $SU(6) \supset SU(3) \supset O(3)$ . Thus, we apply this asymptotic group to a pair of isotopes of the uranium nucleus. The problem can be solved not only by group theory, but also by the method of secondary quantization. The nuclei found in this way are so simple in spectrum and wave functions that they are ideal for studying the structure of nuclei, classifying quantum states in them, and good conclusions can be drawn. Quasi-spin formalism greatly simplifies the calculation of matrix elements of operators and brings them into a form suitable for comparison with experimental data. The microscopic theory of a fermionic dynamical-symmetric model of collective excitations of nuclear systems is considered. The spectrum of states and probabilities of electromagnetic transitions are found. The theory is applied to the study of the structure of states of even isotopes of osmium  $^{186,188,190,192}\text{Os}$ . The obtained results are compared with the available experimental data for transition region nuclei.

**Keywords:** interacting boson model, boson Hamiltonian, dynamical symmetry, even isotope, seniority

© Н.О. Қойлық<sup>1</sup>, А. Далелханқызы<sup>2</sup>, Г.Ә. Қаптағай<sup>2,3\*</sup>, А.Б. Кокажаева<sup>2</sup>,  
Н.Б. Шамбулов<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup>«Өрлеу» БАҰО АҚФ Республикалық кәсіби даму институты,  
Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан;

<sup>3</sup>Абылай хан атындағы Қазақ халықаралық қатынастар және әлем тілдері  
университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: gulbanu.kaptagai@mail.ru

## КӨП НУКЛОНДЫ ЯДРОЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ҰЖЫМДЫҚ КҮЙІН ТЕОРИЯЛЫҚ–ТОПТЫҚ ЗЕРТТЕУ

**Қойлық Н.О.** — Физика-математика ғылымдарының кандидаты. «Өрлеу» БАҰО АҚФ  
Республикалық кәсіби даму институты. 050000. Алматы, Қазақстан

E-mail: nurgali.koilyk@mail.ru. ORCID: 0000-0002-0281-0096;

**Далелханқызы А.** — PhD. Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті. Физика,  
математика және цифрлық технологиялар институты. 050000. Алматы, Қазақстан

E-mail: dalelkhankyzy.d@gmail.com. ORCID: 0000-0002-4974-2860;

**Қаптағай Г.Ә.** — PhD. Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті. Физика, математика  
және цифрлық технологиялар институты. 050000. Алматы, Қазақстан

E-mail: gulbanu.kaptagai@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5586-7339;

**Кокажаева А.Б.** — Биология ғылымдарының кандидаты. Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық  
университеті. Физика, математика және цифрлық технологиялар институты. 050000. Алматы,  
Қазақстан

E-mail: kokazaeamangul@gmail.ru. ORCID: 0000-0002-0551-3599;

**Шамбулов Н.Б.** — Физика-математика ғылымдарының кандидаты. Қазақ ұлттық қыздар  
педагогикалық университеті. Физика, математика және цифрлық технологиялар институты.  
050000. Алматы, Қазақстан

E-mail: nauansh@rambler.ru. ORCID: 0000-0002-4856-8548.

**Аннотация.** Ядро құрамына енетін нуклондар арасындағы ядролық әсерлесу құбылысы жеткілікті деңгейде толық түсіндірілмеген. Бұл әсерлесулер өте күрделі және оны сипаттайтын параметрлер өте көп. Дегенмен ядролардың ең төменгі энергетикалық деңгейлеріндегі заңдылықтары біркелкі, қарапайым сипатта. Олардың қасиеттері нуклондар қозғалатын орташа потенциал мен эффективті қос нуклондық әсерлесу арқылы анықталады. Сондықтан ядроғағы нуклондар атомдағы электрондар тәрізді қабықшалар бойынша орналасып, бірақ, өзара ядролық күшпен әсерлесіп жұпталады. Кейінгі ондаған жылдар ішінде әсерлесуші бозондар моделін (ӘБМ) күрделі ядролардың төменгі энергетикалық күйлерінің қасиеттерін түсіндіруге қолдану, әсіресе, экспериментатор-физиктер үшін өте қолайлы әдістерге айналды. Бұл модельдің негізге алатын негізгі концепциясының және онда пайдаланатын гамильтонианның алгебралық құрылысының қарапайымдылығы ядролардағы коллективтік қозулардың құрылысын зерттеуде үлкен мүмкіндіктер туғызады. Алғашқы теорияларда коллективтік қозудың түрлі модаларын олардағы нуклондардың өзгермелі

формада орналасуынан туған сфералық және түрліше деформацияланған геометриясымен байланыстырған. Енді мұндай қозуларды ӘБМ-де ядродағы бозондар әсерлесуінен туған энергетикалық күйлер деп қарастырамыз. ӘБМ теориясының теориясы әртүрлі оқу құралдарында жеткілікті түрде баяндалған. Бұл мақалада ауыр ядролардың төменгі күйлерінің құрылысын зерттеу үшін ӘБМ ең қарапайым қағидасын негізге аламыз. Атап айтқанда, бұл күйлердің құрылысы тек  $s$  және  $d$ -бозондардың әсерлесуінен туындайды деп есептейміз. Жоғарыда мұндай бозондарды анықтайтын операторлар  $SU(6)$  унитарлы топты құрайтынын көрдік. Мұндай унитарлы симметриялы гамильтонианның оңай аналитикалық жолмен диагоналданатын үш асимптотикалық шегі бар екенін көрсетіледі. Соның ішінде ротациялық күйлері бар ауыр ядролардың құрылысын зерттеуге  $SU(6) \supset SU(3) \supset O(3)$  шегін пайдаланамыз. Сөйтіп осы асимптотикалық топты уран ядросының жұп изотоптарына қолданамыз. Мәселені тек топтың теория жолымен ғана емес, сонымен қатар екінші реттік кванттау әдісімен де шешуге болады. Осылайша табылған ядролардың спектрі мен толқындық функцияларының қарапайымдылығы сонша, оларды ядролар құрылысын зерттеуге, олардағы кванттық күйлерді классификациялауға өте қолайлы және жақсы қорытындылар алуға болады. Квазиспиндік формализм операторлардың матрицалық элементтерін есептеуді өте оңайлатады және оларды эксперимент берілгендерімен салыстыруға қолайлы түрге келтіреді.

**Түйін сөздер:** әсерлесуші бозондар моделі, гамильтониан бозоны, динамикалық симметрия, жұп изотоп, сеньиорити

© Н.О. Койлық<sup>1</sup>, А. Далелханқызы<sup>2</sup>, Г.Ә. Қаптағай<sup>2,3\*</sup>, А.Б. Кокажаева<sup>2</sup>,  
Н.Б. Шамбулов<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup>ФАО «Национальный центр повышения квалификации «Өрлеу»  
Республиканский институт профессионального развития,  
Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Казахский национальный женский педагогический университет,  
Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Казахский университет международных отношений и мировых языков  
имени Абылай хана, Алматы, Казахстан.  
E-mail: gulbanu.kaptagai@mail.ru

## ТЕОРЕТИКО–ГРУППОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЛЕКТИВНЫХ СОСТОЯНИЙ МНОГОНУКЛОННЫХ ЯДЕРНЫХ СИСТЕМ

**Койлық Н.О.** — кандидат физико-математических наук. ФАО «Национальный центр повышения квалификации «Өрлеу» Республиканский институт профессионального развития. 050000. Алматы, Казахстан

E-mail: nurgali.koilyk@mail.ru. ORCID: 0000-0002-0281-0096;

**Далелханқызы А.** — PhD. Казахский национальный женский педагогический университет. Институт физики, математики и цифровых технологий. 050000. Алматы, Казахстан

E-mail: dalelkhankyzy.d@gmail.com. ORCID: 0000-0002-4974-2860;

**Қаптағай Г.Ә.** — PhD. Казахский национальный женский педагогический университет. Институт физики, математики и цифровых технологий. 050000. Алматы, Казахстан

E-mail: gulbanu.kaptagai@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5586-7339;

**Кокажаева А.Б.** — кандидат биологических наук. Казахский национальный женский педагогический университет. Институт физики, математики и цифровых технологий. 050000. Алматы, Казахстан

E-mail: kokazaeamangul@gmail.ru. ORCID: 0000-0002-0551-3599;

**Шамбулов Н.Б.** — кандидат физико-математических наук. Казахский национальный женский педагогический университет. Институт физики, математики и цифровых технологий. 050000. Алматы, Казахстан

E-mail: nauansh@rambler.ru. ORCID: 0000-0002-4856-8548.

**Аннотация.** Явление ядерного взаимодействия между нуклонами, входящими в состав ядра, недостаточно полно объяснено. Эти взаимодействия очень сложны, и параметров, которые их описывают, очень много. Однако закономерности на самых низких энергетических уровнях ядер носят однородный, простой характер. Их свойства определяются средним потенциалом, по которому движутся нуклоны, и эффективным двойным нуклонным взаимодействием. Следовательно, нуклоны в ядре расположены по электронным оболочкам в атоме, но, взаимодействуя с взаимной ядерной силой, спариваются. В последующие десятилетия применение модели взаимодействующих бозонов (МВБ) для объяснения свойств низкоэнергетических состояний сложных ядер стало особенно подходящим методом для физиков-экспериментаторов. Простота базовой концепции, на которой основана эта модель, и алгебраического построения



гамильтониана, который она использует, создают большие возможности для изучения построения коллективных возбуждений в ядрах. В ранних теориях различные моды коллективного возбуждения были связаны со сферической и деформированной геометрией, порожденной расположением в них нуклонов в изменяющейся форме. Теперь мы рассматриваем такие возбуждения как энергетические состояния, рожденные взаимодействием бозонов в ядре. Теория теории МВБ достаточно подробно изложена в различных учебных пособиях. В этой статье мы исходим из простейшего принципа МВБ для изучения построения нижних состояний тяжелых ядер. В частности, мы предполагаем, что построение этих состояний вызвано только взаимодействием  $s$  и  $d$ -бозонов. Выше мы видели, что операторы обнаружения таких бозонов образуют унитарную группу  $SU(6)$ . Показано, что такой унитарно-симметричный гамильтониан имеет три асимптотических предела, которые легко диагонализуются аналитически. В том числе для изучения строения тяжелых ядер с ротационными состояниями применяем предел  $SU(6) \supset SU(3) \supset O(3)$ . Таким образом, мы применяем эту асимптотическую группу к паре изотопов ядра урана. Проблему можно решить не только путем теории группы, но и методом вторичного квантования. Найденные таким образом ядра настолько просты в спектре и волновых функциях, что они идеально подходят для изучения строения ядер, классификации квантовых состояний в них и могут быть сделаны хорошие выводы. Квазиспиновый формализм очень упрощает вычисление матричных элементов операторов и приводит их в форму, подходящую для сравнения с экспериментальными данными.

**Ключевые слова:** модель взаимодействующих бозонов, базон гамильтониана, динамическая симметрия, четный изотоп, сеньорити

### **Введение**

Развитие теоретической ядерной физики, построение и развитие теоретико-групповых подходов, основанных на выявлении и обобщении фермионных общих симметрических свойств, исходящих из межнуклонных сил и на единой основе целостное описание наиболее важных свойств ядер, является актуальной и важной задачей. В последние годы мы дальше развили микроскопическую фермионную модель коллективных возбуждений многонуклонных систем на основе фермионно-динамической симметрии (Бу, 1987). Операторы коррелирующих фермионных пар, из которых строятся гамильтониан-модели далее отображаются в бозонное пространство. Это дает возможность сравнить отображенный бозонный гамильтониан с гамильтонианом феноменологической бозонной теории коллективных состояний ядер.

Следует подчеркнуть, что с самого начала стало ясно, что модель взаимодействующих бозонов имеет неразрывную связь с фундаментальной

оболочечной-нуклонной структурой ядер, имеющей отношение к динамической симметрии в фермионном уровне. В то же время любые динамические симметрии, в том числе бозонные, отражающие ядерную структуру, должны определяться с прямо фермионными степенями свободы. Любая динамическая симметрия является важной особенностью многочастичных систем, описывающей различные типы движения в них.

### **Материалы и методы**

Математически она позволяет получить как простые аналитические, так и численные решения квантовой многочастичной проблемы. Основная цель разрабатываемой темы в этом году заключается в том, чтобы полученные все динамико-симметрические свойства коллективных возбуждений в ядрах из нуклонно-оболочечной структуры отобразить в бозонное пространство. Далее предполагается приложить отображенное бозонное уравнение к изучению конкретных ядерных систем в переходной области, в частности к четным изотопом осмия. Для этого сначала мы несколько упростили сложный гамильтониан фермионной модели, определяя остаточные парные взаимодействия нуклонов только монополярными и квадрупольными членами. В качестве способа отображения фермионных уравнений в бозонное пространство использованы методы Дайсона, Беляева-Зелевинского и сеньорити (Марумора) (Жошинга, 1976).

Говоря о выборе изотопов осмия в качестве объекта первоочередного приложения теории, следует защитить, что изотопы осмия, так же как изотопы платины в ранней бозонной теории невозможно было правильно описать одним из трех асимптотических пределов, допускающих аналитические решения проблемы на собственные значения. Как известно, SU(3)-предел МВБ неприменим к четным изотопом осмия, так как этот предел требует вырождения  $\beta$  и  $\gamma$  полос, но эти полосы в изотопах осмия совершенно не удовлетворяют этому требованию. Что же касается SU(5)-предел МВБ обычно применяют только к так называемым вибрационным ядрам. А в O(6)-пределе бозонной теории отношения энергии трех уровней положительной четности  $2_1, 2_2, 3_1$  в виде  $(E_{2_1} + E_{2_2})/3E_{3_1}$  должны быть равным 1. А для изотопов осмия с A-186, 188, 190, 192 это соотношение равно соответственно 1,35; 1,40; 1,31; 1,28. Как видим, даже самые нижние энергетические уровни указанных ядер не могут быть хорошо воспроизведены и в этом пределе. До сих пор нет удовлетворительного описания свойств даже самых нижних уровней этих ядер. Эта область ядер интересна тем, что для низколежащих коллективных состояний четно-четных изотопов ядер наблюдаются конкуренции по многим свойствам вытянутой сплюснутой деформационной формами систем, кроме того, она обладает сильной  $\gamma$ -нестабильной природой. Поэтому для описания изучаемых ядер необходимо извлечь более совершенные методы расчетов структуры состояний этих ядер (Гиошио, 1980).

Сначала кратко изложим содержание самой фермионной модели коллективных возбуждений ядерных систем. Затем более подробно остановимся

на бозонное отображение простого варианта теории различными способами. Далее, такой простой гамильтониан как фермионом, так и бозонном отображенном пространствах приложим к объяснению свойств ядер сильно деформированной  $\gamma$ -нестабильной областей ядер.

Для этого, прежде всего, строится базис фермионной модели, выделяющий из всевозможных квантовых степеней свободы ту часть, которая определяет коррелирующие фермионные пары, связанные в полные угловые моменты 0 (S-пара) и 2 (D-пара). Предполагается, что именно эти пары в основном описывают самые нижние коллективные возбуждения. Другими словами, от полного оболочечно-модельного пространства отделяется подпространство когерентных S-D пар, определяющее поведение самых нижних возбуждений многочастичных систем. В таком обрезанном пространстве удастся разбить полный гамильтониан фермионной системы на части, соответствующие симметриям, ответственным различным типам коллективных движений нуклонов в них (Грениер, 1990).

### Результаты и обсуждение

В фермионной модели динамической симметрии однонуклонный угловой момент  $\vec{j}$  разбивается в псевдоорбитальный  $\vec{k}$  и псевдоспиновый  $\vec{i}$  угловые моменты:  $\vec{j} = \vec{k} + \vec{i}$ . Оператор рождения нуклона  $b_{km_k im_i}^+$  в k-j-схеме относится к фермионным операторам рождения  $a_{jm}^+$  в виде:

$$a_{jm}^+ = \sum_{m_k m_i} \langle km_k im_i | jm \rangle b_{km_k im_i}^+ \quad (1)$$

Важно подчеркнуть, что такие S и D фермионные пары действительно высококогерентны, т.е. они имеют коллективную природу. Это можно увидеть после преобразования k-i-базиса обратно в оболочечно-модельный базис, используя нормирующий 9j-символ пересвязки:

$$\begin{aligned} |(k_1 k_2) K (i_1 i_2) I; r \mu \rangle &= [b_{k_1 i_1}^+ b_{k_2 i_2}^+]_{\mu}^{(KI)r} |0\rangle = \\ &= \sum_{j_1 j_2} \begin{vmatrix} k_1 & i_1 & j_1 \\ k_2 & i_2 & j_2 \\ K & I & r \end{vmatrix} [a_{j_1}^+ a_{j_2}^+]_{\mu}^r |0\rangle \end{aligned} \quad (2)$$

Высококогерентная пара, имеющая сильное конфигурационное смешивание в оболочечно-модельном базисе, здесь имеет очень простую, т.е. чистую конфигурационную структуру. Мы имеем в данном случае именно тот базис, который необходим для описания микроскопической структуры коллективных возбуждений.

Ограничимся случаем идентичных частиц, расположенных в одной большой оболочке и учтем только двухчастичные остаточные взаимодействия. Тогда эффективный гамильтониан будет иметь вид:

$$H = \sum_j \varepsilon_j a_j^+ a_j + V_p + V_Q \quad (3)$$

Где  $V_p$  и  $V_Q$  – парные и мультипольные взаимодействия, которые выражаются в самом общем виде:

$$V_p = \frac{1}{4} \sum_{\lambda_1 j_1 \lambda_2 j_2} \langle j_1 j_1 \lambda_1 | V_p | j_2 j_2 \lambda_2 \rangle [a_{j_1}^+ a_{j_1}^+]^\lambda [a_{j_2} a_{j_2}]^\lambda \quad (4)$$

$$V_Q = \frac{1}{4} \sum_{r j_1 j_2 j_1' j_2'} \langle j_1 j_2 r | V_Q | j_1' j_2' r \rangle [a_{j_1}^+ a_{j_2}^+]^r [a_{j_1} a_{j_2}]^r \quad (5)$$

Предлагается три способа упрощения общего гамильтониана (3) для того, чтобы привести его к гамильтониану ФМДС:

- 1) Остаточное парное взаимодействие определяется в основном монопольными ( $\lambda=0$ ) и квадрупольными ( $\lambda=2$ ) членами.
- 2) Предполагая, что парные матричные элементы пропорциональны вырождению уровней, участвующих в парных корреляциях,
- 3) Для упрощения мультипольного взаимодействия  $V_Q$  наложим на матричные элементы  $V_Q$ , аналогичные параметризацию в виде:

$$P_\mu^r(k) = \sqrt{\Omega_{k_i/2}} \begin{bmatrix} b_{k_i}^+ & b_{k_i} \end{bmatrix} \begin{matrix} r & o \\ \mu & o \end{matrix}$$

$$P_\mu^r(i) = \sum_k \sqrt{\Omega_{k_i/2}} \begin{bmatrix} b_{k_i}^+ & b_{k_i} \end{bmatrix} \begin{matrix} o & r \\ o & \mu \end{matrix} \quad (6)$$

$$P_\mu^r(\alpha) = P_\mu^r = \sqrt{\Omega_{j_o/2}} \begin{bmatrix} \alpha_{j_o}^+ & \alpha_{j_o} \end{bmatrix} \begin{matrix} r \\ \mu \end{matrix}$$

При таких предположениях самый общий гамильтониан ФМДС в  $k$ -i схеме запишется в виде:

$$H_{\text{ФДСМ}} = \varepsilon_o v_o + \sum \varepsilon_{k_i} n_{k_i} + \sum_{\chi\chi'} G_O^{\chi\chi'} S^+(\chi) S(\chi') +$$

$$+ G_2 D^+ D + \sum_{r_i \chi\chi'} B_r^{\chi\chi'} P^r(\chi) P^r(\chi')$$

Таким образом, для уровней нормальной четности имеем мультипольные и парные операторы: 21 генераторов  $k$ -активной схемы  $k=1$   $\{S^+, S, D_\mu^+, D_\mu, P_\mu^r \ (r = 0,1,2),\}$ , которые образуют  $Sp(6)$  алгебры  $f_3=0$ , и 28 генераторов  $i$ -активной схемы, где  $i = 3/2 \{S^+, S, D_\mu^+, D_\mu, P_\mu^r \ (r = 0,1,2)$ , которые образуют  $SO(8)$  алгебру. А для уровней аномальной четности имеем  $\{S^+, S, P^o\}$  генераторы, которые образуют  $su_2$  алгебру.

Отсюда видно — ФМДС-гамильтониан отделяет  $S, D, s$ - пространство от остальной части фермионного пространства, и оно является разумным приближением для описания низколежащих коллективных состояний для четно-четных ядерных систем.

Для дальнейшего практического использования динамико-симметрической гамильтониан удобно переписать посредством независимых Казимир-операторов подгрупп, вытекающих из динамических групп.

$H_{ФДСМ}^0$  - гамильтониан имеет пять предельных случаев:

Для  $k$  - актив-схемы  $v_0 = g_0 = 0 : SU_3 \otimes su_2$  - предел

$f_3=0$ ,  $SU_2 \otimes SO_3 \otimes su_2$  - предел

Для  $i$ -актив-схемы  $v_1=g_0=0$ ,  $SO_6 \otimes su_2$  - предел

$g_6=0$ ,  $SO_5 \otimes SO_3 \otimes su_2$  - предел

$v_1=g_0=0$ ,  $SO_7 \otimes su_2$  - предел

Для того чтобы понять физические содержания этих пяти симметрических пределов рассматриваемой модели анализируем свойства простейшего ФМДС -гамильтониана

$$H_6 = \varepsilon n - G_0 n(n-1) / 4 + G_0 [G_{SU_2}^T - \Omega(\Omega + 2) / 4] + B_2 C_{SU_3} - (3B_2 / 8) L^2$$

$$H_8 = \varepsilon n - G_0 n(n-1) / 4 + G_0 [G_{SU_2}^T - \Omega(\Omega + 2) / 4] + B_2 C_{SO_6} - B_2 C_{SO_5} \quad (7)$$

где  $\varepsilon = G_0(2\Omega + 1) / 4$ .

Из этих двух равенств видно, что в них доминирует монопольное спаривание (формально вытекает при  $B_2=0$ ), которое ведет к  $SU_2^T$ -симметрии. Такая симметрия, как известно, описывает вибрационный спектр системы. В случае, когда доминирует квадруполь-квадрупольное взаимодействие (оно

имеет место когда  $G_0=0$ , или мало), тогда получаем  $SU_3$ -предел к-активной теории и  $SO_6$ -предел i-активной теории.  $SU_3$ -предел описывает спектр аксиально-симметрического ротора, тогда как  $SO_6$ -предел описывает спектры и электромагнитные переходы  $\gamma$ -нестабильных вращательных состояний многоуклонных систем.

$SO_6 \otimes su_2$  предел ФМДС описывает  $\gamma$ -нестабильное поведение ядерных систем. Физическое условие для появления этого предела очень похоже на условие рождения  $SU_3$  симметрии. Именно такой предел может появиться в  $SU_8$ цепочке. Энергия  $SO_6$  предела при  $\mu=0$  равна:

$$E[N_1(\sigma\tau)n_\Delta L] = E_0(N_1) - A\sigma(\sigma + 4) + \\ + B\tau(\tau + 3) + CL(L + 1) \quad (8)$$

где  $A = G_2 - B_2$ ;  $B = B_3 - B_2$ ;  $C = (B_1 - B_3) / 5$

$\sigma, \tau$ -квантовые числа представления  $SO_6 \supset SO_5$  цепочки;  $n_\Delta$ -дополнительное квантовое число. Для данного значения  $N_1 (\leq \Omega/2)$  получаем:

$$\sigma = N_1, N_1 - 2, N_1 - 4, \dots, 0 \text{ или } 1; \quad \tau = 3n_\Delta + \lambda = \sigma, \sigma - 1, \sigma - 2, \dots, 0 \\ L = \lambda, \lambda + 2, \dots, 2\lambda - 2, 2\lambda$$

Величину  $N_1$  можно определить из минимума энергии основного состояния как в случае ротационного, так и в случае  $\gamma$ -нестабильного предела (8). Например для  $\gamma$ -нестабильного предела  $E_{g.s}(N_1) = E_0(N_1) - AN_1(N_1 + 4)$ , для ротационного предела  $E_{g.s}(N_1) = E_0(N_1) - \beta C(2N_1 O)$ .

Из условия  $\frac{\partial}{\partial N_1} E_{g.s}(N_1) |_{N_1=N_{1g}} = 0$  находим:

$$a = \frac{2\Delta\varepsilon + \eta_1 - \eta_0 + 4A}{4(\eta_1 + \eta_0) - 2A}, \quad b = \frac{2\eta_0}{2(\eta_1 + \eta_0) - A} \text{ для } SO_6\text{-предела} \quad (9)$$

$$a = \frac{2\Delta\varepsilon + \eta_1 - \eta_0 + 6\beta}{4(\eta_1 + \eta_0) - 8\beta}, \quad b = \frac{4\eta_0}{2(\eta_1 + \eta_0) - 4\beta} \text{ для } SU_3\text{-предела} \quad (10)$$

$SO_6$ -предел ФМДС как по спектру, так и по  $\gamma$ -переходам идентичны с  $O_6$ -пределом МВБ.

Здесь также интересно заметить, что параметры А и В имеют примерно одинаковые и положительные значения, т.к. в этом пределе также превалирует квадруполь-квадрупольное взаимодействие которое является притягательной силой (т.е.  $|B_2| > |B_1|$ ,  $|B_2| > |G_2|$ ,  $B_2 < 0$ ).

А это условие  $A=B$  хорошо известно из МВБ.

Таким образом, ФДДС в своем  $\gamma$ -нестабильном пределе дает главным образом микроскопическое обоснование МВБ.

Проведено дальнейшее развитие микроскопической модели структуры ядер, исходящее из фермионной динамической симметрии. Все ядерные динамические симметрии, присущие феноменологической бозонной модели, выводятся из более фундаментальной фермионной основы в ФДДСМ. Как видно выше, выражения для энергии в каждом предельном случае в ФДДСМ без разорванных пар сопоставляются асимптотикой МВБ. Некоторые отличия в выражениях для энергии и вероятностей переходов между состояниями обусловлены Паули-эффектом и оболочечной структурой систем.

Предсказан новый вибрационно-симметрический предел  $SO_7$ , который проявляется, по-видимому, у ядер с симметрией более сложной формы, и он осуществляется в промежутке симметрий  $SO_5$  и  $SO_6$ .

Обычно полагают, что нейтрон-протонное взаимодействие ответственно за ядерную деформацию разной формы. Как мы видим из вышеизложенного, ротационное движение обусловлено как симметрическими свойствами валентных оболочек, так и нейтрон-протонным взаимодействием валентных нуклонов. Именно из  $Sp_6$ -симметрии вытекает  $SU_3$ -подсимметрия, в  $SO_8$ -симметрии даже сильное протон-нейтронное взаимодействие не приводит к  $SU_3$ -пределу.

Наличие разорванных пар в ФДДСМ дает возможность описать ядерную структуру, не присущую для бозонной модели. Имеется также возможность микроскопически описать высокоспиновые состояния.

Хотя в основном говорили о состояниях четно-четных ядер, гамильтониан ФДДСМ способен описать нечетные, нечетно-нечетные ядра. Другими словами, ФДДСМ, в противовес к МВБ, может описать единым образом нижние возбужденные состояния любой многонуклонной системы.

Аналитические выражения предельных ситуаций можно использовать для тестирования корректных физических свойств систем. Такие пределы можно использовать для классификационных схем, которые полезны для понимания глобальной систематики ядерной структуры. Если простые предельные случаи (соответствующие  $k$ - $i$  конфигурациям) в состоянии описать основные свойства коллективных движений в ядрах, то можно заключить, что соответствующий симметрический оболочечно-модельный обрезанный базис является достаточно хорошим базисом теории. Тогда можно брать более разумное эффективное взаимодействие, которое включает все необходимые нарушающие симметрии члены, и выполнить численную диагонализацию внутри обрезанного базиса. Вычисления показывают, что выбор эффективного взаимодействия в наших случаях вполне благоприятен для обрезанного  $k$ - $i$ - базиса. Удачный выбор эффективных взаимодействий имеет важную роль в ФДДСМ.

Проведем приложение отображенного бозонного подхода к реальным

системам. Для этого рассматривается структура состояний четных и тяжелых изотопов осмия 186, 188, 190, 192 осмия.

Как мы уже отмечали, большое внимание обращается к экспериментальному и к теоретическому изучению структуры изотопов осмия, так как эти ядра также относятся к сложной области так называемой  $\gamma$ -нестабильной (Гастен, 1978). Структуры состояний этих ядер представляют собой смесь различных форм движения нуклонов в них. Поэтому асимптотические пределы модели взаимодействующих бозонов, а также теории бозонного разложения не могли удовлетворительно описать свойств даже самых нижних уровней ядер. Поэтому для анализа структуры изотопов осмия точно также как изотопов платины была проведена точная диагонализация полного гамильтониана  $SU(6)$ -симметричной бозонной модели (Бактыбаев, 2005). В данной работе мы обсудим результаты расчетов структуры уровней тяжелых изотопов осмия на основе отображенного бозонного гамильтониана методами Беляева-Зелевинского (БЗ) и сеньорити А. Их сравним с такими же расчетами точной диагонализации  $SU(6)$ -симметричного гамильтониана МВБ. А также по методам бозонного разложения (ВЕТ), проведенного Тамурой и др. (Тамура, 1980).

В таблицах 1, 2 даны сравнительные значения энергии уровней основной к  $\gamma$ -полос, рассчитанных по методам ВЕТ,  $SU(6)$ -симметричного МВБ и бозонно-отраженного гамильтониана Беляева-Зелевинского и сеньорити А. Все они сравнены с их экспериментальными значениями.



Таблица 1 – Сравнение расчетных экспериментальных  $g, \beta, \gamma$ -полос спектр состояний ядра  $^{186}\text{Os}, ^{188}\text{Os}$

$I\pi$	ВЕТ	Полный МВБ	Отр. ФДСМ	эксп	Отр. сень
$0_1^+$	0	0	0	0	0
$2_1^+$	0,16	0,18	0,17	0,17	0,17
$4_1^+$	0,44	0,44	0,44	0,43	0,48
$2_2^+$	0,64	0,74	0,74	0,76	0,78
$6_1^+$	0,88	0,85	0,85	0,86	0,91
$3_1^+$	0,75	0,88	0,88	0,89	0,93
$4_2^+$	0,94	1,06	1,06	1,08	1,12
$5_1^+$	1,14	1,25	1,25	1,28	1,32
$8_1^+$	1,32	1,41	1,39	1,43	1,49
$6_2^+$	1,25	1,47	1,45	1,49	1,54
$7_1^+$	1,46	1,62	1,64	1,70	1,74
$8_2^+$	-	1,87	1,88	-	1,92
$10_1^+$	1,82	1,96	2,02	2,08	2,12
$12_1^+$	-	2,61	2,64	2,66	2,71
$12_2^+$	-	2,82	2,80	-	2,87
$14_1^+$	-	3,30	3,27	3,34	3,41
$14_2^+$	-	3,32	3,29	3,52	3,60
$16_1^+$	-	4,00	3,92	3,90	4,01
$18_1^+$	-	4,62	4,50	4,45	4,64

$I\pi$	ВЕТ	Полный МВБ	Отр. БЗ	эксп	Отр. Сень
$0_1^+$	0	0	0	0	0
$2_1^+$	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
$4_1^+$	0,42	0,44	0,43	0,41	0,46
$2_2^+$	0,68	0,64	0,63	0,61	0,71
$3_1^+$	0,86	0,80	0,81	0,78	0,84
$6_1^+$	0,89	0,88	0,90	0,92	0,97
$4_2^+$	0,95	0,98	1,0	0,96	1,04
$5_1^+$	1,22	1,19	1,18	1,17	1,24
$6_2^+$	1,37	1,42	1,42	1,40	1,48
$8_1^+$	1,40	1,45	1,46	1,47	1,51
$10_1^+$	1,95	2,08	2,10	2,13	2,20
$12_1^+$	-	-	2,76	-	2,86

Таблица 2 – Сравнение расчетных экспериментальных  $g, \beta, \gamma$ -полос спектр состояний ядра  $^{188}\text{Os}, ^{190}\text{Os}$

$I^\pi$	ВЕТ	Полный МВБ	Отр. БЗ	эксп	Отр. Сень
$0_1^+$	0	0	0	0	0
$2_1^+$	0,18	0,18	0,18	0,18	0,18
$4_1^+$	0,54	0,53	0,53	0,52	0,56
$2_2^+$	0,61	0,57	0,58	0,58	0,63
$3_1^+$	0,81	0,74	0,76	0,79	0,80
$4_2^+$	0,98	0,92	0,93	0,94	1,01
$6_1^+$	1,05	1,04	1,03	1,0	1,10
$5_1^+$	1,24	1,18	1,20	1,21	1,26
$6_2^+$	1,38	1,45	1,44	1,43	1,48
$8_1^+$	1,62	1,64	1,63	1,61	1,66
$8_2^+$	-	2,06	2,03	2,01	2,10
$10_1^+$	2,24	2,35	2,30	2,33	2,40
$12_1^+$	-	-	2,71	-	2,78

$I^\pi$	ВЕТ	Полный МВБ	Отр. БЗ	эксп	Отр. Сень
$0_1^+$	0	0	0	0	0
$2_1^+$	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
$2_2^+$	0,54	0,46	0,50	0,52	0,55
$4_1^+$	0,58	0,54	0,55	0,57	0,59
$3_1^+$	0,73	0,72	0,70	0,67	0,74
$4_2^+$	0,92	0,93	0,90	0,91	0,96
$6_1^+$	1,08	1,01	1,02	1,07	1,16
$5_1^+$	1,16	1,17	1,14	1,12	1,21
$6_2^+$	1,32	1,46	1,46	1,44	1,48
$8_1^+$	1,68	1,50	1,61	1,66	1,68
$7_1^+$	1,58	1,74	1,73	1,72	1,78
$8_2^+$	-	2,04	2,02	1,98	2,06
$10_1^+$	-	-	2,54	-	2,74

Как видно из таблиц, описания по методам БЗ и сеньорити А, близко соответствующим величинам энергии по SU(6)-симметриям МВБ, и они очень близки к их экспериментальным значениям, хотя метод сеньорити А дает величины отличные от эксперимента на 15 %–20 %. Видно, что результаты по методу ВЕТ также несколько хуже, примерно на 15 % (Тамура, 1980). Описание по отраженной БЗ-теорией значительно лучше для изотопа 186-осмия, а для изотопа 192-осмия несколько хуже. Такая ситуация, по-видимому, объясняется более сильной коллективизацией уровней в легких изотопах осмия (Бактыбаев, 2014). С ростом атомного веса у изотопов осмия уменьшается число нейтронных дырок, что приводит к уменьшению деформации ядра.

### Заключение

Видно, что теория описывает основную полосу состояний с довольно высокими спинами. Что касается  $\gamma$ -полосы, то теория правильно передает понижение начального уровня  $\gamma$ -полосы  $2_2^+$ , а также увеличение расстояния между уровнями  $2_2^+$  и  $3_1^+$  с ростом А. В изотопах платины мы имели противоположные тенденции.

Из экспериментального спектра видно, что хотя основная полоса в этих

ядрах очень близка по своему поведению к ротационной,  $\gamma$ -полоса ведет себя сложным образом, а именно, расстояния между уровнями в ней изменяются нерегулярно, отклоняется от ротационной закономерности. С таким нерегулярным положением уровней в  $\gamma$ -полосе наши вычисления и МВБ – описание хорошо согласуются.

#### ЛИТЕРАТУРА

Ж.Л. Ву, Д.Х. Фенд, Х.Г. Чен, Ж.К. Чен, М.В. Гнидри, 1987 — *Ж.Л. Ву, Фенд Д.Х., Чен Х.Г., Чен Ж.К., М.В. Гнидри*. Фермионно-динамическая симметричная модель ядра: Остов, гамильтониан и симметрия // *Phys. Rev. C.* – Vol. 36. – Pp. 1157–1180.

К.К. Бактыбаев, Н.О. Койлык, К.Е. Раманкулов, 2005 — *К.К. Бактыбаев, Н.О. Койлык, К.Е. Раманкулов*. Фермионная динамико-симметрическая модель коллективных возбуждений ядер // *Вестник КазНУ. Сер. физ.* – 2005. – №2. – С. 79–86.

Р.Ф. Гастен, Ж.А. Гизевский, 1978 — *Р.Ф. Гастен, Ж.А. Гизевский*. O(6)-ротатор перенос в ядре Pt-Os // *Nucl. Phys.* – Vol. A309. – Pp. 177–184.

Н. Тамура, К.И. Уикс, Т. Кишимова, 1980 — *Н. Тамура, К.И. Уикс, Т. Кишимова*. Анализ коллективных движений ядер в терминах теории расширения бозона // *Nucl. Phys.* – Vol. A.347. – Pp. 359–387.

К.К. Бактыбаев, А. Далелханкызы, Н.О. Койлык, К.Е. Раманкулов, М.К. Бактыбаев, 2014 — *К.К. Бактыбаев, А. Далелханкызы, Н.О. Койлык, К.Е. Раманкулов, М.К. Бактыбаев*.

Описание коллективных состояний изотопов 102,104,106,108,110Pd в нуклонно-парной модели // *Advanced Studies in Theoretical Physics*, (10), стр. 475.

Н. Джосинга, 1976 — *Н. Джосинга*. Фермионная динамико-симметрическая модель коллективных возбуждений ядер // *Theor. Phys., Suppl.*, №125 p 65.

Ж.Н. Гиошинго, 1980 — *Ж.Н. Гиошинго*. Динамическая симметрия и структура коллективных состояний с фермионного уровня сбоводы // *Ann. Phys.* – Vol. 126. – Pp. 234–252.

М. Грениер, Р. Шильд, Р. Хэрман, 1998 — *М. Грениер, Р. Шильд, Р. Хэрман* // *Phys.Rev.* – Vol. 12. – Pp. 202–212.

#### REFERENCES

Wu Ch.L., Fend D.H., Chen X-G., Chen J.Q., Gnidry M.W., 1987 — *Wu Ch.L., Fend D.H., Chen X-G., Chen J.Q., Gnidry M.W.* Fermion dynamical symmetry model of nuclei: Basis, Hamiltonian, and symmetries // *Phys. Rev. C.* – 1987. – Vol. 36. – Pp. 1157–1180.

Baktybayev K., Koilyk N., Ramankulov K., 2005 — *Baktybayev K., Koilyk N., Ramankulov K.* Fermionic dynamical-symmetric model of collective excitations of nuclei // *Bulletin of KazNU. Physics serie.* – № 2. – Pp. 79–86.

Casten R.F., Cizewski J.A., 1978 — *Casten R.F., Cizewski J.A.* The O(6)-rotor transition in Pt — Os nuclei // *Nucl. Phys.* – Vol. A309. – Pp. 177–184.

Tamura N., Weeks K.I., Kishimova T., 1980 — *Tamura N., Weeks K.I., Kishimova T.* Analysis of nuclear collective motions in terms of the boson extension theory // *Nucl. Phys.* – Vol. A.347. – Pp. 359–387.

Baktybayev K., Dalelkhankyzy A., Koilyk N., Ramankulov K., Baktybayev M.K., 2014 — *Baktybayev K., Dalelkhankyzy A., Koilyk N., Ramankulov K., Baktybayev M.K.* Description of collective states of 102,104,106,108,110Pd isotopes in Nucleon-pair shell model // *Advanced Studies in Theoretical Physics*, (10), P. 475.

N. Joshinaga et.al, 1976 — *N. Joshinaga et.al*, *Progr. Theor. Phys. Suppl.* № 125. P. 65.

Gioncchio J.N., 1980 — *Gioncchio J.N.* Dynamical symmetries and structure of the collective states from the fermion degrees of freedom // *Ann. Phys.* – Vol. 126. – Pp. 234–252.

M. Grenier, R. Schild, R. Herman, 1998 — *M. Grenier, R. Schild, R. Herman* // *Phys.Rev.* – Vol. 12. – Pp. 202–212.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY  
OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227  
Volume 345, Number 1 (2023), 164–179  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.192>

UDC 539.3

© **A. Marasulov**<sup>1\*</sup>, **I.I. Safarov**<sup>2</sup>, **M.Kh. Teshae**<sup>3,4,5</sup>, **G.A. Abdraimova**<sup>6</sup>,  
**A.S. Tolep**<sup>1</sup>, 2023

<sup>1</sup>Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University,  
Turkestan, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Tashkent Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan;

<sup>3</sup>Bukhara engineering-technological institute, Bukhara, Uzbekistan;

<sup>4</sup>Bukhara Branch of Mathematics Institute named after V.I. Romanovskiy of AS  
RUz., Bukhara, Uzbekistan;

<sup>5</sup>Bukhara branch of the Tashkent Institute of Irrigation and Mechanization  
Engineering in Agricultural, Bukhara, Uzbekistan;

<sup>6</sup>Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev,  
Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [abdurakhim.marassulov@ayu.edu.kz](mailto:abdurakhim.marassulov@ayu.edu.kz)

## PROPERTIES OF SURFACE WAVES IN A VISCOELASTIC HOLLOW CYLINDER

**Marasulov A.** — Doctor of Technical Sciences, Faculty of Engineering. Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan, Kazakhstan, 161200

E-mail: [abdurakhim.marassulov@ayu.edu.kz](mailto:abdurakhim.marassulov@ayu.edu.kz). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7127-3987>;

**Safarov I.I.** — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Faculty of Management. Tashkent Institute of Chemical Technology. Tashkent, Uzbekistan. 100011

E-mail: [safarov54@mail.ru](mailto:safarov54@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0983-8451>;

**Teshae M.Kh.** — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Faculty of Cotton Technology. Bukhara Engineering-Technological Institute. Bukhara, Uzbekistan. 200117. Chief Scientific Officer, Bukhara Branch of Mathematics Institute named after V.I. Romanovskiy of AS RUz. Bukhara, Uzbekistan, 105017. Faculty of Agricultural Machinery. Bukhara branch of the Tashkent Institute of Irrigation and Mechanization Engineering in Agricultural. Bukhara, Uzbekistan. 200109

E-mail: [muhsin\\_5@mail.ru](mailto:muhsin_5@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1893-7902>;

**Abdraimova G.A.** — Candidate of Technical Sciences, Institute of Energy and Mechanical Engineering. Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev. Almaty, Kazakhstan, 050060

E-mail: [gulnara409@mail.ru](mailto:gulnara409@mail.ru). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7495-358X>;

**Tolep A.S.** — Candidate of Technical Sciences, Faculty of Engineering. Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University. Turkestan, Kazakhstan. 161200

E-mail: [abdimuhan.tolep@ayu.edu.kz](mailto:abdimuhan.tolep@ayu.edu.kz). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0089-2446>.

**Abstract.** The problems of propagation of natural waves in a viscoelastic hollow cylinder are considered on the basis of the methods of the theory of viscoelasticity

and mathematical physics. The study of the existence of the natural frequency and shape of vibrations depending on geometric parameters is the most interesting problem of stationary dynamics of an elastic body. The main problem is the detection of new types of free waves that propagate in extended bodies with variable cross-sections. And also the study of the dependence of the level of dissipative properties of the system on its parameters is the main content of this work. The aim of the work is to develop a methodology and algorithm, analyze the characteristics of normal damped waves in the low and high frequencies, study the features of the formation of surface waves, and analyze the kinematic characteristics of these waves in a wide frequency range (wave numbers). The dynamic behavior of the cylinder is described by integro-differential equations of the mechanics of deformable bodies. After applying the Filatov freezing method, differential equations with complex coefficients are obtained. The spectral problem is reduced to solving a system of ordinary differential equations of the first order. The solution of a system of ordinary differential equations is expressed by cylindrical Bessel and Hankel functions. The frequency equations are solved numerically by the Muller and Gauss methods. The variation of the natural frequency and phase velocity depending on the wave number has been studied. It is found that volumetric seismic waves undergo a small dispersion. However, the dispersion is significant for surface waves and some other phenomena. Consideration of the rheological properties of the material is accompanied by wave dispersions. The mechanisms by which the energy of elastic waves is converted into heat are not entirely clear. Various loss mechanisms have been proposed, but not one of them fully meets all the requirements. This process is investigated in the present work. It is found that for a hollow cylinder there are two types of low phase velocities that correspond to surface waves.

**Keywords:** natural waves, hollow cylindrical body, stress, spectral problem, natural frequency, phase velocity

© А. Марасулов<sup>1\*</sup>, И.И. Сафаров<sup>2</sup>, М.Х. Тешаев<sup>3,4,5</sup>, Г.А. Абдраимова<sup>6</sup>,  
Ә.С. Төлеп<sup>1</sup>, 2023

<sup>1</sup>Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,  
Түркістан, Қазақстан;

<sup>2</sup>Ташкент химиялық-технологиялық институты, Ташкент, Өзбекстан;

<sup>3</sup>Бұхара инженерлік-технологиялық институты, Бұхара, Өзбекстан;

<sup>4</sup>В.И. Романовский атындағы Математика институтының Бұхара бөлімшесі,  
Бұхара, Өзбекстан;

<sup>5</sup>Ташкент суару және ауыл шаруашылығын механикаландыру институтының  
Бұхара филиалы, Бұхара, Өзбекстан;

<sup>6</sup>Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: abdurakhim.marassulov@ayu.edu.kz

## ТҰТҚЫР-СЕРПІМДІ ҚУЫС ЦИЛИНДРДЕГІ БЕТТІК ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ

**Марасулов А.** — техника ғылымдарының докторы, Инженерия факультеті. Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті. Түркістан, Қазақстан. 161200

E-mail: abdurakhim.marassulov@ayu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7127-3987>;

**Сафаров И.И.** — физика-математика ғылымдарының докторы, Менеджмент факультеті. Ташкент химиялық-технологиялық институты. Ташкент, Өзбекстан, 100011

E-mail: safarov54@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0983-8451>;

**Тешаев М.Х.** — физика-математика ғылымдарының докторы, Мақта технологиясы факультеті. Бұхара инженерлік-технологиялық институты. Бұхара, Өзбекстан, 200117; бас ғылыми қызметкер, В.И. Романовский атындағы математика институтының Бұхара бөлімшесі. Бұхара, Өзбекстан. 105017; Ауылшаруашылық машиналары факультеті, Ташкент суару және ауыл шаруашылығын механикаландыру институтының Бұхара филиалы. Бұхара, Өзбекстан. 200109

E-mail: muhsin\_5@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1893-7902>;

**Абдраимова Г.А.** — техника ғылымдарының кандидаты, Энергетика және машина жасау институты. Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан. 050060

E-mail: gulnara409@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7495-358X>;

**Төлеп Ә.С.** — техника ғылымдарының кандидаты, Инженерия факультеті. Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті. Түркістан, Қазақстан. 161200

E-mail: abdimuhan.tolep@ayu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0089-2446>.

**Аннотация.** Тұтқыр серпімді қуыс цилиндрде меншікті толқындардың таралу мәселелері тұтқыр-серпімділік теориясы мен математикалық физика әдістерінің негізінде қарастырылады. Геометриялық параметрлерге байланысты тербелістердің меншікті жиілігі мен формасының болуын зерттеу серпімді дененің стационарлық динамикасының ең қызықты мәселелерінің бірі болып табылады. Негізгі мәселе - көлденең қималары өзгермелі ұзартылған денелерде таралатын еркін толқындардың жаңа түрлерін анықтау. Сондай-ақ, жүйенің диссипативті қасиеттері деңгейінің оның параметрлеріне тәуелділігін зерттеу бұл жұмыстың негізгі мазмұны болып табылады. Жұмыстың мақсаты — әдістеме мен алгоритмді әзірлеу, төмен және жоғары жиіліктердегі қалыпты өшпелі толқындардың сипаттамаларын талдау, беттік толқындардың пайда болу ерекшеліктерін зерттеу және жиіліктердің (толқын сандарының)

кең диапазонында осы толқындардың кинематикалық сипаттамаларын талдау. Цилиндрдің динамикалық әрекеті деформацияланатын денелер механикасының интегралды-дифференциалдық теңдеулерімен сипатталады. Филатовтың тоқтату әдісін қолданғаннан кейін комплекс коэффициенттері бар дифференциалдық теңдеулер алынады. Спектрлік есеп бірінші ретті қарапайым дифференциалдық теңдеулер жүйесін шешуге келтірілді. Қарапайым дифференциалдық теңдеулер жүйесінің шешімі Бессель мен Ханкельдің цилиндрлік функцияларымен өрнектеледі. Жиілік теңдеулері Муллер және Гаусс сандық әдістерімен шешіледі. Толқын санына байланысты меншікті жиілік пен фазалық жылдамдықтың өзгеруі зерттелді. Дененің сейсмикалық толқындары шамалы дисперсияға ұшырайтыны анықталды. Дегенмен, дисперсия беттік толқындар және кейбір басқа құбылыстар үшін көбірек. Материалдың реологиялық қасиеттерін есепке алу толқындардың дисперсиясымен бірге жүреді. Серпімді толқындар энергиясының жылуға айналу механизмдері толығымен анық емес. Шығындардың әртүрлі механизмдері ұсынылған, бірақ олардың ешқайсысы барлық талаптарға толық жауап бермейді. Бұл процесс осы жұмыста зерттелген. Қуыс цилиндр үшін беттік толқындарға сәйкес келетін төмен фазалық жылдамдықтардың екі түрі бар екені анықталды.

**Түйін сөздер:** меншікті толқындар, қуыс цилиндрлік дене, кернеу, спектрлік есеп, меншікті жиілік, фазалық жылдамдық

© А. Марасулов<sup>1\*</sup>, И.И. Сафаров<sup>2</sup>, М.Х. Тешаев<sup>3,4,5</sup>, Г.А. Абдраимова<sup>6</sup>,  
А.С. Тулеп<sup>1</sup>, 2023

<sup>1</sup>Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан;

<sup>2</sup>Ташкентский химико-технологический институт, Ташкент, Узбекистан;

<sup>3</sup>Бухарский инженерно-технологический институт, Бухара, Узбекистан;

<sup>4</sup>Бухарское отделение института Математики им. В.И. Романовского,  
Бухара, Узбекистан;

<sup>5</sup>Бухарский филиал Ташкентского института ирригации и механизации  
сельского хозяйства, Бухара, Узбекистан;

<sup>6</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан.

E-mail: abdurakhim.marassulov@ayu.edu.kz

## СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН В ВЯЗКО-УПРУГОМ ПОЛОМ ЦИЛИНДРЕ

**Марасулов А.** — доктор технических наук, факультет Инженерии. Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави. Туркестан. Казахстан. 161200

E-mail: abdurakhim.marassulov@ayu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7127-3987>;

**Сафаров И.И.** — доктор физико-математических наук, факультет Менеджмента. Ташкентский химико-технологический институт. Ташкент. Узбекистан, 100011

E-mail: safarov54@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0983-8451>;

**Тешаев М.Х.** — доктор физико-математических наук, факультет Технологии хлопка. Бухарский инженерно-технологический институт. Бухара. Узбекистан. 200117; главный научный сотрудник, Бухарское отделение института Математики им. В.И. Романовского. Бухара. Узбекистан. 105017; факультет Сельско-хозяйственных машин, Бухарский филиал Ташкентского института ирригации и механизации сельского хозяйства. Бухара. Узбекистан. 200109

E-mail: muhsin\_5@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1893-7902>;

**Абдраимова Г.А.** — кандидат технических наук. Институт энергетики и машиностроения. Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева. Алматы. Казахстан. 050060

E-mail: gulnara409@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7495-358X>;

**Тулеп А.С.** — кандидат технических наук, факультет Инженерии. Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави. Туркестан. Казахстан. 161200

E-mail: abdimuhan.tolep@ayu.edu.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0089-2446>.

**Аннотация.** Рассматриваются вопросы распространения собственных волн в вязкоупругом полем цилиндре на основе методов теории вязкоупругости и математической физики. Исследование существования собственной частоты и формы колебаний в зависимости от геометрических параметров представляют наиболее интересную проблему стационарной динамики упругого тела. Основная проблема заключается в обнаружении новых типов свободных волн, которые распространяются в протяженных телах с переменными поперечными сечениями. А также исследование зависимости уровня диссипативных свойств системы от ее параметров составляет основное



содержание работы. Целью работы является разработка методики и алгоритма, анализ характеристик нормальных затухающих волн в области низких и высоких частот, изучение особенностей формирования поверхностных волн, анализ кинематических характеристик этих волн в широком диапазоне частот (волновых чисел). Динамическое поведение цилиндра описывается интегро-дифференциальными уравнениями механики деформируемых тел. После применения метода замораживания Филатова, получаются дифференциальные уравнения с комплексными коэффициентами. Спектральная задача сводится к решению системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка. Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений выражаются цилиндрическими функциями Бесселя и Ханкеля. Частотные уравнения решаются численно методами Мюллера и Гаусса. Исследовано изменение собственной частоты и фазовой скорости в зависимости от волнового числа. Найдено, что объемные сейсмические волны претерпевают малую дисперсию. Однако, дисперсия значительна для поверхностных волн и некоторых других явлений. Учет реологических свойств материала сопровождается дисперсиями волн. Механизмы, посредством которых энергия упругих волн преобразуется в тепло, не совсем ясны. Предложены различные механизмы потерь, но не один из них не отвечает полностью всем требованиям. Этот процесс исследуется в настоящей работе. Обнаружено, что для пологого цилиндра существуют два вида низких фазовых скоростей, которые соответствуют поверхностным волнам.

**Ключевые слова:** собственные волны, полое цилиндрическое тело, напряжение, спектральная задача, собственная частота, фазовая скорость

### **Введение**

Распространение деформируемых волн в длинных телах различной конфигурации исследовано в работах (Rayleigh, 1885/1886; Фарнелл, 1973; Викторов, 1979). В этих работах в основном рассматривается распространение упругих волн в волноводах плоского (или цилиндрического) поперечного сечения. В этих работах приведены результаты, полученные Похгаммером. В 1876 г. были получены трансцендентные уравнения, описывающие фазовые скорости от волнового числа (или дисперсионное уравнение). Распространение упругих волн в стержне кругового сечения рассмотрено в работах Кри. В работах Дж.В. Стретга (в 1885 г.) рассмотрено распространение волн в упругом полупространстве, названная впоследствии его именем.

Дисперсионные характеристики характеризуют волновое движение в протяженных телах, которые описывают распространение свободных волн при любом значении частоты (имеющих нулевые частоты запертия) (Oliver, 1959; Owen, 1964).

Поскольку фазовые скорости распространения волн в слое близки к скорости волны Рэлея, но всегда различны, то в общем случае напряженно-деформированное состояние в слое формируются от поверхностной волна.

(Uberal, 1973; Гринченко, 1981). Максимальные амплитуды напряжений и перемещений возникают на поверхности слоя или полупространстве (Гринченко, 1984; Комиссарова, 1990) и в процесс деформации происходит обмен энергией между поверхностями. Дисперсионное уравнение сплошного упругого цилиндра имеет (существует) только один корень и то с нулевой частотой записания (Гринченко и др., 2000; Комиссарова, 2002). Рэлеевские волны не затухают, т.е., не происходит потеря энергии. Поэтому рэлеевские волны являются бездисперсионными (их фазовая скорость вдоль поверхности не зависит от частоты) и в котором упругая среда однородная и изотропная. Рэлеевские волны являются незатухающими, бездисперсионными (их фазовая скорость вдоль поверхности не зависит от частоты) и существуют во всем диапазоне частот, в котором упругую среду, заполняющую полупространство, можно считать однородной и изотропной (Гринченко, 1986). Дисперсионное уравнение и свойства их корней, описывающие нормальных волн в сплошном цилиндре и полом цилиндре существенно отличаются. В работах (Rosenberg и др., 1977; Thurston, 1978) приведен качественный анализ дисперсионных соотношений.

Дисперсионные характеристики упругих волн в полом цилиндре со свободными поверхностями зависят от физико-механических свойств материала, радиуса кривизны и толщины стенки цилиндра. Влияние этих параметров на поведение собственных волн в полом цилиндре рассмотрено в работах (Гринченко, 1978; Сафаров, 2011). Исследование дисперсионных соотношений для цилиндрических волноводов основано на специальных функциях. Указанное обстоятельство позволяет подойти к более детальному изучению формы колебаний и соответствующих характеристик нормальных волн в полом деформируемом упругом цилиндре.

Целью данной работы является разработка методики и алгоритм анализа характеристик нормальных волн в области низких (или высоких) частот с учетом вязкоупругих свойств полого цилиндра.

### **Методы**

#### *Постановка задачи и методики решения*

Рассматривается распространение свободных (или собственных) волн в вязкоупругом однородном и изотропном полом цилиндре, внутренним и внешним радиусом соответственно  $a$  и  $R$ .

Линейные интегро-дифференциальные уравнения в частных производных, описывающие распространение волн в полом цилиндре, в векторной форме, принимают вид

$$\tilde{\mu} \nabla^2 \bar{u} + (\tilde{\lambda} + \tilde{\mu}) \text{grad} \text{div} \bar{u} = \rho \frac{\partial^2 \bar{u}}{\partial t^2} \quad (1)$$

где

$$\tilde{\lambda} f(t) = \lambda_0 \left[ f(t) - \int_0^t R_\lambda(t-\tau) f(\tau) d\tau \right], \quad \tilde{\mu} f(t) = \mu_0 \left[ f(t) - \int_0^t R_\mu(t-\tau) f(\tau) d\tau \right], \quad (2)$$

$f(t)$  – произвольная функция времени;  $R_\lambda(t-\tau)$  и  $R_\mu(t-\tau)$  – ядра релаксации;  $\lambda_0, \mu_0$  – мгновенные модули упругости;  $u$  – вектор перемещений;  $p$  – плотность среды;  $\kappa$  – порядковой номер слоев;  $\nu_\kappa$  – коэффициент Пуассона, который считаем не релаксирующей величиной [6].

Принимаем интегральные члены в (2) малыми. Тогда функцию  $f(t)$  можно представить в виде  $f(t) = \psi(t) e^{-i\omega_R t}$ , где  $\psi(t)$  – медленно меняющаяся функция времени;  $\omega_R$  – действительная константа. На свободной поверхности полого цилиндра ставится следующие условия:

$$r = a, R: \sigma_{rr} = \sigma_{r\theta} = \sigma_{rz} = 0. \quad (3)$$

Для аналитического решения поставленной задачи применяется процедура замораживания [7], тогда соотношения (2) заменяется приближенными выражениями

$$\begin{aligned} \bar{\lambda} f(t) &= \lambda_0 \left[ 1 - \Gamma_\lambda^c(\omega_R) - i\Gamma_\lambda^s(\omega_R) \right] f(t) \\ \bar{\mu} f(t) &= \mu_0 \left[ 1 - \Gamma_\mu^c(\omega_R) - i\Gamma_\mu^s(\omega_R) \right] f(t), \\ \Gamma_\lambda^c(\omega_R) &= \int_0^\infty R_\lambda(\tau) \cos \omega_R \tau d\tau, \quad \Gamma_\mu^c(\omega_R) = \int_0^\infty R_\mu(\tau) \cos \omega_R \tau d\tau, \\ \Gamma_\lambda^s(\omega_R) &= \int_0^\infty R_\lambda(\tau) \sin \omega_R \tau d\tau, \quad \Gamma_\mu^s(\omega_R) = \int_0^\infty R_\mu(\tau) \sin \omega_R \tau d\tau - \end{aligned}$$

соответственно, косинус- и синус образы Фурье ядра релаксации материала. Для получения численных результатов в качестве ядра вязкоупругого материала примем трехпараметрическое ядро релаксации  $R_k(t) = A_k e^{-\beta_k t} / t^{1-\alpha_k}$ .

В осесимметричной деформации полого вязкоупругого цилиндра вектор смещений  $\vec{u} \{u_r, u_z\}$  представится в виде (Гринченко, 1978);

$$\vec{u} = \vec{U}(r) \exp[i\alpha(z - ct)] \quad (4)$$

где

$$\begin{aligned} \vec{U}(r) &= U_r(r)\vec{i} + U_z(r)\vec{j}, \\ U_r(r) &= (1/\alpha)Q_1(p_1 r) + (\alpha/p_2^2)Q_2(p_2 r), \\ U_z(r) &= i(Q_0(p_1 r) + Q_0(p_2 r)), \end{aligned}$$

$$p_1^2 = \alpha^2 - \gamma_{RI1}^2; \gamma_{RI1} = \frac{\omega_R R}{V_{0D}} + i \frac{\omega_I R}{V_{0D}},$$

$$p_2^2 = \alpha^2 - \gamma_{RI2}^2; \gamma_{RI2} = \frac{\omega_R R}{V_{0s}} + i \frac{\omega_I R}{V_{0s}}, k = \frac{1-2\nu}{2(1-\nu)}.$$

Здесь  $\alpha$  – волновое число;  $\omega$  – круговая частота;  $V_{0D}, V_{0s}$  – скорости волн продольных и поперечных волн соответственно,  $\nu$  – коэффициент Пуассона материала полого вязкоупругого цилиндра;  $R$  – внешний радиус полого цилиндра. Распространение возмущений в полом цилиндре удовлетворяют уравнениям движения Ламе. Решение дифференциальных уравнений удовлетворяет специальным функциям Бесселя и Ханкеля. В этом случае радиальные функции удовлетворяют следующим соотношениям:

$$\frac{dQ_0(p_k r)}{dr} = Q_1(p_k r), Q_0(p_k r) = A_k L_0(p_k r) + M_k L_0(p_k r), (k = 1, 2), \quad (5)$$

где  $A_i, B_i$  – произвольные интегральные постоянные, а функции  $L_0(p_k r), M_0(p_k r)$  принимают следующий вид

$$L_0(pr) = \begin{cases} I_0(pr), & pr > 0; \\ I_0(pr), & pr > 0, \end{cases}$$

$$M_0(pr) = \begin{cases} K_0(pr), & pr > 0; \\ Y_0(pr), & pr > 0. \end{cases}$$

Задача решается в безразмерных переменных.

Выражения (5) функций  $Q_0(p_k r)$  содержит четыре неизвестных интегральных произвольных постоянных  $A_k, B_k$  ( $k=1,2$ ). Подставляя решения (4) в уравнение (1) с учетом (5), после некоторого преобразования получим уравнение Бесселя с нелинейно входящим параметром. Подставляя решения в специальных функциях в граничные условия, получим алгебраические уравнение с комплексными коэффициентами. Таким образом, для цилиндрического тела (для протяженного цилиндрического слоя) решения могут быть записаны через перемещения в следующем виде:

$$u_r = \sum_{n=0}^{\infty} \left[ F_n \frac{dH_n^{(1)}(\alpha r)}{dr} + D_{2n} i \gamma_p H_{n+1}^{(1)}(\beta r) + M_{1n} n H_n^{(1)}(\beta r) / r \right] \begin{pmatrix} \cos n\theta \\ -\sin n\theta \end{pmatrix} e^{i(-\omega t + \gamma_p z)}$$

$$u_\theta = \sum_{n=0}^{\infty} \left[ -F_n n H_n^{(1)}(\alpha r) / r + D_{2n} i \gamma_p H_{n+1}^{(1)}(\beta r) - M_{1n} \frac{dH_n^{(1)}(\beta r)}{dr} \right] \begin{pmatrix} s \sin n\theta \\ \cos n\theta \end{pmatrix} e^{i(-\omega t + \gamma_p z)}, \quad (6)$$

$$u_z = \sum_{n=0}^{\infty} \left[ -F_n i \gamma_p H_{n+1}^{(1)}(\alpha r) - D_{2n} \left[ \frac{dH_{n+1}^{(1)}(\beta r)}{dr} + \frac{n+1}{r} H_{n+1}^{(1)}(\beta r) \right] \right] \begin{pmatrix} \cos n\theta \\ -s \sin n\theta \end{pmatrix} e^{i(-\omega t + \gamma_p z)}.$$

Выражения перемещений (6) содержат в себе три произвольных постоянных  $F_n, D_{2n}, M_{1n}$  и удовлетворяют уравнениям движения (1) при всех значениях  $\omega$ . Для короткого пространственного цилиндра количество произвольных постоянных будет шесть. Если полученные решения через потенциалы выразить через специальные функции Бесселя и Неймана, а также использовать граничные условия, то получим систему однородных алгебраических уравнений с комплексными коэффициентами. Для того существования решения основной определителе должно быть равно нулю. Это условия позволяет определение дисперсионных соотношений. При исследовании процессов распространения затухающих волн в упругих слоисто-однородных средах с плоскопараллельными границами раздела в первую очередь необходимо определить дисперсионные характеристики этих волн. Условия существования нетривиального решения приводит к дисперсионному уравнению, которое определяет фазовую скорость нормальных волн как трансцендентную функцию комплексной частоты и параметров модели цилиндра. Под дисперсионными характеристиками понимаются фазовые и групповые скорости  $C_\phi$  и  $V_{гр}$ , коэффициенты затухания со временем  $\Omega_l$ . Известно, что величины  $V_\phi$  и  $\Omega_l$  связаны со значением корня дисперсионного уравнения

$$\Delta(\omega, \xi) = 0, \tag{7}$$

формулами  $C_\phi = \text{Im}(\xi)$ ,  $V_{гр} = -\text{Re}(\xi)$ , где  $\xi$  – комплексная частота;  $\xi$ -волновое число. Фазовая и групповая скорость связаны со значением корня дисперсионного уравнения некоторыми сложными зависимостями. Таким образом, чтобы иметь возможность вычислять дисперсионные характеристики, необходимо произвести качественное исследование корней уравнения (6) в точках комплексной плоскости, а также разработать метод их численного определения. Более целесообразным является прямое определение комплексных корней методом Мюллера. Для комплексных корней метод Мюллера упрощает вычисления и обеспечивает более быструю сходимость, чем метод Бэрстоу, если корни близки друг другу (Сафаров, 2012). В методе Мюллера применяется квадратичная интерполяция, что приводит к итерации вида:

$$Z^{[j+1]} = Z^{[j]} - (Z^{[j]} - Z^{[j-1]}) \frac{2C_j}{B_{jj}^2 4A_j C_j} \text{sign} B,$$

$$\text{где } A_j = g_i f_i - g_i (1 + g_i)^2 f_{i-1} + g_i f_{i-2};$$

$$B_j = (2g_i + 1) f_j^2 - (1 + g_i)^2 f_{j-1} + g_i f_{j-2};$$

$$C_j = (g_i + 1) f_j; f_j = f(z^{[j]}); g_j = (z^{[j]} - z^{[j-1]}) / (z^{[j-1]} - z^{[j-2]}); j = 0, 1, 2.$$

Для начала решения можно положить  $z^{[0]} = z00$ ;  $z^{[1]} = z01$ ;  $z^{[2]} = z02$ ;  $z00$ ,  $z01$ ,  $z02$  – решения упругих задач. На основании последней модификации

и был построен алгоритм для определения дисперсионных характеристик. Элементы дисперсионного уравнения состоит из специальных функций Ханкеля 1-го и 2-го рода  $n$ -го порядка.

Рассмотрим сначала низкочастотные колебания, для этого перейдем в уравнении (7) к пределам при  $\bar{k}r_1 \rightarrow 0, \bar{m}r_1 \rightarrow 0$  и при  $R_{\lambda k} = 0, R_{\mu k} = 0$ . Получается биквадратное уравнение (Викторов, 1979). В результате получится спектр волны L, который начинается с нулевой частоты. Фазовая скорость  $C_L$  волны L не зависит от скорости продольных волн  $C_{p1}$  в среде. Но фазовая скорость  $C_L$  волны L зависит от плотности  $\rho_1$ , скорости  $C_{s1}$  и реологических свойств материалов деформируемых сред

$$c_L = \frac{c_{s1}\Gamma_s}{\sqrt{\rho_{01} + c_{s0}^2\Gamma_s}}, \quad (8)$$

где  $\rho_{01} = \rho_0 / \rho_1, c_{s0} = c_s / c_0$ ,  $\rho_0$  — плотность жидкости,  $C_0$ -скорость звука в жидкости. Волна L испытывает экспоненциальное затухание, если скорость ее  $C_L$  оказывается выше скорости  $C_{s1}$ . При  $\omega = \omega_R + i\omega_I = 0$  волна L становится затухающей, и выполняется условия  $c_{s1} < c_0\sqrt{1-\rho_{01}}$ . Если учитываются реологические свойства материалов, тогда  $c_{s1} < c_0\sqrt{1-\rho_{01}}/\Gamma_s$ . Самой простой моделью, в которой существуют волна T, является труба, находящаяся в пустоте. Спектр этой волны начинается с нулевой частоты, при которой фазовая скорость  $C_T$  не зависит от толщины стенок, и равна скорости стержневой волны

$$c_T^2 = \left[ \frac{3-4\gamma_1^2}{1-\gamma_1^2} \right] c_{s1}^2\Gamma_s, \quad \gamma_1 = c_{s1} / c_{p1} < 1. \quad (9)$$

Для существования T волны параметр  $\gamma_1$  должен принадлежать в интервале  $\gamma_1 \in (3/4; 1)$ . В общем случае дисперсия гидроволн (для упругих или вязкоупругих механических систем) может быть нормальной или аномальной (Rayleigh, 1985–1986). Соответствующая групповая скорость определяется по формуле (Rayleigh, 1985-1986).

$$C_T = \frac{c_T^2}{c_T - \omega \frac{\partial c_T}{\partial \omega}} \quad (10)$$

*Дисперсионные зависимости нормальных волн вязкоупругого полого однородного цилиндра*

Дисперсионные зависимости в поставленной задаче получаются в аналитическом виде, как дисперсионное уравнение, приведённое в работе (Сафаров, 2012). Решение дисперсионного уравнения получается только

численным методом или применяются методы качественного анализа. Для полого цилиндра у дисперсионного уравнения упругого цилиндра существуют две действительные корни, которые обладают дисперсией в общем случае. При некоторых соотношениях параметров могут существовать скорости волн Рэлея, которые не обладают дисперсией. Учет вязкоупругих свойств материалов усложняет поставленную задачи. Корни дисперсионного уравнения станут комплексными. Свободные волны, в этом случае, задыхаются по времени. Точное решение поставленной задачи, сформулированной на основе дифференциальных уравнений динамической теории вязко—упругости, позволяет исследовать дисперсионные зависимости нормальных затухающих волн численно или методом качественного анализа. Параметры ядра релаксации принято в виде  $A=0,048$ ;  $\beta=0,05$ ;  $\alpha=0,1$ . На рис. 1 изображены реальные части дисперсионных кривых осесимметричных волн для полого вязкоупругого цилиндра при различных значениях внутреннего радиуса цилиндра. Влияние толщинного параметра на дисперсионные свойства первых нормальных осесимметричных волн в полом цилиндре: сплошные — первая волна  $1 - r_1 = 0.3$ ,  $2 - r_1 = 0.8$ ,  $3 - r_1 = 0.9$ ,  $4 - r_1 = 0.95$ ,  $5 - r_1 = 0.99$ .

При вычислении принята  $\nu=0.25$ , и внутренний радиус  $a \in (0.39 \div 0.9)$ . На рис.2 сплошными линиями отмечены реальные части первой дисперсионной кривой. Видно, что с увеличением волнового числа соответствующие дисперсионные кривые увеличиваются с ускоренным темпом.

На рис. 2–3 приведено изменение по радиусу нормированных амплитуд смещений в первой нормальной волне ( $\alpha = 10$ ;  $1. \text{Re}u_r^*$ ;  $2. \text{Im}u_r^*$ ). Видно, что волновое движение в цилиндре концентрируется на поверхности полого вязкоупругого цилиндра. Аналогичные результаты приведены на рис. 4–5.

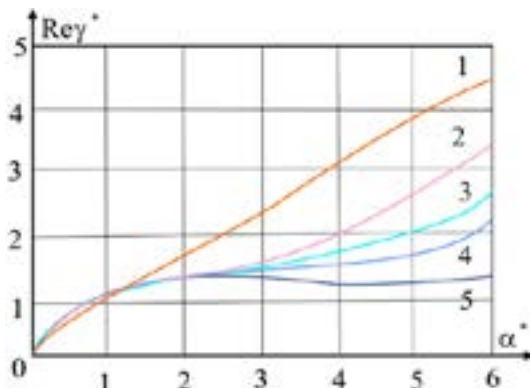


Рис. 1. Влияние толщинного параметра на дисперсионные свойства первых нормальных осесимметричных волн в полом цилиндре: сплошные — первая волна  $1 - r_1 = 0.3$ ,  $2 - r_1 = 0.8$ ,  $3 - r_1 = 0.9$ ,  $4 - r_1 = 0.95$ ,  $5 - r_1 = 0.99$

(Fig.1. Influence of the thickness parameter on the dispersion properties of the first normal axisymmetric waves in a hollow cylinder: solid lines - the first wave  $1 - r_1 = 0.3$ ,  $2 - r_1 = 0.8$ ,  $3 - r_1 = 0.9$ ,  $4 - r_1 = 0.95$ ,  $5 - r_1 = 0.99$ )

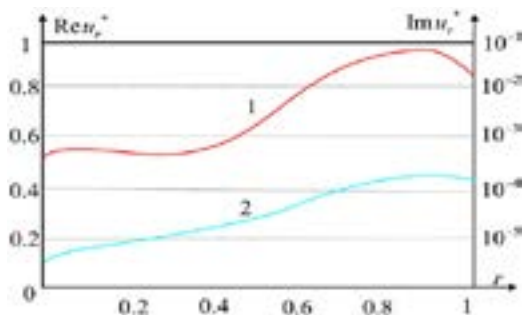


Рис. 2. Распределение по радиусу нормированных комплексных амплитуд смещений в первой нормальной волне ( $\alpha = 10$ ): 1.  $\text{Re}u_r^*$ ; 2.  $\text{Im}u_r^*$   
 (Fig. 2. Radius distribution of normalized complex displacement amplitudes in the first normal wave ( $\alpha = 10$ ): 1.  $\text{Re}u_r^*$ ; 2.  $\text{Im}u_r^*$ )

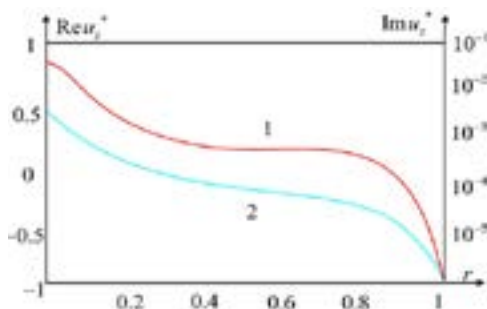


Рис. 3. Распределение по радиусу нормированных комплексных амплитуд смещений в первой нормальной волне ( $\alpha = 10$ ): 1.  $\text{Re}u_r^*$ ; 2.  $\text{Im}u_r^*$   
 (Fig. 3. Radius distribution of normalized complex displacement amplitudes in the first normal wave ( $\alpha = 10$ ): 1.  $\text{Re}u_r^*$ ; 2.  $\text{Im}u_r^*$ )

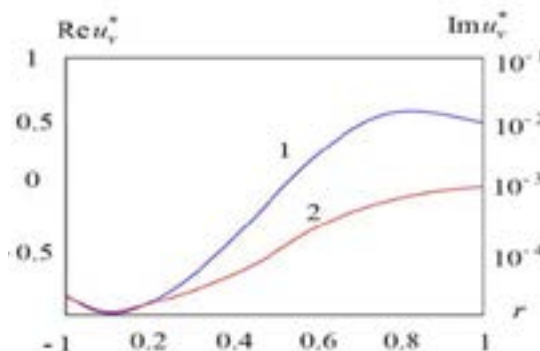


Рис. 4. Распределение по радиусу нормированных амплитуд смещений во второй нормальной волне ( $\alpha = 10$ ): 1.  $\text{Re}u_r^*$ ; 2.  $\text{Im}u_r^*$   
 (Fig. 4. Radius distribution of normalized displacement amplitudes in the second normal wave ( $\alpha = 10$ ): 1.  $\text{Re}u_r^*$ ; 2.  $\text{Im}u_r^*$ )



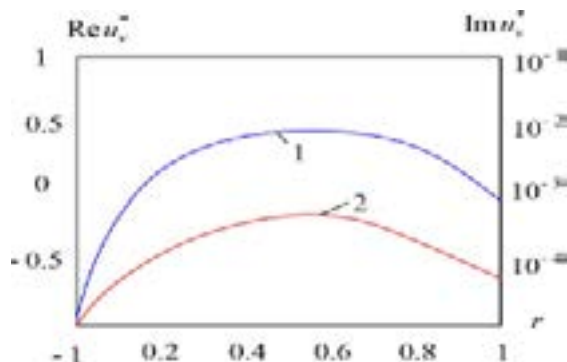


Рис. 5. Распределение по радиусу нормированных амплитуд смещений во второй нормальной

волне ( $\alpha=10$ ): 1.  $\text{Re}u_r^*$ ; 2.  $\text{Im}u_r^*$

(Fig. 5. Radius distribution of normalized displacement amplitudes in the second normal wave ( $\alpha=$

10): 1.  $\text{Re}u_r^*$ ; 2.  $\text{Im}u_r^*$ )

Для  $0 < \alpha < 1$  величинах волнового числа первые дисперсионные кривые при различных  $r_1$  практически одинаковы. Соответствующая фазовая скорость удовлетворяет следующие выражения

$$\text{Re} \frac{c_R}{c_s} = \Psi \sqrt{2(1+\nu)} \approx 1.5731,$$

где  $\Psi$  — параметр, который характеризует вязкие свойства материалов цилиндра. Если  $\alpha > 1$ , тогда с увеличением волнового числа реальная и мнимая части низшей моды фазовой скорости существенно уменьшаются с увеличением  $r_1$ . С уменьшением толщины полого цилиндра реальные и мнимые части первой и второй мод отклоняются друг от друга и плавно уменьшается первая мода фазовой скорости, а вторая мода — умеренно снижается. Когда  $\alpha=0.97$ , полый цилиндр рассматривается как цилиндрическая оболочка. Дисперсионные кривые при  $1.8 < \alpha < 3.0$  практически не изменяются, т.е. становятся горизонтальными по оси абсцисс. При дальнейшем увеличении волнового числа  $\alpha > 3.0$  реальные и мнимые части фазовой скорости первой и второй мод, сначала возрастут и приближаются к скорости волны Рэлея (Сафаров и др., 2012, Сафаров и др., 2011).

### Закключение

Исследованы свойства поверхностных волн в вязко-упругом полом цилиндре. Найдено, что в полом вязко-упругом цилиндре существуют две комплексные нормальные волны, реальные части которых в предельном случае приближаются к скорости волн Рэлея.

Установлено, что поверхностные волны в полом вязко-упругом цилиндре локализируются на внешней и внутренней свободной поверхностях цилиндра.

## Литература

Rayleigh J.W. — *Rayleigh J.W.* On waves propagated along the plane surface of an elastic solid // Proc. Lond. Math. Soc. — 1885/1886. — 17. № 253. — Pp. 4–11.

Фарнелл Дж. Свойства упругих поверхностных волн // Физ. акустика: Принципы и методы (пер. с англ.). — 1973. — 6. — С. 137–202.

Викторов И.А. — *Викторов И.А.* Типы звуковых поверхностных волн в твердых телах // Акуст. ж. — 1979. — 25. № 1. — С. 1–17.

Oliver J. — *Oliver J.* A summary of observed seismic surface wave dispersion // Bull. Seism. Soc. Amer. — 1959. — 52. № 1. — Pp. 81–90.

Owen T.E. — *Owen T.E.* Surface wave phenomena in ultrasonics // Progr. Appl. Matter. Resch. — 1964. — 6. — Pp. 69–87.

Uberal H. — *Uberal H.* Surface waves in acoustics // Phys. acoustics: Principles and methods. — 10. — 1973. — Pp. 1–60.

Гринченко В.Т., Мелешко В.В. — *Гринченко В.Т., Мелешко В.В.* Гармонические колебания и волны в упругих телах. — К.: Наук. думка, 1981. — 283 с.

Гринченко В.Т., Комиссарова Г.Л. — *Гринченко В.Т., Комиссарова Г.Л.* Распространение волн в полой упругой цилиндрической оболочке с жидкостью // Прикл. мех. — 1984. — 20. № 8. — С. 25–29.

Комиссарова Г.Л. — *Комиссарова Г.Л.* К решению задачи о распространении волн в цилиндре с жидкостью // Прикл. мех. — 1990. — 26. № 8. — С. 25–29.

Гринченко В.Т., Комиссарова Г.Л. — *Гринченко В.Т., Комиссарова Г.Л.* Свойства нормальных волн в упруго-жидкостных цилиндрических волноводах // Акуст. вѣстн. — 2000. — 3. № 3. — С. 44–55.

Комиссарова Г.Л. — *Комиссарова Г.Л.* Распространение нормальных волн в заполненных жидкостью тонкостенных цилиндрах // Прикл. мех. — 2002. — 38. № 1. — С. 124–134.

Гринченко В.Т., Комиссарова Г.Л. — *Гринченко В.Т., Комиссарова Г.Л.* Особенности динамического деформирования полого цилиндра // Прикл. мех. — 1986. — 22. № 5. — С. 3–8.

Rosenberg R.L., Thurston R.N. — *Rosenberg R.L., Thurston R.N.* Relationship between plate and surface modes of a tube // J. Acoust. Soc. Amer. — 1977. — 61. № 6. — Pp. 1499–1502.

Thurston R.N. — *Thurston R.N.* Elastic waves in rod and clad rods // J. Acoust. Soc. Amer. — 1978. — 64. № 1. — Pp. 1–37.

Гринченко В.Т. — *Гринченко В.Т.* Равновесие и установившиеся колебания упругих тел конечных размеров. — К.: Наук. думка, 1978. — 264 с.

Сафаров И.И., Тешаев М.Х., Болтаев З.И. — *Сафаров И.И., Тешаев М.Х., Болтаев З.И.* Волновые процессы в механическом волноводе. Основы, концепции, методы. Германия, LAP, Lambert Academic Publishing. 2012–220 p.

Сафаров И.И., Болтаев З.И. — *Сафаров И.И., Болтаев З.И.* Распространение гармонических волн в пластинке переменной толщины. Известия высших учебных заведений Поволжский регион. «Физико-математические науки». 2011. № 4 (20). С. 24–345.

## REFERENCES

Rayleigh J.W., 1885/1886 — *Rayleigh J.W.* On waves propagated along the plane surface of an elastic solid // Proc. Lond. Math. Soc. — 1885/1886. — 17. № 253. — Pp. 4–11.

Farnell Dzh., 1973 — *Farnell Dzh.* Properties of elastic surface waves // Fiz. Acoustics: Principles and Methods (translated from English). — 1973. — 6. — Pp. 137–202.

Viktorov I.A., 1979 — *Viktorov I.A.* Types of sound surface waves in solids // Acoustic journal. — 1979. — 25. № 1. — Pp. 1–17.

Oliver J., 1959 — *Oliver J.* A summary of observed seismic surface wave dispersion // Bull. Seism. Soc. Amer. — 1959. — 52. № 1. — Pp. 81–90.

Owen T.E., 1964 — *Owen T.E.* Surface wave phenomena in ultrasonics // Progr. Appl. Matter. Resch. — 1964. — 6. — Pp. 69–87.

Uberal H., 1973 — *Uberal H.* Surface waves in acoustics // Phys. acoustics: Principles and methods. — 10. — 1973. — Pp. 1–60.

Grinchenko V.T., Meleshko V.V., 1981 — *Grinchenko V.T., Meleshko V.V.* Harmonic oscillations and waves in elastic bodies. — Kyiv: Nauk. Dumka, 1981. — 283 p.

Grinchenko V.T., Komissarova G.L., 1984 — *Grinchenko V.T., Komissarova G.L.* Propagation of waves in a hollow elastic cylinder with liquid // *Applied Mechanics*. — 1984. — 20. № 8. — Pp. 25–29.

Komissarova G.L., 1990 — *Komissarova G.L.* To the solution of the problem of wave propagation in a cylinder with liquid // *Applied Mechanics*. — 1990. — 26. № 8. — Pp. 25–29.

Grinchenko V.T., Komissarova G.L., 2000 — *Grinchenko V.T., Komissarova G.L.* Properties of normal waves in elastic-fluid cylindrical waveguides // *Acoustic Bulletin*. — 2000. — 3. № 3. — Pp. 44–55.

Komissarova G.L., 2002 — *Komissarova G.L.* Distribution of normal waves in liquid-filled thin-walled cylinders // *Applied Mechanics*. — 2002. — 38. № 1. — Pp. 124–134.

Grinchenko V.T., Komissarova G.L., 1986 — *Grinchenko V.T., Komissarova G.L.* Peculiarities of dynamic deformation of a hollow cylinder // *Applied Mechanics*. — 1986. — 22. № 5. — Pp. 3–8.

Rosenberg R.L., Thurston R.N., 1977 — *Rosenberg R.L., Thurston R.N.* Relationship between plate and surface modes of a tube // *J. Acoust. Soc. Amer.* — 1977. — 61. № 6. — Pp. 1499–1502.

Thurston R.N., 1978 — *Thurston R.N.* Elastic waves in rod and clad rods // *J. Acoust. Soc. Amer.* — 1978. — 64. № 1. — Pp. 1–37.

Grinchenko V.T., 1978 — *Grinchenko V.T.* Equilibrium and steady oscillations of elastic bodies of finite sizes. — Kyiv: Nauk, Dumka, 1978. — 264 p.

Safarov I.I., Teshayev M.Kh., Boltayev Z.I., 2012 — *Safarov I.I., Teshayev M.Kh., Boltayev Z.I.* Wave processes in a mechanical waveguide. Fundamentals, concepts, methods. Germany. LAP. Lambert Academic Publishing. 2012. — 220 p.

Safarov I.I., Boltayev Z.I., 2011 — *Safarov I.I., Boltayev Z.I.* Propagation of harmonic waves in a plate of variable thickness. News of higher educational institutions Volga region. “Physical and mathematical sciences”. 2011. № 4(20). Pp. 24–345.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227  
Volume 345, Number 1 (2023), 180–191  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.193>

UDC 52.77

© A.Zh. Omar<sup>1</sup>, A.B. Manapbayeva<sup>1</sup>, M.T. Kyzgarina<sup>1\*</sup>, T. Komesh<sup>1,2</sup>,  
N.Sh. Alimgazina<sup>1</sup>, 2023

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

<sup>2</sup>Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: meir83physics@gmail.com

## STUDIES OF REGIONS IN THE AQUILA MOLECULAR CLOUD BY THE METHOD OF CO SELECTIVE DISSOCIATION

**Omar Aruzhan Zheniskhankyzy** — Senior Researcher. Scientific Research Institute of Experimental and Theoretical Physics. Al-Farabi Kazakh National University. 050040. Almaty, Kazakhstan  
E-mail: omaruzhan@gmail.com. ORCID: 0000-0002-5604-3742;

**Manapbayeva Arailym Bekbolatkyzy** — Senior Researcher. Scientific Research Institute of Experimental and Theoretical Physics. Al-Farabi Kazakh National University. 050040. Almaty, Kazakhstan

E-mail: manapbayeva.arailym@gmail.com. ORCID: 0000-0002-0322-1509;

**Kyzgarina Meiramgul Tuleubekovna** — PhD. Senior lecturer. Al-Farabi Kazakh National University. 050040. Almaty, Kazakhstan

E-mail: meir83physics@gmail.com. ORCID:0000-0002-4103-7657;

**Komesh Toktarkhan** — PhD. Principal investigator of the research team. Energetic Cosmos Laboratory. Nazarbayev University. Senior Researcher. Scientific Research Institute of Experimental and Theoretical Physics. Al-Farabi Kazakh National University. 010000. Nur-Sultan, Kazakhstan  
E-mail: toktarkhan.komesh@nu.edu.kz. ORCID: 0000-0002-3415-4636;

**Alimgazina Nazgul Shakarimovna** — Candidate of physical and mathematical sciences. Senior Lecturer. Al-Farabi Kazakh National University. 050040. Almaty, Kazakhstan

E-mail: nazgul.alimgazina@kaznu.kz. ORCID: 0000-0002-4596-1855.

**Abstract.** In this paper, the role of selective dissociation in starformation process in Aquila was studied. We compared physical parameters of protostellar and prestellar cores and selected regions with CO isotope distribution in photodissociation regions. The relationship between the evolutionary age of star-forming regions and selective dissociation has been explained. To study starformation processes in Aquila, we observed and analyzed the  $^{12}\text{CO}$ ,  $^{13}\text{CO}$  and  $\text{C}^{18}\text{O}$  ( $J=1-0$ ) emission lines. There were identified regions with the highest  $\text{C}^{18}\text{O}$  column densities on the integrated  $\text{C}^{18}\text{O}$  intensity map. These regions correspond to protostellar-prestellar cores according to the Herschel Gould Belt catalog. On the velocity map it was determined that velocity of the selected eight regions is found in the range from 5 km/s to 9 km/s. A large radiation flux in W40 occurs within 4–5 km/s, it can be as a result of heating from ionized hydrogen HII. It is shown that self-absorption affects the spectrum of  $^{13}\text{CO}$ . From the channel map, it was revealed that the velocities of

$^{12}\text{CO}$  are distributed within 4–5 km/s, corresponding to the range of low velocities.  $\text{C}^{18}\text{O}$  ( $J=1-0$ ) molecules are distributed in the range of 6–8 km/s, and  $^{13}\text{CO}$  – in all velocity ranges of 4–9 km/s. About 300 prestellar cores have been found in Aquila molecular complex, of which approximately 200 have a temperature in the range of 0.5–1.5 K.

**Keywords:** molecular cloud, Aquila, starformation, selective dissociation

© А.Ж. Омар<sup>1</sup>, А.Б. Манапбаева<sup>1</sup>, М.Т. Кызгарина<sup>1\*</sup>, Т. Көмеш<sup>1,2</sup>,  
Н.Ш. Алимгазинова<sup>1</sup>, 2023

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

<sup>2</sup>Назарбаев Университеті, Астана қаласы, Қазақстан.

E-mail: meir83physics@gmail.com

## **AQUILA МОЛЕКУЛАЛЫҚ БҰЛТЫНЫҢ АЙМАҚТАРЫН СО ТАҢДАМАЛЫ ДИССОЦИАЦИЯСЫ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ**

**Омар Аружан Женисханқызы** — Аға ғылыми қызметкер. Эксперименттік және теориялық физика ҒЗИ. Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті. 050040. Алматы, Қазақстан  
E-mail: omaruzhan@gmail.com. ORCID: 0000-0002-5604-3742;

**Манапбаева Арайлым Бекболатқызы** — Аға ғылыми қызметкер. Эксперименттік және теориялық физика ҒЗИ. Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті. 050040. Алматы, Қазақстан

E-mail: manapbayeva.arailym@gmail.com. ORCID: 0000-0002-0322-1509;

**Кызгарина Мейрамгүл Төлеубекқызы** — PhD. Аға оқытушы. Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті. 050040. Алматы, Қазақстан

E-mail: meir83physics@gmail.com. ORCID:0000-0002-4103-7657;

**Көмеш Тоқтархан** — PhD. Жобалық топтың бас зерттеушісі. Энергетикалық ғарыш зертханасы. Назарбаев Университеті. Аға ғылыми қызметкер. Эксперименттік және теориялық физика ҒЗИ. Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті. 010000. Астана, Қазақстан  
E-mail: toktarkhan.komesh@nu.edu.kz. ORCID: 0000-0002-3415-4636;

**Алимгазинова Назгүл Шакаримовна** — Физика және математика ғылымдарының кандидаты. Аға оқытушы. Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті. 050040. Алматы, Қазақстан  
E-mail: nazgul.alimgazinova@kaznu.kz. ORCID: 0000-0002-4596-1855.

**Аннотация.** Бұл мақалада жұлдыз түзілу процесіндегі таңдамалы диссоциацияның рөлі жан-жақты зерттелінді. Зерттеу прото жұлдыз бен жұлдызға дейінгі ядролардың, сонымен бірге таңдалынған аймақтардың физикалық параметрлерін фото диссоциация аймағындағы СО изотопының таралуымен салыстыру арқылы жүргізілді. Жұлдыз түзілетін аймақтардың эволюциялық жасы мен таңдамалы диссоциация арасында қаншалықты байланыс бар екені түсіндірілді. Aquila молекулалық аймағында өтіп жатқан жұлдыз түзілу процесін зерттеу үшін  $^{12}\text{CO}$ ,  $^{13}\text{CO}$  және  $\text{C}^{18}\text{O}$  ( $J=1-0$ ) эмиссия сызықтары бақыланып, талдау жүргізілді.  $\text{C}^{18}\text{O}$  интегралданған интенсивтілік картасынан  $\text{C}^{18}\text{O}$  баған тығыздығы жоғары аймақтардың орындары белгіленді. Бұл аймақтар Herschel Gould Belt зерттеу мұрағатынан алынған протожұлдыздар мен жұлдызға дейінгі ядролардың орындарымен

сәйкес келетіні анықталды.  $C^{18}O$  молекуласының жылдамдықтарының таралу картасынан белгіленген сегіз аймақтың жылдамдығы 5–9 км/с аралығында анықталды. Ядроның күшейтілген эмиссиясы W40 айналасында 4–5 км/с аралығында көрсетіліп, бұл Н II аймағының қызу нәтижесі болу мүмкіндігі болжанды. W40 аймағындағы  $^{13}CO$  спектрлеріне өз абсорбция әсер ететіні көрсетілді. Каналдар картасынан  $^{12}CO$  молекулалары 4–5 км/с аралығында аз жылдамдықпен таралатыны көрсетілді.  $C^{18}O$  молекулалары 6–8 км/с аралығында орташа жылдамдықпен, ал  $^{13}CO$  молекулалары 4–9 км/с аралығында, яғни барлық жылдамдық аралығында кеңінен таралатыны анықталды. Aquila молекулалық кешенінен шамамен 300-ге жуық жұлдызға дейінгі ядролар табылса, оның ішінде 220 жұлдызға дейінгі ядролар 0,5–1,5 K температураға ие болатыны байқалды.

**Түйін сөздер:** молекулалық бұлт, Aquila, жұлдыз түзілу, таңдамалы диссоциация

© А.Ж. Омар<sup>1</sup>, А.Б. Манапбаева<sup>1</sup>, М.Т. Кызгарина<sup>1\*</sup>, Т. Комеш<sup>1,2</sup>,  
Н.Ш. Алимгазинова<sup>1</sup>, 2023

<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Назарбаев Университет, Астана, Казахстан.

E-mail: meir83physics@gmail.com

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКОЙ С СЕЛЕКТИВНОЙ ДИССОЦИАЦИИ ОБЛАСТЕЙ МОЛЕКУЛЯРНОГО ОБЛАКА AQUILA

**Омар Аружан Женисханкызы** — старший научный сотрудник. Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики. Казахский национальный университет им. аль-Фараби. 050040. Алматы, Казахстан

E-mail: omaruzhan@gmail.com. ORCID: 0000-0002-5604-3742;

**Манапбаева Арайлым Бекболаткызы** — старший научный сотрудник. Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики. Казахский национальный университет им. аль-Фараби. 050040. Алматы, Казахстан

E-mail: manapbayeva.arailym@gmail.com. ORCID: 0000-0002-0322-1509;

**Кызгарина Мейрамгуль Тулеубековна** — PhD. Старший преподаватель. Казахский национальный университет им. аль-Фараби. 050040. Алматы, Казахстан

E-mail: meir83physics@gmail.com. ORCID:0000-0002-4103-7657;

**Комеш Токтархан** — PhD. Главный исследователь проектной группы. Лаборатория энергетического космоса. Назарбаев Университет. Старший научный сотрудник. Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики. Казахский национальный университет им. аль-Фараби. 010000. Астана, Казахстан

E-mail: toktarkhan.komesh@nu.edu.kz. ORCID: 0000-0002-3415-4636;

**Алимгазинова Назгуль Шакаримовна** — кандидат физико-математических наук. Старший преподаватель. Казахский национальный университет им. аль-Фараби. 050040. Алматы, Казахстан

E-mail: nazgul.alimgazinova@kaznu.kz. ORCID: 0000-0002-4596-1855.

**Аннотация.** В данной работе исследуется роль селективной диссоциации в процессе звездообразования в молекулярном облаке Aquila. Исследование

проведено путем сравнения физических параметров протозвездных и дозвездных ядер, а также выбранных областей с распределением изотопов CO в области фотодиссоциации. Объяснена связь между эволюционным возрастом областей звездообразования и селективной диссоциацией.

Чтобы изучить процесс звездообразования, происходящий в молекулярном облаке Aquila, мы наблюдали эмиссионные линии  $^{12}\text{CO}$ ,  $^{13}\text{CO}$  и  $\text{C}^{18}\text{O}$  ( $J=1-0$ ) и провели анализ данных. Из карты интегральной интенсивности  $\text{C}^{18}\text{O}$  были выделены места с очень высокой плотностью столбцов  $\text{C}^{18}\text{O}$ . В данных местах обнаружены протозвездные и дозвездные ядра по каталогу Herschel Gould Belt. Из карты распределения скоростей определено, что скорость выделенных восьми регионов находится в интервале от 5 км/с до 9 км/с. Большой поток излучения с в регионе W40 происходит в пределах 4–5 км/с, это может быть результатом разогрева ионизированного водорода III. Показано, что на спектр молекулы  $^{13}\text{CO}$  влияет эффект самопоглощения. Из карты каналов выявлено, что скорости молекул  $^{12}\text{CO}$  распределены в пределах 4–5 км/с, соответствующих диапазону малых скоростей. Молекулы  $\text{C}^{18}\text{O}$  ( $J=1-0$ ) распределены в диапазоне 6–8 км/с, а  $^{13}\text{CO}$  во всех пределах скоростей 4–9 км/с. Было найдено около 300 дозвездных ядер в молекулярном комплексе Aquila, из них приблизительно 200 имеют температуру в пределах 0,5–1,5 К.

**Ключевые слова:** молекулярное облако, Aquila, звездообразование, селективная диссоциация

### **Кіріспе**

Aquila рифті — Құс жолы галактикалық жазығының орталық аймағындағы Үлкен Рифтті құрайтын ғарыштық тозаңның күңгірт жолағының бір бөлігі. Aquila молекулалық бұлтты кешенінде жұлдыз түзілудің белгілі орыны бар, атап айтатын болсақ: Оңтүстік Serpens (Bontemps, 2010) және W40 Н II аймағы (Smith, 1985). Бұл екі аймақ – жұлдыз түзілуді зерттеулердегі өзекті бағыттардың бірі. Spitzer бақылаулары W40 пен Оңтүстік Serpens кіріктірілген кластері аспанда бір-біріне жақын орналасқанын көрсетеді, тіпті Оңтүстік Serpens жайылып жатқан W40 аймағының бір бөлігі болып көрінетіндей болады (Gutermuth, 2008). Негізгі Serpens пен W40-қа дейінгі қашықтық соңғы уақыттағы өлшеулерге сәйкес 436 пк және Оңтүстік Serpens-ке дейін де дәл осындай қашықтық екені болжанды (Ortiz-León, 2017), себебі бұл екі радиотолқын көздері өзара кинематикалық түрде байланысқан. W40 алып молекулалық бұлттының массасы бағаланды  $\sim 1,4 \cdot 10^5 \text{ M}_\odot$  және қашықтығы анықталды  $\sim 474 \text{ пк}$  (Su Y., 2020). Кейіннен Aquila молекулалық бұлт кешеніндегі 70-тен 500 мкм-ге дейінгі SPIRE және PACS фотометриялық камералары арқылы түсірілген HGB зерттеулері алынды (Könyves, 2015). Жұлдызсыз тығыз ядролардың толық үлгісі мен Aquila молекулалық бұлтты кешеніндегі кіріктірілген (Class 0–I) протожұлдыздар мульти-масштабты, мульти-толқын ұзындықты көздерді бөліп алу алгоритмдерін қолданып анықталды (Манапбаева, 2021). Бұл зерттеулерде қоршаған материалдың

қызуын сипаттау үшін және ядроның эволюциялық жасының индикаторы ретінде 70 мкм және 250 мкм мәліметтері қолданылды (Komesh, 2020).

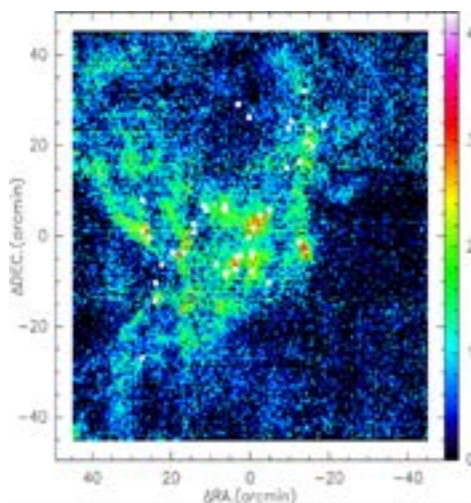
Бұл жұмыста фото-диссоциация аймақтары деп аталатын аймақтар және таңдамалы диссоциация қандай да бір рөл ойнайды деп күтілетін аймақтар кездеседі. Біз жұлдыз түзілу процесіндегі таңдамалы диссоциацияның рөлін протожұлдыз бен жұлдызға дейінгі ядролардың, ерекшеленген аймақтардың физикалық параметрлерін фото диссоциация аймағындағы CO изотопының таралуымен салыстыру арқылы зерттейміз.

### Материалдар мен әдістер.

#### Мұрағат деректері

Делинга қаласындағы Purple Mountain Обсерваториясының 13,7 м миллиметр толқындық телескопы арқылы бақыланған  $^{12}\text{CO}$  (1-0),  $^{13}\text{CO}$  (1-0) және  $\text{C}^{18}\text{O}$  (1-0) мәліметтері Millimeter Wave Radio Astronomy дерекқорынан алынды. Бақылау кезіндегі объектінің орталық координатасы  $18^{\text{h}}30^{\text{m}}03^{\text{s}} - 2^{\circ}02'40''$ (J2000) болды.

Бақыланатын жүйе үшін жартылай қуат деңгейіндегі сәуленің ені  $\sim 50''$ , жылдамдықтың ажырату қабілеті – 0,17 км/с және жүйенің температурасы 180–320 К аралығында болды.  $^{12}\text{CO}$  (1-0),  $^{13}\text{CO}$  (1-0) және  $\text{C}^{18}\text{O}$  (1-0) мәліметтері барлығына бірдей,  $60''$  болатын кеңістіктік ажырату қабілетіне дейін теңгерілді және ұшықтың өлшемі –  $30''$ .  $^{12}\text{CO}$ ,  $^{13}\text{CO}$  және  $\text{C}^{18}\text{O}$  мәліметтердің  $1\sigma$  шу деңгейлері сәйкесінше 0,5; 0,35 және 0,35 К болды. Aquila кешені үшін қашықтықты 436 пк екенін ескерсек, картаның кеңістіктік масштабы 0,124 пк/arcmin болады. Инфрақызыл 70 мкм және 250 мкм кескіндері Herschel Gould Belt зерттеу мұрағатынан алынды, [www.herschel.fr](http://www.herschel.fr).



Сур. 1.  $\text{C}^{18}\text{O}$  (1-0) интегралданған интенсивтілік картасы. Herschel Gould Belt зерттеу мұрағатынан алынған протожұлдыздардың орындары ақ нүктелермен көрсетілген.  
(Fig. 1. Integrated intensity map of  $\text{C}^{18}\text{O}$  (1-0). White dots show locations of protostars from the Herschel Gould Belt Survey Archive Data)



### Нәтижелер мен талқылаулар

$C^{18}O(1-0)$  эмиссия сызығы

1-суретте  $C^{18}O(1-0)$  интегралданған интензивтілік картасы келтірілді. Бұл картада интегралданған интензивтіліктің концентрациясы тығыздық бірнеше аймақтар көрсетілген, оның ішінде W40 Н II аймағы мен Оңтүстік Serpens те бар.  $C^{18}O(1-0)$  эмиссиясы жоғары аймақтар молекулалық газдың тығыздығы жоғары болатынын көрсетеді. Интегралданған интензивтіліктің концентрациясы тығыздық аймақтар Herschel Gould Belt зерттеу мұрағатынан белгіленіп алынды.

*Баған тығыздықтары мен химиялық элементтердің таралу қатынастары*

$^{12}CO(1-0)$  сызығының оптикалық қалың екенін ескеріп,  $T_{ex}$  қозу температурасы  $^{12}CO(1-0)$  жарқырау температурасының максимумынан келесі теңдеу арқылы бағаланды (Pineda, 2010), (Kong, 2015), (Lin, 2016):

$$T_{ex} = \frac{h\nu_{12CO}}{k} \left[ \ln \left( 1 + \frac{\frac{h\nu_{12CO}}{k}}{T_{mb,12CO} + J_\nu(T_{bg})} \right) \right]^{-1} K =$$

$$= 5,53 \left[ \ln \left( 1 + \frac{5,53}{T_{mb,12CO} + 0,818} \right) \right]^{-1} K, \quad (1)$$

мұндағы  $T_{mb,12CO}$  –  $^{12}CO(1-0)$  максимум интензивтілігі, өлшем бірлігі Кельвин.  $J_\nu(T) = \frac{h\nu/k}{\exp(\frac{h\nu}{kT}) - 1}$  – эффективті сәуле шығару температурасы (Ulich, 1976), (Anders, 1989),  $T_{bg} = 2,7 K$  – ғарыштық микротолқындық

фонның сәуле шығару температурасы. Барлық бақыланған аймақтағы қозу температурасы 3,6-дан 23,6 К-ге дейінгі аралықта бағаланды, бірақ бұл мәндер  $^{12}CO$  эмиссиясына өз-абсорбция әсер ететін жерлерде төмен бағаланды.  $^{13}CO$  мен  $C^{18}O$  сызықтарының қозу температуралары оптикалық қалың  $^{12}CO$  сызығындағыдай бірдей мәнге ие болады деген болжам жасадық. Бұлт локальды термодинамикалық тепе-теңдікте болатындықтан  $^{13}CO$  мен  $C^{18}O$  оптикалық тереңдігі мен баған тығыздықтары төмендегідей теңдеулер арқылы бағаланды (André, 2010), (Komesh, 2019),

$$\tau(C^{18}O) = -\ln \left[ 1 - \frac{T_{mb,C^{18}O}}{5,27[J_1(T_{ex}) - 0,166]} \right], \quad (2)$$

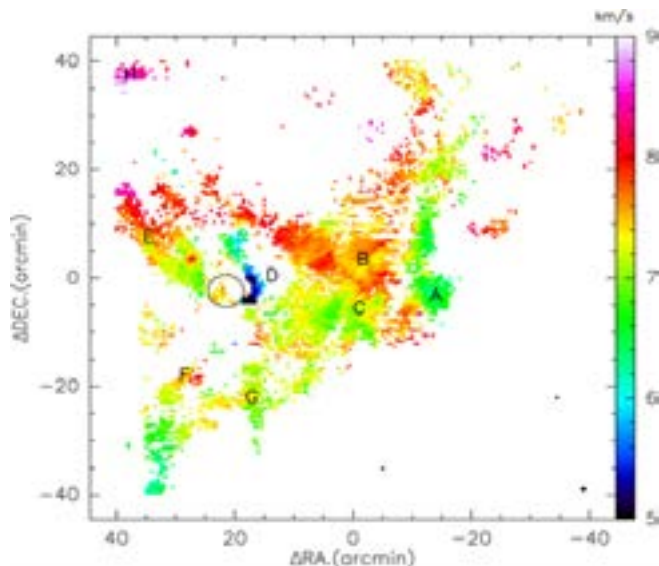
$$\tau(^{13}CO) = -\ln \left[ 1 - \frac{T_{mb,^{13}CO}}{5,29[J_2(T_{ex}) - 0,164]} \right], \quad (3)$$

және

$$N(C^{18}O) = 2,42 \times 10^{14} \frac{\tau(C^{18}O)\Delta\nu(C^{18}O)T_{ex}}{1 - \exp(-\frac{5,27}{T_{ex}})} \quad (4)$$

$$N(^{13}CO) = 2,42 \times 10^{14} \frac{\tau(^{13}CO)\Delta\nu(^{13}CO)T_{ex}}{1 - \exp(-\frac{5,29}{T_{ex}})} \quad (5)$$

мұндағы  $J_1(T_{ex}) = \frac{1}{[\exp(-\frac{5.27}{T_{ex}})-1]}$ ,  $J_2(T_{ex}) = \frac{1}{[\exp(-\frac{5.29}{T_{ex}})-1]}$ , және  $\Delta V$  – FWHM, км/с. Химиялық элементтердің таралу қатынасы  $X_{CO}^{13} / X_{CO}^{18}$  баған тығыздықтарының таралу қатынасына  $N(^{13}CO) / N(C^{18}O)$  эквивалентті.



Сур.2. C<sup>18</sup>O(1–0) жылдамдық картасы. А-Н аймақтары C<sup>18</sup>O(1–0) молекуласының баған тығыздығы жоғары аймақтарды білдіреді.  
 (Fig. 2. C<sup>18</sup>O(1–0) Velocity map. Regions A-H represent regions of high column density of the C<sup>18</sup>O(1–0) molecule)

<sup>12</sup>CO эмиссиясына өз-абсорбция әсер ететін аймақтарда <sup>13</sup>CO мен C<sup>18</sup>O баған тығыздықтарына <sup>12</sup>CO мәліметінен төмен бағаланған T<sub>ex</sub> әсер етеді. Бұл осы аймақтардағы <sup>13</sup>CO мен C<sup>18</sup>O баған тығыздықтарының төмен бағалануына әкеледі. N(<sup>13</sup>CO) мен N(C<sup>18</sup>O)-ның қорытқы аралықтары сәйкесінше 3,8–5,5 см<sup>-2</sup> және 2–3,4 см<sup>-2</sup> және химиялық элементтердің таралу қатынасының R<sub>13/18</sub> қорытқы аралығы 1,02–41,9.

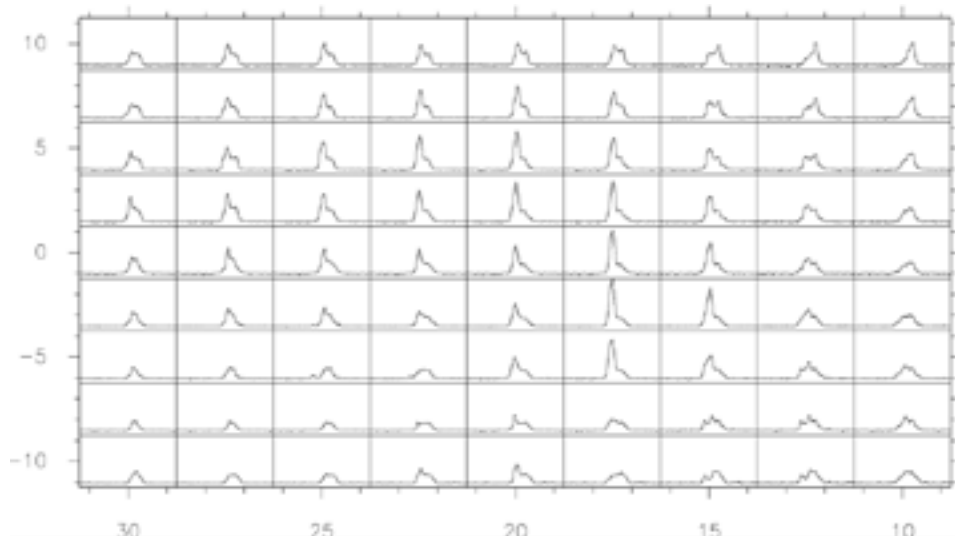
*Таңдамалы фото-диссоциация*

Біз жылдамдық картасынан (А–Н) сегіз бірегей аймақтарды бөліп алдық, А аймағының жылдамдығы – 6,5 км /с, алты аймақта (А, В, С, Е, F, G) жылдамдық орташа мәнде алынды 6,5–7,5 км /с, бір аймақта (Н аймағы) жылдамдық біршама жоғарырақ мәнге ие, 8,5–9 км /с.

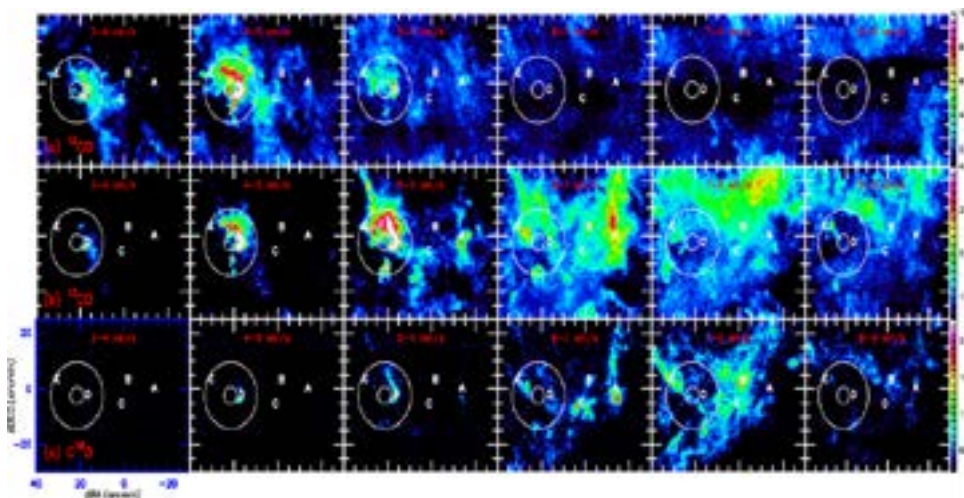
D аймағы W40 Н II аймағының жанында, дәлірек айтқанда солтүстік-батыс жағында орналасқан, D аймағындағы жылдамдық 5–6 км /с айналасында. А, В, С аймақтары Оңтүстік Serpens-ті қамтиды, ал шеңбермен белгіленген аймақ W40 Н II аймағы ретінде анықталды.

3-суретте Aquila молекулалық бұлтындағы W40 Н II аймағының <sup>13</sup>CO (1–0) эмиссиясының спектрлері келтірілді. Графиктен <sup>13</sup>CO молекуласы спектрінің орталық компонентінің екі шыңын байқауға болады, алайда бұл шыңдар <sup>13</sup>CO

молекуласы жылдамдығының екі құраушысын көрсетпейді. Өз абсорбция нәтижесінде бір шың мүжіліп, екіге бөлініп тұр. Сонымен,  $^{13}\text{CO}$ -ның орталық компонентінің өз абсорбциядан жұтылып, мүжіліп кеткенін анық көруге болады.



Сур.3. W40 H II аймағының  $^{13}\text{CO}$  спектрлері.  
(Fig. 3.  $^{13}\text{CO}$  spectra of W40 H II region)

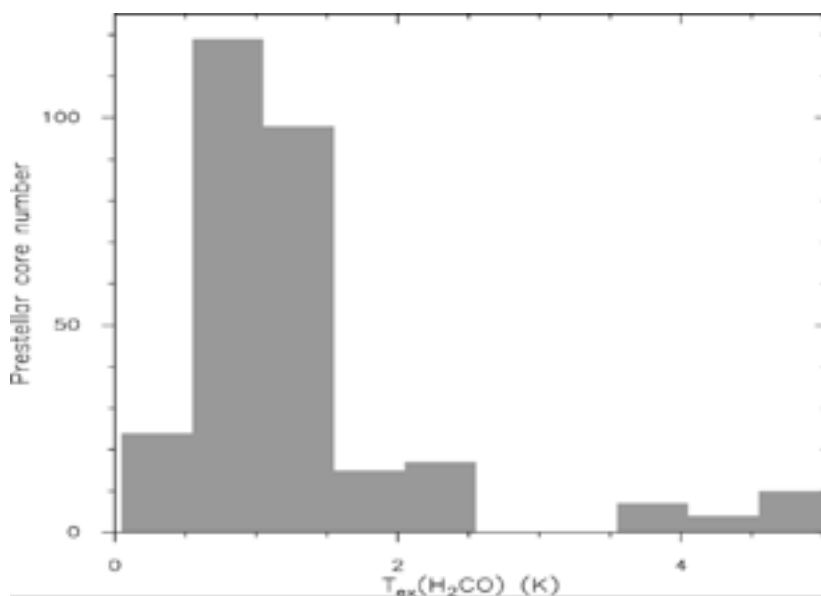


Сур.4.  $^{12}\text{CO}(1-0)$ ,  $^{13}\text{CO}$ ,  $\text{C}^{18}\text{O}(1-0)$  мәліметтерінен сызылған каналдар картасы.  
(Fig. 4. Channel map, constructed from  $^{12}\text{CO}(1-0)$ ,  $^{13}\text{CO}$ ,  $\text{C}^{18}\text{O}(1-0)$  data)

4-суретте каналдар картасы көрсетілген. 4а-суретте  $^{12}\text{CO}(1-0)$  каналдар картасы  $1 \text{ км/с}$  қадаммен  $3 < V_{\text{LSR}} < 9 \text{ км/с}$  жылдамдық аралығында келтірілді. Ядроның күшейтілген эмиссиясы W40 айналасында  $4-5 \text{ км/с}$  аралығында

көрініп тұр, бұл Н II иондалған сутегі аймағының қызу нәтижесінде болуы мүмкін. Оңтүстік Serpens айналасында әлсіз эмиссия бар. 4b-суретте  $^{13}\text{CO}$  (1–0) каналдар картасы 1 км/с қадаммен  $3 < V_{\text{LSR}} < 9$  км/с жылдамдық аралығында келтірілді. Мұнда ядроның күшейтілген эмиссиясы W40-тың солтүстігі және батысында 7–8 км/с аралығында көрініп тұр. Оңтүстік Serpens-те бірнеше созылған құрылымдар бар. 4c-суретте  $\text{C}^{18}\text{O}$  (1–0) каналдар картасы 1 км/с қадаммен  $3 < V_{\text{LSR}} < 9$  км/с жылдамдық аралығында келтірілді. Бұл картада W40 Н II аймағы мен Оңтүстік Serpens-те  $\text{C}^{18}\text{O}$ (1–0) эмиссиясының таралуы 7–8 км/с аралығында көрініп тұр.  $\text{C}^{18}\text{O}$ (1–0) бен  $^{13}\text{CO}$ (1–0) мәліметтерінің екеуі де бірдей жылдамдық аймақтарында ізін қалдырады, бұл  $\text{C}^{18}\text{O}$ (1–0) бен  $^{13}\text{CO}$ (1–0) эмиссиясының бірдей аймақтарда жоғары көтерілетінін білдіреді.

Каналдар картасынан  $^{12}\text{CO}$  молекулалары аз жылдамдықпен таралатыны байқалады, таралу жылдамдығы 4–5 км/с аралығында жатыр.  $\text{C}^{18}\text{O}$  молекулалары орташа жылдамдықпен таралатыны көрінеді, таралу жылдамдығы 6–8 км/с аралығында жатыр. Ал  $^{13}\text{CO}$  молекулалары барлық жылдамдық аралығында кеңінен таралатынын көреміз, таралу жылдамдығы 4–9 км/с аралығында жатыр.



Сур.5.  $\text{H}_2\text{CO}$ -мен табылған температурасы.  
(Fig. 5. temperature, calculated using  $\text{H}_2\text{CO}$ )

5-суретте жұлдызға дейінгі ядролардың таралуының температурасына тәуелділігі көрсетілген. Жұлдызға дейінгі ядролар температураның 1–2 К шамасында көбірек таралған. Молекулалық бұлттағы жұлдызға дейінгі ядролардың таралуы жұлдыз түзілудің белсенді орындарын анықтайды.

## **Қорытынды**

Aquila молекулалық бұлтындағы таңдалынған аймақтарда жұлдыз түзілу процесін және оның қоршаған ортаға әсерін зерттеу үшін  $C^{18}O$  эмиссия сызығы бақыланған мұрағаттық мәліметтер қолданылды. Молекулалық бұлттағы протожұлдыз бен жұлдызға дейінгі ядролардың таралуы жұлдыз түзілудің белсенді орындарын анықтауда алғашқы индикатор болып табылады және олардың таралуы  $C^{18}O$  (1–0) созылыңқы эмиссиясының құрылымы аралығында ең жоғары баған тығыздығымен жақсы корреляцияланады.

Жылдамдық картасынан  $C^{18}O$  (1–0) молекуласының баған тығыздығы жоғарырақ болатын бірнеше аймақ таңдап алынды, алты аймақта жылдамдық орташа мәнде алынды 6,5–7,5 км/с, ал бір аймақта жылдамдық біршама жоғарырақ мәнге ие болды.

Aquila молекулалық бұлтындағы W40 Н II аймағының  $^{13}CO$  (1–0) эмиссиясының спектрлері қарастырылды.  $^{13}CO$ -ның орталық компонентінің өз-абсорбциядан жұтылып, мүжіліп кеткені анық көрсетілді.

$^{12}CO$  (1–0) каналдар картасында ядроның күшейтілген эмиссиясы W40 айналасында 4–5 км/с аралығында көрсетілді.  $^{13}CO$  (1–0) каналдар картасында ядроның күшейтілген эмиссиясы W40-тың солтүстігі және батысында 7–8 км /с аралығында анықталды.  $C^{18}O$  (1–0) каналдар картасында W40 Н II аймағы мен Оңтүстік Serpens-те  $C^{18}O$  (1–0) эмиссиясының таралуы 7–8 км /с аралығында анықталды.

Молекулалық бұлттағы жұлдызға дейінгі ядролардың таралуы жұлдыз түзілудің белсенді орындарын анықтайды. Жұлдызға дейінгі ядролар температураның 0,5–1,5 К шамасында көбірек таралғаны көрсетілді, бұл аралықта жұлдызға дейінгі ядролар саны шамамен алғанда 220-ға тең болды.

*Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (грант № AP13067768, грант № AP14870504), «Молекулалық бұлттардағы ыстық ядроларды радиоастрономиялық зерттеу және массивті жұлдыздардың пайда болу аймақтарын зерттеу», мақала 2022–2024 жылдарға берілген жас ғалымдарға арналған ғылыми гранттар аясында дайындалды.*

## **ӘДЕБИЕТТЕР**

Anders E., Grevesse N., 1989 — *Anders E., Grevesse N.* Abundances of the Elements: Meteoritic and Solar// *Geochimica et Cosmochimica Acta.*, 53: 197–214. DOI: 10.1016/0016-7037(89)90286-X (in Eng.).

André Ph., Men'shchikov A., 2010 — *André Ph., Men'shchikov A.* From filamentary clouds to prestellar cores to the stellar IMF: Initial highlights from the Herschel Gould Belt Survey // *Astronomy & Astrophysics*, 518: L 102. DOI: 10.1051/0004-6361/201014666 (in Eng.).

Bontemps S., André Ph., 2010 — *Bontemps S., André Ph.* The Herschel first look at protostars in the Aquila rift // *Astronomy and Astrophysics*, 518: L 85. DOI: 10.1051/0004-6361/201014661 (in Eng.).

Gutermuth R.A., Bourke T.L., Allen L.E., 2008 — *Gutermuth R.A., Bourke T.L., Allen L.E.* The Spitzer Gould belt survey of large nearby interstellar clouds: discovery of a dense embedded cluster in the Serpens – Aquila Rift // *The Astrophysical Journal Letters*, 673 (2): L 151. DOI: 10.1086/528710 (in Eng.).

Komesh T., Esimbek J., 2019 — *Komesh T., Esimbek J.* H<sub>2</sub>CO and H<sub>110α</sub> Observations toward the Aquila Molecular Cloud // *Astrophysical Journal*, 874: 172. DOI: 10.3847/1538-4357/ab0ae3 (in Eng.).

Komesh T., Baan W., 2020 — *Komesh T., Baan W.* Studies of the distinct regions due to CO selective dissociation in the Aquila molecular cloud // *Astronomy & Astrophysics*, 644: A46. DOI: 10.1051/0004-6361/202038632 (in Eng.).

Kong S., 2015 — *Kong S.* The relationship between the dust and gas-phase CO across the California Molecular Cloud // *Astrophysical Journal*, 805: 58. DOI: 10.1088/0004-637X/805/1/58 (in Eng.).

Könyves V., 2015 — *Könyves V.* A census of dense cores in the Aquila cloud complex // *Astronomy & Astrophysics*, 584: A 91. DOI: 10.1051/0004-6361/201525861 (in Eng.).

Lin S.-J., Shimajiri Y., 2016 — *Lin S.-J., Shimajiri Y.* The intrinsic abundance ratio and x-factor of CO isotopologues in L 1551 shielded from FUV photo dissociation // *Astrophysical Journal*, 826: 193. DOI: 10.3847/0004-637X/826/2/193 (in Eng.).

Манапбаева А.Б., Esimbek J., Алимгазинова Н.Ш., Кызгарина М.Т., Атамұрат А.Б., 2021 — *Манапбаева А.Б., Esimbek J., Алимгазинова Н.Ш., Кызгарина М.Т., Атамұрат А.Б.* N<sub>22</sub> шаң көпіршіктері жанындағы жас жұлдыз объектілерін анықтау, ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математика сериясы, 3:96-105. <https://journals.nauka-nanrk.kz/physics-mathematics/article/view/2078> (in Kz.).

Ortiz-León G.N., 2017 — *Ortiz-León G.N.* The Gould's belt distances survey, *Astrophysical Journal*, 837 (2): 143. DOI: 10.3847/1538-4357/834/2/143 (in Eng.).

Pineda J.L., 2010 — *Pineda J.L.* The relation between gas and dust in the Taurus Molecular Cloud, *Astrophysical Journal*, 721: 686. DOI: 10.1088/0004-637X/721/1/686 (in Eng.).

Smith J., Bentley A., 1985 — *Smith J., Bentley A.* Infrared sources and excitation of the W 40 complex, *Astrophysical Journal*, 291: 571–580. DOI: 10.1086/163097 (in Eng.).

Su Y., Yang J., 2020 — *Su Y., Yang J.* Local Molecular Gas toward the Aquila Rift Region, *Astrophysical Journal*, 893 (2): 91. DOI: 10.3847/1538-4357/ab7fff (in Eng.).

Ulich B.L., Haas R.W., 1976 — *Ulich B.L., Haas R.W.* Absolute calibration of millimeter-wavelength spectral lines, *Astrophysical Journal*, 30: 247–258. DOI: 10.1086/190361 (in Eng.).

## REFERENCES

Anders E., Grevesse N., 1989 — *Anders E., Grevesse N.* Abundances of the Elements: Meteoritic and Solar // *Geochimica et Cosmochimica Acta.*, 53: 197–214. DOI: 10.1016/0016-7037(89)90286-X (in Eng.).

André Ph., Men'shchikov A., 2010 — *André Ph., Men'shchikov A.* From filamentary clouds to prestellar cores to the stellar IMF: Initial highlights from the Herschel Gould Belt Survey // *Astronomy & Astrophysics*, 518: L102. DOI: 10.1051/0004-6361/201014666 (in Eng.).

Bontemps S., André Ph., 2010 — *Bontemps S., André Ph.* The Herschel first look at protostars in the Aquila rift // *Astronomy and Astrophysics*, 518: L 85. DOI: 10.1051/0004-6361/201014661 (in Eng.).

Gutermuth R.A., Bourke T.L., Allen L.E., 2008 — *Gutermuth R.A., Bourke T.L., Allen L.E.* The Spitzer Gould belt survey of large nearby interstellar clouds: discovery of a dense embedded cluster in the Serpens - Aquila Rift // *The Astrophysical Journal Letters*, 673 (2): L 151. DOI: 10.1086/528710 (in Eng.).

Komesh T., Esimbek J., 2019 — *Komesh T., Esimbek J.* H<sub>2</sub>CO and H<sub>110α</sub> Observations toward the Aquila Molecular Cloud // *Astrophysical Journal*, 874: 172. DOI: 10.3847/1538-4357/ab0ae3 (in Eng.).

Komesh T., Baan W., 2020 — *Komesh T., Baan W.* Studies of the distinct regions due to CO selective dissociation in the Aquila molecular cloud // *Astronomy & Astrophysics*, 644: A46. DOI: 10.1051/0004-6361/202038632 (in Eng.).

Kong S., 2015 — *Kong S.* The relationship between the dust and gas-phase CO across the California Molecular Cloud // *Astrophysical Journal*, 805: 58. DOI: 10.1088/0004-637X/805/1/58 (in Eng.).

Könyves V., 2015 — *Könyves V.* A census of dense cores in the Aquila cloud complex // *Astronomy & Astrophysics*, 584: A 91. DOI: 10.1051/0004-6361/201525861 (in Eng.).

Lin S.-J., Shimajiri Y., 2016 — *Lin S.-J., Shimajiri Y.* The intrinsic abundance ratio and x-factor of CO isotopologues in L 1551 shielded from FUV photo dissociation // *Astrophysical Journal*, 826: 193. DOI: 10.3847/0004-637X/826/2/193 (in Eng.).

Manapbaeva A.B., Esimbek J., Alimgazinova N.Sh., Kyzgarina M.T., Atamurat A.B., 2021 — *Manapbaeva A.B., Esimbek J., Alimgazinova N.Sh., Kyzgarina M.T., Atamurat A.B.* № 22 shan kopirshikteri zhanyndagy zhas zhuldyz obektilerin anyqtau, QR UGA Habarlary. Fizika-matematika serijasy, 3: 96–105. <https://journals.nauka-nanrk.kz/physics-mathematics/article/view/2078> (in Kz.).

Ortiz-León G.N., 2017 — *Ortiz-León G.N.* The gould’s belt distances survey, *Astrophysical Journal*, 837 (2): 143. DOI: 10.3847/1538-4357/834/2/143 (in Eng.).

Pineda J.L., 2010 — *Pineda J.L.* The relation between gas and dust in the Taurus Molecular Cloud, *Astrophysical Journal*, 721: 686. DOI: 10.1088/0004-637X/721/1/686 (in Eng.).

Smith J., Bentley A., 1985 — *Smith J., Bentley A.* Infrared sources and excitation of the W 40 complex, *Astrophysical Journal*, 291: 571–580. DOI: 10.1086/163097 (in Eng.).

Su Y., Yang J., 2020 — *Su Y., Yang J.* Local Molecular Gas toward the Aquila Rift Region, *Astrophysical Journal*, 893(2): 91. DOI: 10.3847/1538-4357/ab7fff (in Eng.).

Ulich B.L., Haas R.W., 1976 — *Ulich B.L., Haas R.W.* Absolute calibration of millimeter-wavelength spectral lines, *Astrophysical Journal*, 30: 247–258. DOI: 10.1086/190361 (in Eng.).

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227  
Volume 345, Number 1 (2023), 192–205  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.194>

© **A.J. Ospanova\***, **G.N. Shynykulova**, **N.N. Shynykulova**, **Y.B. Jumanov**, 2023  
Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, Kazakhstan.  
E-mail: [aidana.ospanova.96@mail.ru](mailto:aidana.ospanova.96@mail.ru)

## **ACTION OF EXTERNAL MAGNETS ON A THREE-PHASE ELECTRIC GENERATOR**

**Ospanova Aidana Zhandoskyzy** — PhD. Kazakh National Women's Teacher Training University. Department of Physics. Almaty, Kazakhstan  
E-mail: [aidana.ospanova.96@mail.ru](mailto:aidana.ospanova.96@mail.ru). ORCID: 0000-0002-1706-0048;  
**Shynykulova Gulnur Nurbekovna** — master of physics, lecturer of Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan  
E-mail: [gulnur.shynykulova@gmail.com](mailto:gulnur.shynykulova@gmail.com). ORCID: 0000-0003-4719-9160;  
**Shynykulova Nurgul Nurbekovna** — PhD. Kazakh National Women's Teacher Training University. Department of Physics. Almaty, Kazakhstan  
E-mail: [sh\\_nurgul82@mail.ru](mailto:sh_nurgul82@mail.ru). ORCID:0000-0002-5697-6526;  
**Jumanov Yerdos Boribekovich** — master of engineering and technology, majoring in mathematics and computer modeling. Gymnasium named after Marziya Turlykhanova– mathematics teacher, Almaty, Kazakhstan  
E-mail: [zh\\_erdos@mail.ru](mailto:zh_erdos@mail.ru). ORCID: 0009-0008-8401-9679.

**Abstract.** In the work, research was carried out on the principles of operation of asynchronous electric motors. It is known that an asynchronous electric machine is a common device used for converting mechanical energy into electrical or electrical energy into mechanical, as well as for converting electrical energy into electrical energy with modified parameters. However, the efforts made to improve the energy efficiency of such electric motors have not lost their significance. The article considers the influence of magnets attached outside the case on the operation of an electric generator. The dimensions of the generator in the nominal state are taken, the effect of magnets attached to the outer case of the generator on the engine power is experimentally studied, the influence of the rotation frequency on the torque, rotation speed and power is considered. and an examination was carried out. The results of the experiment show that the frequency dependence of the generator torque in the nominal mode is 0.9 % lower than with an engine power of 40 W. It has been shown that it cannot affect the magnetic field, current, voltage or power inside the generator happening. The effect of magnetic rods depends on their size, location and shape. From the result of this experiment, given that the change in power is very small, it can be said that the magnetic bars have a magnetic field.

**Keywords:** asynchronous electric generator, stator, rotor, magnetic motor



© А.Ж. Оспанова\*, Г.Н. Шиникулова, Н.Н. Шинькулова,  
Е.Б. Джуманов, 2023

Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: aidana.ospanova.96@mail.ru

## ҮШФАЗАЛЫ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРЛАРЫНА СЫРТҚЫ МАГНИТТЕРДІҢ ӘСЕРІ

**Оспанова Айдана Жандосқызы** — физика ғылымдарының кандидаты. Физика, математика және цифрлық технологиялар институты факультеті. Қазақ ұлттық қыздар педагогика университеті. Алматы, Қазақстан

E-mail: aidana.ospanova.96@mail.ru. ORCID: 0000-0002-1706-0048;

**Шиникулова Гулнур Нурбековна** — физика магистрі, Алматы Технологиялық Университетінің лекторы, Алматы, Қазақстан

E-mail: gulnur.shynykulova@gmail.com. ORCID: 0000-0003-4719-9160;

**Шинькулова Нургүль Нурбековна** — физика ғылымдарының кандидаты. Физика, математика және цифрлық технологиялар институты факультеті. Қазақ ұлттық қыздар педагогика университеті. Алматы, Қазақстан

E-mail: sh\_nurgul82@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5697-6526;

**Джуманов Ердос Борибекевич** — математика және компьютерлік моделдеу мамандығы бойынша техника және технология магистрі. Мәрзия Тұрлыханова атындағы гимназия - математика мұғалімі. Алматы, Қазақстан

E-mail: zh\_erdos@mail.ru. ORCID: 0009-0008-8401-9679.

**Аннотация.** Жұмыста асинхронды электр қозғалтқыштарының жұмыс істеу принциптері бойынша зерттеулер жүргізілді. Асинхронды электр машинасы, механикалық энергияны электр энергиясына немесе электр энергияны механикалық энергияға түрлендіруге, әрі электр энергиясын параметрлері өзгертілген электр энергиясына айналдыруға қолданылатын, кеңінен тараған қондырғы екені белгілі. Дегенмен, мұндай электр қозғалтқыштардың энергетикалық тиімділігін арттыру мақсатында жасалған жұмыстар өз құнын жоғалтпады. Мақалада электр генераторының жұмысына, корпус сыртына жапсырылған магниттердің әсері қарастырылды. Генератордың номиналды жағдайындағы өлшемдері алынды, тәжірибе жүзінде генератордың сыртқы корпусына жабыстырылған магниттердің қозғалтқыш қуатына әсерін зерттелді, айналу жиілігінің айналу моментіне, айналу жылдамдығына, қуатқа әсері қарастырылды, сараптама жүргізілді. Тәжірибе қорытындысы, генератордың номиналды жағдайдағы айналу моментінің жиілікке тәуелділігі, қозғалтқыш қуаты 40 Вт болған кездегіге қарағанда 0,9 %-ға төмен екенін көрсетеді, қуаттың номиналды кездегі жиілікке тәуелділігі қозғалтқыш қуатынан 0,24 %-ға төмен екенін көрсетеді, корпус сыртына жапсырылған магниттер айтарлықтай корпус ішіндегі магнит өрісіне, не токқа, не кернеуге, не қуатқа әсер ете алмайтынын көрсетті. Магнит таяқшаларының әсері, оның өлшеміне, орналасуына, формасына да тәуелді. Бұл тәжірибе нәтижесі бойынша, қуат өзгерісінің өте аз екенін ескерсек, магнит таяқшаларының магнит өрісінің бар екенін айтуға болады.

**Түйін сөздер:** асинхронды электрогенератор, статор, ротор, магнит электрқозғалтқыш

### **Кіріспе**

Ғылым мен техниканың дамуына байланысты электр энергетикасын дамытуда тиімді, арзан электр машиналары және трансформаторлардың сапасының арттырумен байланысты жұмыстардың маңызы зор.

Электр машинасы, механикалық энергияны электр энергиясына немесе электр энергияны механикалық энергияға түрлендіруге, әрі электр энергиясын параметрлері өзгертілген электр энергиясына айналдыруға қолданылатын, кеңінен тараған қондырғы. Механикалық энергияны электр энергиясына айналдыратын электр машиналары — электр генераторлары әлі де өз қажеттілігін жойған жоқ. Электр машиналарының түрлері көп.

Айнымалы токтағы электр машиналарын бір фазалы және үш фазалы, жұмыс істеу принципіне қарай синхронды және асинхронды деп бөлуге болады. Синхронды машиналарда энергияны түрлендіру процесі магнит өрісінің айналу жиілігі мен ротордың айналу жиілігі бірдей жылдамдықпен қозғалады. Синхронды машиналар генератор түрінде кеңінен қолданылады. Асинхронды машиналарда энергияны түрлендіру процесі магнит өрісінің айналу жиілігі мен ротордың айналу жиілігі тең емес жиілікте қозғалады. Асинхронды және синхронды электр қозғалтқыштарының жұмыс істеу принципіне байланысты, статор орамасындағы токтың туындайтын айналмалы магнит өрісінің маңызы зор. Синхронды немесе асинхронды машинаның жылжымайтын бөлігі корпустан және саңылауларында үш фазалы орама тартылған өзектен тұрады.

Асинхронды машиналар да қозғалтқыштар негізінде пайдаланылатын ең көп таралған электр машинасы болып табылады.

Әйтсе де, генераторларға қойылатын талаптар бойынша, электр энергиясын түрлендіру жүйесіндегі қуаттың, ПЭК пайызының жоғары болуы, генератордың мейлінше кіші, жеңіл болуы, аса сенімділікке ие болуы, әрі жұмыс істеу ұзақтығының көп болуы мен материалдық шығынның аз болуы жатады. Электр қозғалтқыштар түрлері тұрақты және айнымалы токқа арналған болып бөлінеді. Айнымалы токқа арналған электр қозғалтқыштарының алатын ерекше (Иванов, 2006).

Синхронды немесе асинхронды машинаның жылжымайтын бөлігі статордан және саңылауларында үш фазалы орама тартылған ротордан тұрады. Үш фазалы электр машиналар статорының орамалары олардың статор саңылауларында орналасуына қарай бір қабатты және екі қабатты болып бөлінеді, бір қабатты орамаларды көбіне — қуаты аз машиналарда қолданылады.

Асинхронды электр қозғалтқыштары — айнымалы токты қолданатын электр машиналарының класына жатады, әрі олар қозғалтқыш режимінде де, генератор режимінде де жұмыс істей алады. Асинхронды қозғалтқыштардың қуаты әртүрлі, бірнеше ваттан, бірнеше мың киловаттқа дейінгі аралықта

болады. Әдетте қозғалтқыштар үш фазалы желіге қосылған статордағы симметриялы үш фазалы орамнан тұрады. Үш фазалы асинхронды электр қозғалтқышының жұмыс істеу принципі, үш фазалы ток желісіне қосылған кезде, айналмалы магнит өрісінің пайда болуына негізделген. Үш фазалы жүйенің бір фазалы және екі фазалы жүйелермен салыстырғанда басты артықшылығы оның үнемділігі болып табылады. Үш фазалы тізбекте энергия үш сым арқылы беріледі, ал әр түрлі сымдардағы токтар бір-біріне қатысты фазада  $120^\circ$  ығысады, әр түрлі фазалардағы синусоидалы ЭҚК жиілігі мен амплитудасы бірдей. Сонымен, асинхронды машиналардың басты артықшылығы — аса жоғары сенімділігі және бағасының төмен болуы. Осы қасиеттердің арқасында ең көп таралған қолданыстағы қозғалтқыштарға жатады (Костюченко, 2012).

Электр қозғалтқыштарының үш фазалы орамынан ток жүрген кезде, статордың айналмалы магнит өрісі пайда болады және айналмалы өріс күш сызықтары ЭҚК туғызады.

Асинхронды электр қозғалтқыштарының энергия тиімділігін арттыру мәселесін шешу қазіргі кезде өте өзекті мәселенің бірі болып отыр.

Жұмыстың мақсаты, асинхронды электр қозғалтқыштарының жұмыс істеу принциптерін қарастыру, тәжірибе жүзінде генератордың сыртқы корпусына жабыстырылған магниттердің қозғалтқыш қуатына әсерін зерттеу, айналу жиілігінің айналу моментіне, айналу жылдамдығына, қуатқа әсерін қарастыру, сараптама жүргізу.

*Теория.* Асинхронды машиналар айнымалы токпен жұмыс жасайтын электр машиналарының класына жатады. Олар қайтымдылық қасиетіне ие, яғни олар қозғалтқыш режимінде де, генератор режимінде де жұмыс істей алады. Асинхронды қозғалтқыш екі бөліктен тұрады: статордан және ротордан (Дробов және т.б., 2015)

Статор — машинаның қозғалмайтын бөлігі, ол өзекшесі бар станинадан және үш фазалы орамнан тұрады. Орамның үш фазасы бір-бірінен  $120^\circ$  бұрышпен ығысады, әрі «жұлдыз», не «үшбұрыш» сызбасымен жалғанады. Ротор — қозғалтқыштың айналатын бөлігі, өзекше мен орамнан тұрады, формасы цилиндр тәрізді (Копылова, 2011).

Үш фазалы орамның бойынан жүрген ток өз айналасында магнит өрісін тудырады. Айнымалы токтың құраушылары уақыт бойынша өзгере бастайды, сол кезде магнит өрісі де өзгереді. Ал үш фазалы орамның қорытқы магнит өрісі бірдей амплитуданы сақтай отырып, әртүрлі айнала бастайды. Енді айналмалы магнит өрісіне тұйықталған өткізгіш орналастырса, электромагниттік индукция заңы бойынша электрқозғаушы күші (ЭҚК) пайда болады. Ал ЭҚК өткізгіште ток тудырады. Сол себепті магнит өрісінде орналасқан тұйық өткізгішке Ампер заңы бойынша күш әсер етеді.

Өткізгішке магнит өрісі әсер еткенде, ол белгілі бір бұрышқа бұрылады, сөйтіп магнит өрісі өткізгішке бағыттаушы күшпен әсер етеді. Магнит өрісінің өткізгішке әсері, өткізгіште қос күшті тудырады. Осы қос күштің

моментінің шамасы магнит өрісін тудырушы ток күшіне, оның оранласуына және өткізгіштің өлшемдері мен бағытына тәуелді:

$$\vec{M} = \vec{P} \cdot \vec{B}$$

мұндағы  $\vec{B}$  — магнит индукциясының векторы,  $P$  — өткізгіштің магнит моментінің векторы.

Ал магнит өрісінің  $I$  өткізгішке әсері:

$$\vec{P}_m = I \cdot \vec{S} \cdot n,$$

мұндағы  $S$  — өткізгіштің ауданы.

Тоғы бар өткізгішке магнит өрісінің әсер күшін Ампер зерттеп, ол күштің мәнін былайша көрсетті:

$$\vec{F} = kI\vec{B} \sin \alpha$$

мұндағы  $k$  — пропорционалдық коэффициент,  $I$  — өткізгіштегі ток,  $B$  — магнит индукциясы,  $\alpha$  — ток бағыты мен индукция векторының арасындағы бұрыш. Осы күштің шамасын Ампер күші деп атайды. Ампер күшінің бағытын сол қол ережесі бойынша анықтауға болады.

Электромагниттік индукция құбылысы бойынша: тұйық контурдағы индукциялық ток контур ауданы арқылы өтетін индукция ағыны өзгергенде ғана туады. Олай болса, индукциялық тізбекте электр қозғаушы күші пайда болып, ол *электромагниттік индукцияның электр қозғаушы күші* (э.к.к) деп аталады.

$$\varepsilon_{\text{инд}} = - \frac{d\Phi}{dt}$$

Бұл өрнек электромагниттік индукцияның электр қозғаушы күші үшін *Фарадей заңы* деп аталады.

Статор орамасы үш фазалы ток желісіне қосылған кезде айналмалы магнит өрісі пайда болады, ол ротордың қысқа ашық орамасында ЭҚК пайда болуына әкеледі. Бұл жағдайда ротор орамасының өзекшелерінде ток пайда болады. Осы токтың айналмалы магнит өрісімен әрекеттесуі нәтижесінде роторда электромагниттік күштер пайда болады. Мұндай күштердің жиынтығы электромагниттік айналу моментін туғызады, оның әсерінен асинхронды қозғалтқыштың роторы статор өрісінің айналуына қарай  $n_2 < n_1$  жиілігімен айналады. Бұл жағдай, машинаның қозғалтқыш ретінде жұмыс істеуіне әкеледі, егер генератор режимінде жұмыс істейтін болса, онда статор орамасы желіге қосылып, ал ротор механикалық энергия көзі болып табылатын жетек қозғалтқышы арқылы асинхронды машинаның магнит өрісінің айналу бағытында  $n_2 > n_1$  жиілігімен айналады, яғни, ротордың статор өрісіне қатысты қозғалыс бағыты керісінше өзгереді (Дуюонов, 2018).

Асинхронды қозғалтқыштағы статордың үш фазалы орамында айналмалы магнит өрісі пайда болады, оның жиілігі:

$$n = \frac{60f_1}{p}$$

мұндағы  $n$  — статордың магнит өрісінің айналу жиілігі (айн/мин);  $f_1$  — тізбектің жиілігі (50 Гц),  $p$  — қозғалтқыштың полюстерінің қосақталған саны.

Магнит өрісі статор мен ротордағы орамның өткізгіштерін қиып өтіп, индукциялық электрқозғаушы күшін тудырады. Ал, ротор орамының қысқа тұйықталуында ЭҚК-нің әсерінен ток туындайды. Осы токтың айналмалы магнит өрісімен әсерлесуі моменттің пайда болуына әкеледі. Егер туындаған момент айналмалы валдың тежеуші моментінен (подшипниктер расындағы үйкеліс, желдеткіш, валдың кернеуі) көп болса, онда ротор өріске қарай бұрылады. Статордың магнит өрісін ротор қуып жете алмайды (кері жағдайда, ЭҚК, ток және айналмалы момент нольге тең болады), бірақ ол кешігіп айналады, оны сырғанау шамасымен сипаттайды:

$$S = \frac{n - n_1}{n} \cdot 100\%$$

$S$  — сырғанау шамасы,  $n$  — статордың магнит өрісінің айналу жиілігі (айн/мин),  $n_1$  — ротордың айналу жиілігі.

Асинхронды қозғалтқыштың сипаттамалары ретінде механикалық сипаттаманы және жұмыс сипаттамасын айтады.

Механикалық сипаттамасы ретінде, айналу жиілігінің электромагниттік моментке тәуелділігін  $n=f(M)$  және магниттік моменттің сырғанау шамасына тәуелділігін  $M=f(S)$  айтады.

Үшфазалы асинхронды қозғалтқыштың айналу моменті мына өрнекпен анықталады:

$$M = \frac{3 \cdot U_{\phi}^2 \frac{r_2'}{s}}{\Omega \left[ \left( r_1 + \frac{r_2'}{s} \right)^2 + (x_1 + x_2')^2 \right]}, \quad (\text{Н} \cdot \text{м})$$

мұндағы,  $\Omega = \frac{2\pi \cdot n}{60}$  — магнит өрісінің бұрыштық механикалық жылдамдығы, (рад/с);  $r_1, r_2'$  — қозғалтқыштың статорлық және роторлық орамдарының кедергілері,  $U_{\phi}$  — тізбектегі фазалық кернеу.

$M=f(S)$  тәуелділігін анықтауға арналған Клосс формуласы:

$$M = \frac{2 \cdot M_m}{\frac{s}{s_m} + \frac{s_m}{s}}$$

мұндағы,  $M_m$  — максималды айналмалы момент;  $s_m$  — максималды момент кезіндегі сырғанау шамасы.

Ал номиналды моментті мына теңдікпен анықтайды:

$$M_m = 9,55 \cdot \frac{P_H}{n_H}$$

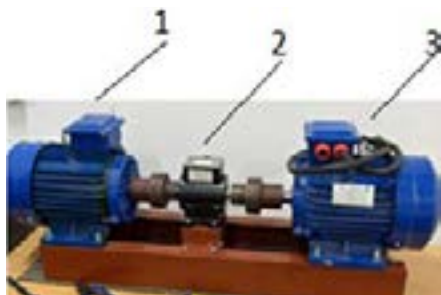
мұндағы – қозғалтқыш валының номиналды қуаты (Вт),  $n_n$  – номиналды кернеу жағдайындағы ротордың айналу жиілігі.

Ал жұмыстық сипаттамасы ретінде асинхронды қозғалтқыштың роторының айналмалы жылдамдығының айналу моментіне тәуелділігін  $\omega=f(M)$ , айналу жылдамдығының қуатқа тәуелділігін  $\omega=f(N)$ , жиіліктің айналу моментіне  $v=f(M)$ , қуатқа  $v=f(N)$  және айналу жылдамдығына  $v=f(\omega)$  тәуелділігі жатады (Костенко, 1973).

Осы сипаттамалардың барлығы қозғалтқыштың энергетикалық тиімділігін арттыру мақсатында қолданылады. Ол үшін әртүрлі тәсілдер бар. Соның бірі магнит таяқшаларының әсері болып табылады. Магнит таяқшалары генераторларға екі тәсілмен әсер ете алады. Олар, біріншіден, қозғалтқыштың статорында пайда болатын магнит өрісімен әсерлесетін магнит өрісін тудыра алады, нәтижесінде қозғалтқыштағы магнит өрісі өзгеріп, генерацияланған кернеудің өзгеруіне әкеледі. Екіншіден, магнит таяқшалары электр өрісін тудырып, нәтижесінде қозғалтқыш жанында тұрған сымдарда және басқа да электрлік қондырғыларда электромагниттік кедергілердің пайда болуына әкеледі. Бұл кедергілер сигналдарға және жақын орналасқан электр қондырғыларының жұмыс істеу тиімділігін төмендетеді. Магнит таяқшалары қозғалыста болса, онда электр қозғалтқыштарының орамдарының қызып кетуіне себепші болады. Сонымен магнит таяқшаларының магнит өрісі оның орналасуына, қозғалысына байланысты электр қозғалтқышының энерго тиімділігінің артуына, не кемуіне әкеледі. Магнит таяқшаларының электр қозғалтқыштарына әсері күрделі, әрі көптеген факторларға байланысты, ол орналасу ара қашықтығы, магнит таяқшаларының қозғалысы, магнит таяқшаларының өлшемі және формасы, электр қозғалтқыштың құрылымы мен параметрлері, тағы басқа факторлар. Электр қозғалтқыштарда магнит таяқшаларын жапсыру арқылы жасалған жұмыстардың бір бөлігі қозғалтқыштарда энергетикалық тиімділіктің артқанын көрсетті (Лысенко, 2018).

Жұмыста генератордың сыртқы корпусына өлшемдері бірдей, 3 магнит, 18 магнит және 21 магнит жапсырылып, айналу жиілігінің айналу моментіне, айналу жылдамдығына, қуатқа әсерін қарастырылды.

*Зерттеу нысаны мен қондырғысына сипаттама.* Зерттеу нысаны Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университетінің зертханасы, қолданылған құрал — АИР112МВ8 маркалы асинхронды электр қозғалтқышы 1-сурет. Жалпы өнеркәсіптік мақсаттағы АИР112МВ8 маркалы асинхронды электр қозғалтқыштарының мақсаты – электр энергиясын механикалық энергияға айналдыру. Бұл әртүрлі механизмдердің қозғалысы мен айналуын қамтамасыз ету үшін қажет. Асинхронды типтегі электр қозғалтқыштары құрылыста, ауыл шаруашылығында және өнеркәсіпте қолданылатын әртүрлі қондырғыларға орнатылады. АИР112МВ8 маркалы асинхронды электр қозғалтқыштарының артықшылықтары: ұзақ және тұрақты жұмыс істеуге арналған; энергия тиімділігі; орнату және пайдалану ыңғайлылығы (Костенко, 1973).



Сур.1. Зерттеу қондырғысы. 1-асинхронды электрқозғалтқышы, 2-динамикалық датчик, 3-электргенераторы  
(Fig. 1. Research facility. 1-asynchronous electric motor, 2-dynamic sensor, 3-electric generator)



Сур. 2. Сенсорлы өлшеу құралы  
(Fig. 2. Sensor measuring tool)



Сур. 3. Электргенератор корпусына жабыстырылған магниттер  
(Fig. 3. Magnets glued to the generator body)

АИР112МВ8 маркалы асинхронды электр қозғалтқыштарының техникалық сипаттамасы: қозғалтқыш қуаты – 3 кВт,  $\cos \varphi$  – 0,71, айналу жиілігі 750 айн/мин, номиналды ток – 7,8 А, кернеу (220-380) В, номиналды айналмалы момент – 40,9 Н·м, айналмалы моменттер қатынасы  $M_{II}/M_n$  – 1,8, айналмалы моменттер қатынасы  $M_{max}/M_n$  – 2,2, айналмалы моменттер қатынасы  $M_{min}/M_n$  – 1,4, токтардың қатынасы  $I_{II}/I_n$  – 6, ПӘК – 80 %, инерция моменті  $J$  – 0,0288 кг·м<sup>2</sup>, айналмалы валдың диаметрі – 32 мм, полюстер саны -8. Қозғалтқыш 50 Гц айнымалы ток желісінде пайдалануға арналған және статор орамасының сыртқы изоляциясы F класына сәйкес келеді, сондықтан 150°C дейін қыздыруға төтеп бере алады. IP55 класының жоғары қорғанысы шаң мен ылғалдан қорғауды қамтамасыз етеді. Келесі қолданылған қондырғы – Gsi309-1 Dynamic Torque Tester (2- сурет) айналу моментін, жылдамдығын және қуатын анықтауға арналған жоғары дәлдіктегі құрылғы. 3-суретте электргенератордың сыртқы корпусына магниттің қалай жабыстырылғаны көрсетілген.

#### Эксперимент нәтижесі

Зерттеулер ең алдымен қондырғыны орналастырудан басталды. Қондырғы 1-суреттегідей бекітілгеннен кейін, алғашқы өлшемдер алынды.

Қондырғының өлшемдері номиналды жағдайда (1-кестеде көрсетілген) және қозғалтқыш қуаты 40 Вт (2-кесте) мөлшерінде алынды. Бұл жағдайлар

сыртқы корпусында магнит болмаған жағдай. Өлшеулер нәтижелері кесте түрінде, әрі график түрінде берілген.

*1-кесте.* Номиналды жағдайдағы жиіліктің айналмалы моментке, айналу жылдамдығына, қуатқа тәуелділігі

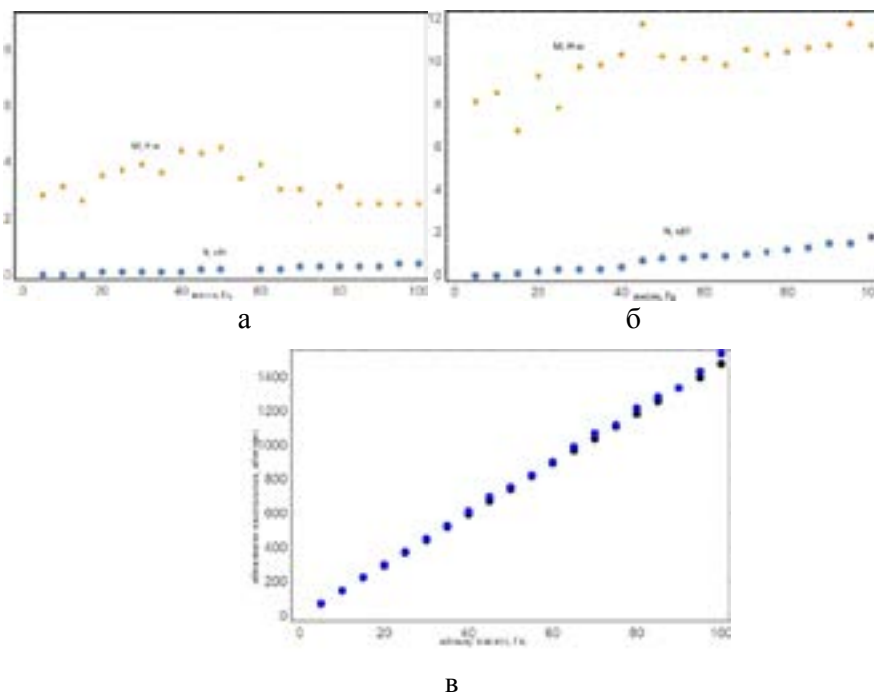
Жиілік $\nu$ , (Гц)	Айналмалы момент $M$ , (Н·м)	Айналу жылдамдығы $\omega$ , (айн/мин)	Қуат $N$ , кВт
5	2,8–3	74	0
10	3,1	151	0
15	2,6	228	0
20	3,5	302	0,1
25	3,7	377	0,1
30	3,9	454	0,1
35	3,6	532	0,1
40	4,4	614	0,1
45	4,3	699	0,2
50	4,5	756	0,2
55	3,4	827	0,2
60	3,9	905	0,2
65	3	992	0,2
70	3	1071	0,3
75	2,5	1121	0,3
80	3,1	1219	0,3
85	2,5	1285	0,3
95	2,5	1435	0,3-4
100	2,5	1538	0,4

*2- кесте.* Қозғалтқыш қуаты 40 Вт болған жағдайдағы өлшемдер

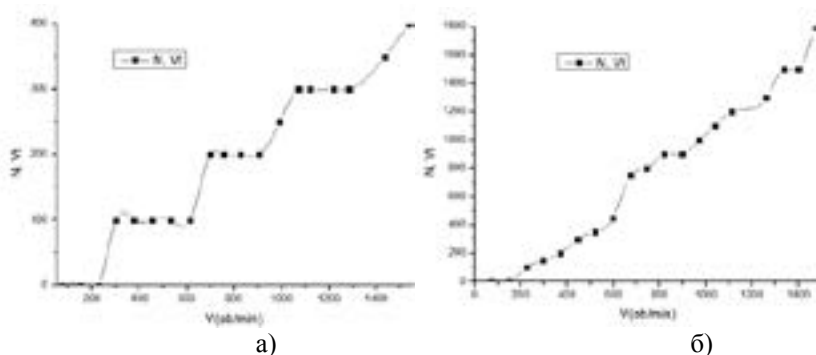
Жиілік $\nu$ , (Гц)	Айналмалы момент $M$ , (Н·м)	Айналу жылдамдығы $\omega$ , (айн/мин)	Қуат $N$ , кВт
5	8,1	72	0
10	8,5	149	0
15	6,7	226	0,1
20	9,3	296	0,15
25	7,8	372	0,25
30	9,7	446	0,3
35	9,8	521	0,35
40	10,3	598	0,45
45	11,7	675	0,75
50	10,2	743	0,8
55	10,1	820	0,8
60	10,1	897	0,9
65	9,8	970	0,9
70	10,5	1039	1,0
75	10,3	1111	1,1
80	10,4	1185	1,2
85	10,6	1260	1,3
90	10,7	1337	1,5
95	11,7	1399	1,5
100	10,7	1479	1,6



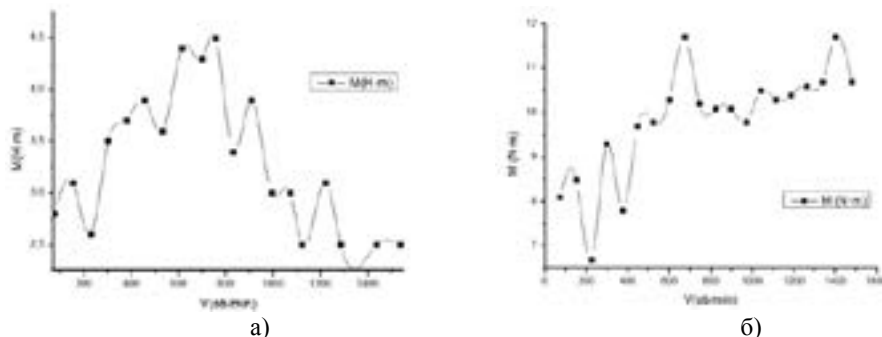
Зерттеу нәтижесінде, 4-суреттегідей салыстырмалы графиктер шықты



Сур.4. Салыстырмалы графиктер а) номиналды жағдайдағы қуат пен айналу моментінің айналу жиілігіне тәуелділігі; б) қозғалтқыш қуаты 40 Вт болған жағдайдағы қуат пен айналу моментінің айналу жиілігіне тәуелділігі; в) номиналды және қозғалтқыш қуаты 40 Вт болған жағдайдағы айналу жылдамдығының айналу жиілігіне тәуелділігі  
(Fig. 4. Comparative graphs a) dependence of the power and torque in the nominal condition on the rotation frequency; b) dependence of power and torque on rotation frequency in the case of engine power of 40 W; c) dependence of rotation speed on rotation frequency in the case of nominal and motor power of 40 W)

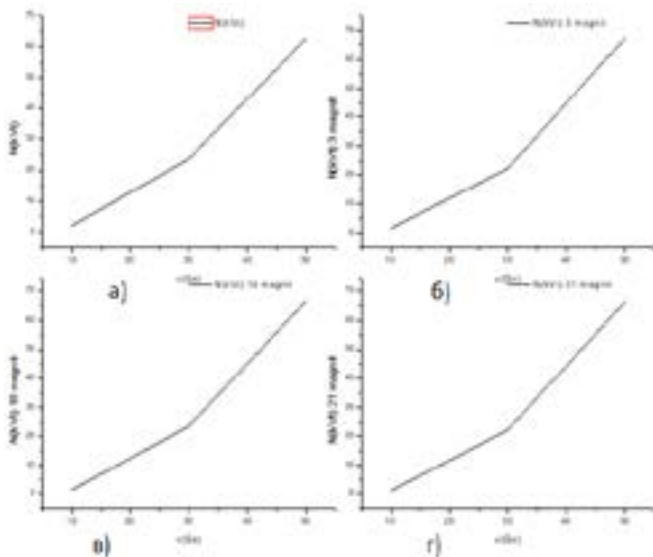


Сур.5. Айналу жылдамдығының қуатқа тәуелділік графигі а) номиналды жағдай; б) қозғалтқыштың қуаты 40 Вт жағдай  
(Fig. 5. Power dependence graph of rotation speed a) nominal condition; б) motor power is 40 W)

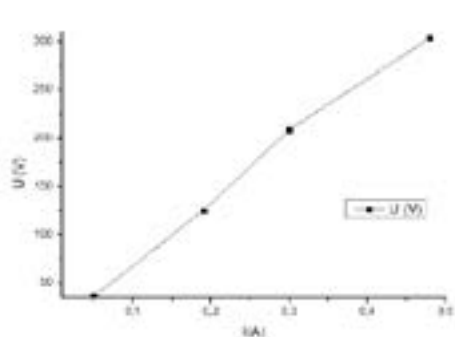


Сур. 6. Айналу жылдамдығының айналу моментіне тәуелділік графигі. а) номиналды жағдай; б) қозғалтқыштың қуаты 40 Вт жағдай  
 (Fig. 6. The graph of the dependence of the rotation speed on the torque. a) nominal condition; b) motor power is 40 W)

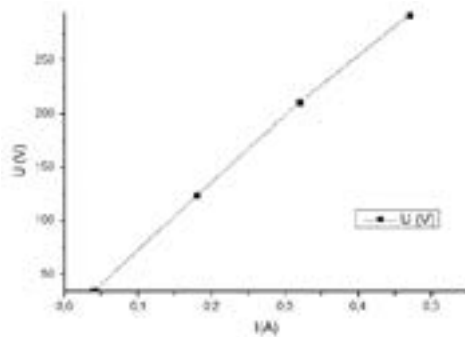
Бұл графиктер (4, 5, 6–сурет) корпусқа ешқандай сыртқы магнит әсері болмаған кездегі өлшемдер. Электрогенератордың корпусының сыртқы бөлігіне магнит жабыстырылған (3–сурет) кездегі өлшемдер мен магнит болмаған кездегі өлшемдер салыстырылып, айналу жиілігінің қуатқа тәуелділігі (7–сурет), вольтамперлік сипаттамасы (8–сурет) анықталды.



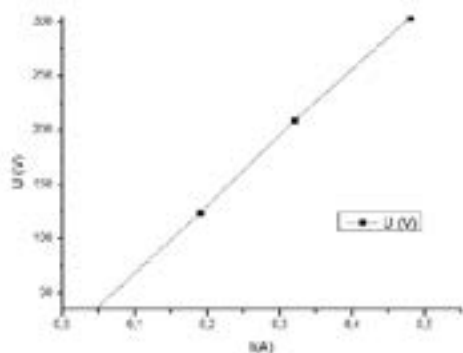
Сур.7. Айналу жиілігі мен қуаттың тәуелділік графигін салыстыру:  
 а) магнитсіз; б) корпус сыртына 3 магнит жапсырылған;  
 в) корпус сыртына 18 магнит жапсырылған;  
 г) корпус сыртына 21 магнит жапсырылған  
 (Fig. 7. Comparison of the dependence graph of rotation frequency and power:  
 a) without magnet; b) 3 magnets are attached to the outside of the case;  
 c) 18 magnets are attached to the outside of the case;  
 d) 21 magnets are attached to the outside of the case)



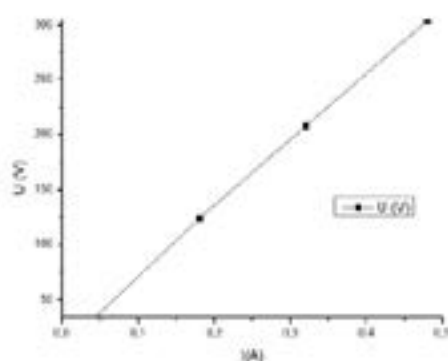
а)



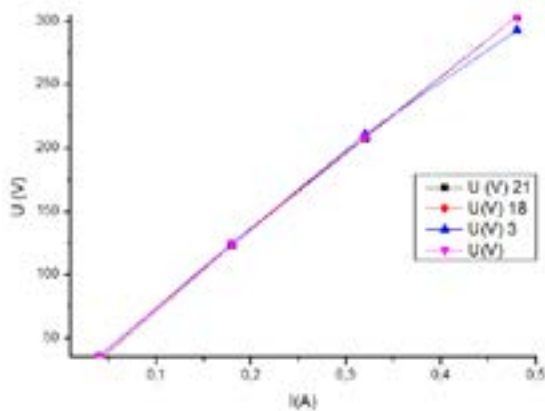
б)



в)



г)



д)

Сур. 8. Вольтамперлік сипаттама: а) магнитсіз жағдай; б) корпус сыртына 3 магнит жапсырылған; в) 18 магнит жапсырылған; г) 21 магнит жапсырылған д) барлық жағдайларды салыстыру үшін алынған график (Fig. 8. Voltammeteric characteristics: a) non-magnetic condition; б) 3 magnets are attached to the outside of the case; в) 18 magnets are attached; д) 21 magnets are attached е) graph obtained for comparison of all cases)

### **Нәтижелер мен сараптамалар**

Жұмыстағы мақсат бойынша, асинхронды электр қозғалтқыштарының жұмыс істеу принциптері қарастырылды, генератордың номиналды жағдайындағы өлшемдері алынды, тәжірибе жүзінде генератордың сыртқы корпусына жабыстырылған магниттердің қозғалтқыш қуатына әсерін зерттелді, айналу жиілігінің айналу моментіне, айналу жылдамдығына, қуатқа әсері қарастырылды, сараптама жүргізілді.

Зерттеулер нәтижесі бойынша алынған қорытындылар:

–асинхронды электр қозғалтқыштарының жұмыс істеу принциптері қарастырылды;

–генератордың номиналды жағдайындағы өлшемдері алынды (4–сурет а, б), салыстырмалы графиктер нәтижесі, номиналды жағдайдағы айналу моментінің жиілікке тәуелділігі, қозғалтқыш қуаты 40 Вт болған кездегіге қарағанда 0,9 % -ға төмен екенін көрсетеді;

–қуаттың номиналды кездегі жиілікке тәуелділігі (4–сурет а, б), қозғалтқыш қуатынан 0,24 % -ға төмен екенін көрсетеді;

–(4–сурет, в) номиналды жағдай мен 40 Вт жағдай үшін алынған айналу жылдамдығы мен жиілік тәуелділіктерінің өзгеріссіз екені шығады;

–айналу жылдамдығының қуатқа тәуелділік графигінен (5–сурет, а, б) айырмашылықтардың 0,24 % екені шығады;

–айналу жылдамдығының айналу моментіне тәуелділік графигінен (6–сурет) номиналды жағдай үшін айналу моментінің 1% төмен екені шығады;

–7-сурет бойынша, айналу жиілігі мен қуаттың тәуелділік графигі салыстырылды, магнитсіз жағдай, корпус сыртына 3 магнит жапсырылған жағдай, корпус сыртына 18 магнит жапсырылған жағдай, корпус сыртына 21 магнит жапсырылған жағдайлар қарастырылды, нәтиже – корпус сыртындағы магниттердің корпус ішіндегі магнит өрісіне, айналу жиілігіне, қуатқа әсері болмады, графиктер өзгеріссіз;

–8–сурет бойынша, алынған вольтамперлік сипаттамада магнитсіз жағдай, корпус сыртына 3 магнит жапсырылған жағдай, 18 магнит жапсырылған жағдай, 21 магнит жапсырылған жағдайлар салыстырылып, график тұрғызылды, нәтиже – корпус сыртына жапсырылған магниттер айтарлықтай корпус ішіндегі магнит өрісіне, не токқа, не кернеуге әсер ете алмайды.

### **Қорытынды**

Тәжірибе қорытындысы бойынша, генератордың сыртқы корпусына жабыстырылған магниттердің қозғалтқыш қуатына әсерін зерттелді, айналу жиілігінің айналу моментіне, айналу жылдамдығына, қуатқа әсері қарастырылды, сараптама жүргізілді. Электр қозғалтқыштардың энергетикалық тиімділігін арттыру мақсатында жасалған бұл жұмыс бойынша, магнит таяқшалары сыртқы корпусқа жапсырылғанның өзінде қуатта аз да болса өзгеріс бар. Осыған орай, магнит таяқшаларының қозғалтқыштың магнит өрісіне әсері әлсіз екенін, бірақ бар екенін айтуға болады. Болашақта магнит таяқшаларының санын көбейтіп, корпус ішіне жапсырып, энергетикалық тиімділігін зерттеуге болады.

**ӘДЕБИЕТ**

Иванов-Смоленский А.В., 2006 — *Иванов-Смоленский А.В.* Электрические машины, том 1, М., издательский дом МЭИ.

Дробов А.В., Галушко В.Н., 2015 — *Дробов А.В., Галушко В.Н.* Электрические машины: учеб. пособие—Минск: РИПО, – 292 с.

Вольде А.И., 1974 — *Вольде А.И.* Электрические машины: Учебник для студентов высш. учебн.заведений.-Л.: Энергия, – 840 с.

Копылова И.П., 2011 — *Копылова И.П.* Проектирование электрических машин: учебник для вузов / под ред.— 4-е изд., перераб. и доп. —М.: Издательство Юрайт, — 767 с.

И.Н. Дубровский, В.И. Костюченко, 2012 — *И.Н. Дубровский, В.И. Костюченко.* Электрические машины: уч.пособие/ – Комсомольск –на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2012. – 160 с.

Дуюнов Е.Д., Дуюнов Д.А., 2018 — *Дуюнов Е.Д., Дуюнов Д.А.* Совмещенные — обмотки электрических машин: справочник/ - Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, — 245с.

Костенко М.П., Пиотровский Л.М., 1973 — *Костенко М.П., Пиотровский Л.М.* Электрические машины. В2-х ч. Ч.2 – Машины переменного тока. Учебник для студентов высш.техн.учебн.заведений. – Л.: Энергия, — 648 с.

Петров Г.Н., 1963 — *Петров Г.Н.* Электрические машины. Ч.2: Асинхронные и синхронные машины. -М.-Л.: Госэнергоиздат, — 416 с.

**REFERENCES**

Ivanov-Smolensky A.V., 2006 — *Ivanov-Smolensky A.V.* Electric machines, volume 1, Moscow, Publishing house of MEI.

Drobov A.V., Galushko V.N., 2015 — *Drobov A.V., Galushko V.N.* Electric machines: textbook manual – Minsk: RIPO, – 292 p.

Volde A.I., 1974 — *Volde A.I.* Electric machines: Textbook for Higher education students. textbook.institutions. –L.: Energy, – 840 p.

Kopylova I.P., 2011 — *Kopylova I.P.* Designing electric machines: textbook for universities / ed.— 4th ed., reprint. and additional. —М.: Yurayt Publishing House, — 767 s.

I.N. Dubrovsky, V.I. Kostyuchenko, 2012 — *I.N. Dubrovsky, V.I. Kostyuchenko.* Electric machines: textbook/ – Komsomolsk–on-Amur: KnAGTU, 2012. – 160 p.

Duyunov E.D., Duyunov D.A., 2018 — *Duyunov E.D., Duyunov D.A.* Combined —windings of electric machines: handbook/ - Moscow: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, —245s.

Kostenko M.P., Piotrovsky L.M., 1973 — *Kostenko M.P., Piotrovsky L.M.* Electric machines. В2-h. h.2 – AC machines. Textbook for students of higher tech.textbook.institutions. – L.: Energy, — 648 s.

Petrov G.N., 1963 — *Petrov G.N.* Electric machines. Part 2: Asynchronous and synchronous machines. -M. -L.: Gosenergoizdat, –416 p.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY  
OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227  
Volume 345, Number 1 (2023), 206–215  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.195>

ӨЖ 001.89:004.6. 004.021

**Shomshekova S.A.**

Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan.

Email: [shomshekova@aphi.kz](mailto:shomshekova@aphi.kz)

## A REVIEW OF MACHINE LEARNING APPLICATIONS IN ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS

**Shomshekova S.A.** — PhD, Senior Researcher. Fesenkov Astrophysical Institute.  
Almaty, Kazakhstan

E-mail: [shmshekva-saule@mail.ru](mailto:shmshekva-saule@mail.ru); [shomshekova@aphi.kz](mailto:shomshekova@aphi.kz). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9841-453X>.

**Abstract.** Machine learning methods are used to predict the redshifts of galaxies. Astronomers try to classify distant galaxies and measure their redshifts using high-frequency resolved spectra, that is, precise observations of spectral line details. Currently, machine learning is widely used in fundamental problems of extragalactic astronomy and observational cosmology, making it possible to create large-scale maps of the distribution of astronomical objects in the Universe. The purpose of this article is to provide an overview of the main methods of machine learning in astronomy and astrophysics. In general, there are two main methods of machine learning: with a teacher and without a teacher. The supervised learning method is often used in astronomy. Using supervised machine learning, it is possible to predict the physical characteristics of astronomical objects based on reviews of photometric data from the sky. It is a standard tool for astronomers to determine the photometric redshift (photo- $z$ ) of extragalactic objects, classify Ia supernovae, special-type quasars, and use machine learning algorithms to identify objects in an astronomical CCD frame. In addition, optical binary systems can be detected using astrometric catalogs using artificial intelligence. Among the machine learning approaches with a teacher in astronomy, artificial neural networks (ANNs) or algorithms based on the so-called "decision tree" method are often used. Recently, reference vector and k-nearest neighbor methods have become more popular due to the increasing power of processors. The article describes actual directions in astronomy and astrophysics where machine learning is used for students and graduate students of higher educational institutions (HEIs).

**Keywords:** machine learning, Big Data, artificial intelligence, artificial neural network, Classification, Assumption

**С.А. Шомшекова**

В.Г. Фесенков атындағы Астрофизикалық институт, Алматы, Қазақстан.

E-mail: shomshekova@aphi.kz

## **АСТРОНОМИЯ ЖӘНЕ АСТРОФИЗИКА САЛАЛАРЫНДА МАШИНАМЕН ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНУ БОЙЫНША ШОЛУ**

**Шомшекова С.А.** — PhD, Аға ғылыми қызметкер. В.Г. Фесенков атындағы Астрофизикалық институт. Алматы, Қазақстан

E-mail: shmshekva-saule@mail.ru; shomshekova@aphi.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9841-453X>.

**Аннотация.** Машинамен оқыту әдістері галактикалардың қызыл ығысуын болжауға қолданылады. Астрономдар алыс галактиканы жіктеуге және қызыл ығысуын өлшеуге жоғары жиілікті ажыратылатын спектрлерді, яғни спектрлік сызықтардың бөлшектеріне нақты бақылауды жүргізуге талпынады. Қазіргі уақытта, машинамен оқыту галактикадан тыс астрономия мен бақылау ғарышнамасы бойынша іргелі мәселелерде кеңінен қолданылады, бұл Әлемдегі астрономиялық объектілердің таралуының ауқымды карталарын құруға мүмкіндік береді. Бұл мақаланың мақсаты машинамен оқытуды қолдана отырып астрономия және астрофизика салаларында қандай зерттеу бағыттарында пайдалана алатындығымыз және жалпы “машинамен оқытудың” негізгі әдістері бойынша шолу жүргізілді. Жалпы машинамен оқытуда басты екі әдіс бар: басқарылатын және басқарылмайтын. Астрономияда басқарылатын оқыту әдісі жиі қолданылады. Басқарылатын машинамен оқыту арқылы аспанның фотометрлік мәліметтерінің шолулары негізінде астрономиялық объектілердің физикалық сипаттамаларына болжам жасауға болады. Астрономдарға галактикадан тыс объектілерге фотометрлік қызыл ығсуды (photo-z) анықтау, Ia типті асқын жаңа жұлдыздарды, арнайы типтегі квазарларды жіктеуге, астрономиялық CCD-кадрдағы объектілерді анықтауға машинамен оқытудың алгоритмдерін қолдану стандартты құрал болып табылады. Сонымен қатар, жасанды интеллект әдісі арқылы астрометрлік каталогтарды қолдану арқылы оптикалық қос жұлдыздарды табуға болады. Астрономияда машинамен оқытудың басқарылатын тәсілдерінің ішіндегі жиі қолданылатын жасанды нейронды желі (ЖНЖ) немесе ағаштар шешіміне негізделген алгоритмдер. Соңғы кездері, процессорлардың қуаттылығының артуына байланысты тіректі векторлық машина немесе k-ең жақын көрші тәсілдерінің танымалдылығы айтылған. Мақалада, Жоғарғы оқу орындарының (ЖОО) астрономия және астрофизика салаларындағы студенттер мен магистранттарға арналған машинамен оқытудың өзекті бағыттары сипатталды.

**Түйін сөздер:** машинамен оқыту (Machine Learning), Үлкен Мәліметтер (Big Data), жасанды интеллект (зияткерлік), жасанды нейронды желі, жіктеу (классификация), болжам жасау

*Бұл мақала ҚР БҒМ Ғылым Комитетімен қаржыландырылды (Грант AP09258811).*

**С.А. Шомшекова**

Астрофизический институт имени В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан.

E-mail: shomshekova@aphi.kz

## **ОБЗОР ПО ПРИМЕНЕНИЮ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В АСТРОНОМИИ И АСТРОФИЗИКЕ**

**Шомшекова С.А.** — PhD, старший научный сотрудник. Астрофизический институт имени В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан

E-mail: shmshekva-saule@mail.ru; shomshekova@aphi.kz. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9841-453X>.

**Аннотация.** Методы машинного обучения используются для предсказания красных смещений галактик. Астрономы пытаются классифицировать далекие галактики и измерять их красное смещение, используя высокочастотные разрешенные спектры, то есть точные наблюдения деталей спектральных линий. В настоящее время машинное обучение широко используется в фундаментальных задачах внегалактической астрономии и наблюдательной космологии, позволяя создавать крупномасштабные карты распределения астрономических объектов во Вселенной. Цель этой статьи — предоставить обзор основных методов машинного обучения в астрономии и астрофизике. В целом, существует два основных метода машинного обучения: с учителем и без учителя. Метод контролируемого (с учителем) обучения часто используется в астрономии. Используя контролируемое машинное обучение, появляется возможность прогнозировать физические характеристики астрономических объектов на основе обзоров фотометрических данных неба. Это стандартный инструмент астрономов для определения фотометрического красного смещения (photo-z) внегалактических объектов, классификации сверхновых типа Ia, квазаров особого типа и использования алгоритмов машинного обучения для идентификации объектов в ПЗС-кадре. Кроме того, оптические двойные системы можно обнаружить с помощью астрометрических каталогов с использованием искусственного интеллекта. Среди подходов машинного обучения с учителем в астрономии часто используются искусственные нейронные сети (ИНС) или алгоритмы, основанные на так называемом методе “дерево решений”. В последнее время методы опорных векторов и k-ближайших соседей стали более популярными из-за увеличения мощности процессоров. В статье описаны актуальные направления в астрономии и астрофизике где используются машинное обучения для студентов и магистрантов высших учебных заведений (вузов).

**Ключевые слова:** машинное обучение (Machine Learning), Большие



Данные (Big Data), искусственный интеллект, искусственная нейронная сеть, классификация, предположение

### **Кіріспе**

Соңғы жылдары ауқымды астрономиялық бақылау мәліметтерінің көптігінен, оларды жылдам уақытта өңдеу және талдау мақсатында “машинамен оқыту” саласы астрономияда және астрофизикада (сондай-ақ, медицина, экономика және т.б.) салаларда өзекті бағыт болып қалыптасып келеді. Қазақстанның ЖОО жаратылыстану ғылым салысындағы мамаларды даярлауда “машинамен оқытудың” әдістерін егжей-тегжей меңгеру маңыздылығы артылуда. Бұған себеп, бір ғана астрономия саласын алғанда, Әлемде бірқатар ірі астрофизикалық жобалар мен ғарыштық миссиялар жүзеге асырылуда және жоспарлануда, мысалы: Pan-STARRS (<http://pan-starrs.ifa.hawaii.edu/public/>), DESI (<http://desi.lbl.gov>), Large Synoptic Survey Telescope (<https://www.lsst.org/scientists>), Спектр-ПГ (<http://srg.iki.rssi.ru>), EUCLID (<http://sci.esa.int/euclid/>) және т.б., жылына петабайттарды (ПБ) немесе тіпті эксабайтты (ЭБ) бақылау мәліметтерін түрлендіреді. Қазіргі кезде, В.Г. Фесенков атындағы Астрофизикалық институтының астрономиялық хабқа айналған ҚР ҰҒА академигі Т.Б. Омаров атындағы Ассы-Түрген обсерваториясының телескоптарының бірінде бір түнде 30 гигабайт ақпарат жиналады, оларды әрине жылдам уақытта өңдеу қажет.

Аспанды цифрлық шолудың, басты мақсаты Әлемнің пайда болуының және эволюциясының ғарышнамалық теориясын тексеру, Ғаламдағы астрономиялық объектілердің таралуының ауқымды карталарының негізінде Қараңғы материя мен Қараңғы энергияның табиғатын және басқада іргелі зерттеулерге байланысты сұрақтарды зерттеу.

### **Зерттеудің мақсаты**

Бұл мақаланың мақсаты машинамен оқытуды қолданып, астрономия және астрофизика саласында қандай зерттеу бағыттарында қолдана алатындығымыз және жалпы “машинамен оқытудың” негізгі әдістері бойынша шолу жүргізу болып табылады.

Машинамен оқыту (Machine Learning) — жаңа мәліметтерден қандай да бір заңдылықтарды іздеу үшін бар мәліметтерді қолдану арқылы, алгоритмдерді құруға математикалық әдістердің жиынтығын белгілеуге қолданылады. Ал, математикалық аппараттар — сызықты алгебрадан, қолданбалы математикалық статистикадан, сандық әдістерді оңтайландырудан, дискретті талдаудан тұрады (Кирюхина, 2021).

Бастапқы уақытта, машинамен оқыту жасанды интеллект саласындағы зерттеулердің бір бөлігі болып табылды. Ол 1990 жылы жеке бағыт ретінде бөлініп шықты. Астрономияда мәліметтердің көптігіне және технологияның дамылсыз жетілдіріліп отыратындығына байланысты және мәліметтерді сақтау маңызды болғандықтан, машинамен оқытуға жүгінген жаратылыстану ғылымының ішіндегі басты салалардың бірі болып табылды. Яғни, бақылау

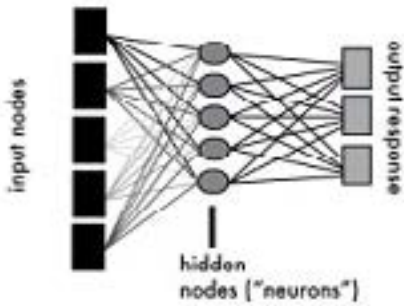
базаларынан ақпараттарды алу үшін мәліметтерге интеллектуалды тұрғыда талдау жүргізу қолдану (Kreikenbohm, 2018). Астрономияда мәліметтерді талдау бойынша жақсы тарихи мысал бар, 1996 жылы Цефеид айнымалыларын автоматты түрде табуға компьютерленген алгоритмдер арқылы сиретілген мәліметтер бойынша орташа шамадағы және амплитудаларын және олардың периодтарын анықтауға қолданылды (Stetson, 1996).

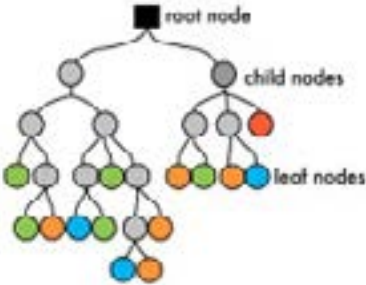
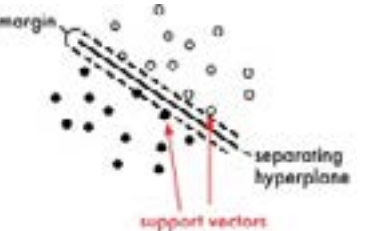

**Әдістер мен материалдар**

Жалпы машинамен оқытуда басты екі әдіс бар: басқарылатын және басқарылмайтын. Астрономияда басқарылатын оқыту әдісі жиі қолданылады. Бұл әдіс зерттелетін объектілердің мәліметтер жиынтығына негізделген (мысалға, бақыланатын объектілерді жіктеу), олардың жауабы жоғары дәлдікпен бізге белгілі. Астрономияда жиі қолданылатын жасанды нейронды желі (ЖНЖ) немесе ағаштар шешіміне негізделген алгоритмдері болып табылады. Мысалы, жасанды интеллект әдісі арқылы астрометрлік каталогтарды қолдану арқылы оптикалық қос жұлдыздарды табу. HIPPARCOS және Pan-STARRS каталогтары, шамамен 100 мың объектілер негізінде зерттеу жүргізілді (Сажин, 2022). Соңғы кездері, процессорлардың қуаттылығының өсуіне байланысты тіректі векторлық машина немесе k-ең жақын көрші тәсілдері танымал болып келеді 1-кестеде берілген.

Басқарылмайтын оқыту әдісінде дұрыс шешімдердің нұсқалары жоқ, тек қана объект және олардың белгілілері бар. Есептің мағынасы осы объектілердің жиынтығының құрылымын анықтау. Мұндай есептерге кластерлеуді жатқызуға болады. Мысалы, ауқымды мәтіндер жиынтығын автоматты түрде құрылымдап, мәтіндерді тақырыптарға бөлу қажет. Сонымен қатар кластерлеу сайттардағы тұтынушыларды топтарға бөлуге қолданылады (Michie et al, 1994).

*Кесте 1.* Машинамен оқыту арқылы басқарылатын танымал алгоритмдердің базалық сипаттамалары мен визуализациялары (Kreikenbohm, 2018, 73–746.)

Атауы	Сипаттамалары
<p>Жасанды нейронды желі (ЖНЖ) Artificial Neural Networks (ANN)</p>  <p>The diagram illustrates a feedforward neural network. On the left, there is a vertical column of five black rectangular boxes labeled 'input nodes'. These are connected to a central column of five grey circular nodes labeled 'hidden nodes ["neurons"]'. Each input node is connected to every hidden node. The hidden nodes are then connected to a vertical column of three grey rectangular boxes on the right labeled 'output nodes'.</p>	<p>Бір-бірімен байланысқан бірнеше өлшенген байланыстары бар түйіндерден (жасырын түйіндер) тұрады. Мақсатты нәтижеге объектінің қасиеттерін әрбір түйінді сипаттайды және белгілі бір белсендіру функциясы бар.</p>

<p>Ағаштар шешімдері Decision Trees (DT)</p> 	<p>Ата-аналық популяциядан барлық объектілердің түпкі түйіндерінен бастап, популяцияны бөлетін әрбір түйін ішкі түйіндерге бөлінеді (мысалы, параметрлердің шектік мәндері бойынша). Үдеріс қайталау түрде қайталанады, нәтижесінде ағаш (туынды үдеріс) түйіндері жапырақ түйіндерінің соңғы қабатына дейін, анықталған қолданушы критерийлерімен байланысты жасалады (мысалы, түйіндегі объектілердің популяциялануының минималды немесе түйіндердің максималды саны).</p>
<p>Тіректі векторлық машина Support Vector Machine (SVM)</p> 	<p>Алгоритм шешімді қабылдауда шекара құрады, яғни параметрлердің кеңістіктегі көп өлшемді қабаты, тіректі вектор термині арқылы анықталады. Оның мақсаты гипержазықтықта іздеу, ол екі класстағы мәліметтерді ең жақсы жолмен бөледі. Кіретін мәліметтер векторлар жиыны тәрізді қарастырылады, ал мәліметтердің нүктелері жіктеу шекарасына анағұрлым жақын, тіректі векторлар болып табылады.</p>
<p>k-ең жақын көрші k-nearest neighbor (KNN)</p> 	<p>Әрбір объектінің орны кіретін кеңістіктегі төлсипаттары жадта сақталады. Сондан кейін, әрбір сынақты объектінің сол төлсипаттары барлық оқылатын жиынтықпен салыстырылады және кеңістіктегі төлсипаттардың қашықтығы бойынша өлшенетін, k-ең жақын көрші қасиеттерін қолдану арқылы шығысы анықталады.</p>

*Машинамен оқытудың астрономия және астрофизикада қолданылатын негізгі бағыттарына шолудың нәтижелері*

Машинамен оқытуды астрономия және астрофизикада келесі міндеттерде қолданылады:

Кейде зерттеушілерге сурет бойынша (астрономиялық CCD-кадр) белгілі бір аспанның бөлігінен — галактика, жұлдыз, пульсар немесе квазар екендігін анықтау қиын. Бұл объектілер кадрларда бірдей болып көрінуі мүмкін. Ал, олардың спектрлерін зерттеу арқылы жіктеу жасап, оның химиялық құрамын анықтай отырып, қай объектіге жататындығын нақты айта аламыз. Сонымен, машинамен оқыту технологияларын қолдана отырып, жинақталған үлкен мәліметтерді талдау арқылы бір топ объектілерге жіктеу (классификация) жасай аламыз.

*Қызыл ығысуды зерттеу.* Квазар, галактика немесе жұлдыз айтарлықтай алыс орналасқан болса, оның алыстау жылдамдығының мәні үлкен болады, сәйкесінше қызыл ығысудың көрсеткіш шамасы үлкен болады. Объектілердің спектрлері арқылы қызыл ығысуды анықтай аламыз. Спектрді алу мүмкін болмаған жағдайда, объектілердің әртүрлі фильтрдеге суреттерін (астрономиялық CCD-кадр) алып, машинамен оқытудың әдістерін қолданып, талдау арқылы анықтай аламыз. Мещеряков және т.б (Мещеряков, 2018) галактикадан тыс объектілердің фотометрлік қызыл ығысуының ықтимал болжамын алуға екі әдіс қолданған, кездейсоқ орман (random forest) алгоритмдер ансамблі және градиенттік бустинг (күшейту), олар өз алдына заманауи машинамен оқытудың ансамблді алгоритмдер квантильді регрессия тәсілін қолдануға жүгінген.

*Галактикаларды жіктеу.* Галактикалар ең жарық ғарыштық объектілер, қазіргі кезде “Sloan Digital Sky Survey”, “Hubble” тәрізді құралдардың арқасында мыңдаған галактикалардың суреттері ғалымдарға қол жетімді, оларды қолданып талдаулар және зерттеулер жүргізе аламыз. Галактикалардың морфологиялық сипаттамалары (Willett et al, 2013), олардың жасалу үдерісі және ядроларының белсенділігі және жұлдыздардың қозғалысының ішкі динамикалары туралы ақпараттарды құрайды. Бұл жұмыста (Титовский, 2022), астрономияда қолданылатын визуалды көрсеткіштері бойынша галактикаларды топтарға бөлу арқылы морфологиялық жіктеу жүргізілген. Жұмыста үйіріктілі нейронды желі қолданылған (CNN) (Geron, 2019). Үйіріктілі нейронды желі (CNN) машинамен оқытуда, атап айтқанда объектілерді табу, жіктеу, мәліметтерді сегменттеу және т.б. қолданылады.

*Асқын жаңа жұлдыздарды зерттеу.* 2013 жылы “The Dark Energy Survey” атты 5 жылдық зерттеу бағдарламасы басталды. Бағдарламаның мақсаты Оңтүстік жарты шарды инфрақызыл және оптикалық камералар көмегімен бақылап, мәліметтер алу. Басты мақсат Әлемнің динамикасын, Ia типтегі асқын жаңа жұлдыздар әдісін қолдана отырып құрылымын ғылыми тұрғыда зерттеу (Venkitesh, 2022). Бағдарлама аясында ғалымдар күн сайын көптеген суреттерді (астрономиялық CCD-кадр) алады және олар өндеуді талап етеді. Зерттеушілер осыған орай, “autoScan” алгоритмін жазды, бұл алгоритм суреттегі шынайы объектіден жасанды затты айыра алады.

*Экзопланеталардың атмосфераларының құрамын анықтау.* 2016 жылы (Waldmann, 2016) мақалада жасанды нейронды желі RobERt туралы жазылды. RobERt (Robotic Exoplanet Recognition) - бұл экзопланеталардың спектрлерін жіктеуге арналған нейронды желінің базасында жазылған модель, дәлдігі 99,7 % құрайды. Оның көмегімен экзопланеталардың спектрлері арқылы олардың атмосфераларының сипаттамаларын анықтауға болады.

*Нәтижелердің жаңғыртылуы.* Егерде тәжірибеде тек бір бақылау болса, онда ғылыми тұрғыдан алғанда бұл тәжірибенің нәтижесін сенімді деп санау күмәнді. Астрономия немесе астрофизикадағы әрбір бақылау кейбір метамәліметтермен бірге жүреді, мысалы, зерттеу параметрлері,

бақылау уақыты, орналасқан жері, ауа райы, ай фазасы, бақылау құралдары, өңдеу құралдары және т.б. Бүгінгі таңда басқа құралдың көмегімен қайта шығаруға болмайтын нәтижелер алынады және өңделеді. Осылайша, барлық метамәліметтерді ескере отырып, барлық бақылауларды өңдеуге арналған машинамен оқыту және мәліметтерді талдау моделін құру өте өзекті болып табылады, ол осы жағдайлардың барлығын есепке ала алады және қателік ықтималдығын азайтады.

### **Қорытынды**

Астрономия және астрофизика салаларында машинамен оқыту арқылы қызыл ығысуды анықтап, Әлемдегі астрономиялық объектілердің таралу картасын құра аламыз. Сонымен қатар, астрофизикадағы өзекті тақырып, экзопланеталық жүйелердің атмосфераларының құрамын анықтауға мүмкіндік береді. Машинамен оқыту галактикадан тыс астрономиялық объектілерді зерттеуде кеңінен қолданылуда. Қазіргі кезде астрофизика және қарапайым бөлшектер физикасы салаларында машинамен оқыту бойынша танымал Kaggle (<https://www.kaggle.com/duncandean/flavours-of-physics-baseline>) платформасында жинақталған мәліметтер ғылыми жаңалық ашудың құралы ретінде және ЖОО студенттерге білім беруге қолдануға болады (<https://www.kaggle.com/vinesmsuic/star-categorization-giants-and-dwarfs>, Кирюхина, 2018). Сондай-ақ, интеллектуалды жүйелердің дамуы көптеген үдерістерді автоматтандыруға мүмкіндік беретіндігіне, ол астрономия мен астрофизикадағы ғылыми зерттеулердің алға басуын жеделдететінін атап өткен жөн.

### **ӘДЕБИЕТТЕР**

- “Dark Energy Spectroscopic Instrument”. <http://desi.lbl.gov> сұрау салынған күні 06.12.2022.
- “Euclid” <http://sci.esa.int/euclid/> сұрау салынған күні 06.12.2022.
- Flavours-of-physics [Electronic resource]. – URL: <https://www.kaggle.com/duncandean/flavours-of-physics-baseline> сұрау салынған күні 12.12.2022.
- Geron A., 2019 — *Geron A.* Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems. — O’Reilly Media.
- Kreikenbohm A., 2018. — *Kreikenbohm A.* Classifying the High-Energy Sky with Spectral Timing Methods // PhD Thesis, University Wuerzburg: – P. 269. DOI: 10.25972/OPUS-19205.
- “LSST Information for Scientists” <https://www.lsst.org/scientists> сұрау салынған күні 06.12.2022.
- Michie D., Spiegelhalter D.J., Taylor C.C., 1994 — *Michie D., Spiegelhalter D.J., Taylor C.C.* Machine Learning, Neural and Statistical Classification/ D. Michie, D.J. Spiegelhalter, C.C. Taylor. – C. 265.
- “Pan-STARRS” <http://pan-starrs.ifa.hawaii.edu/public/> сұрау салынған күні 06.12.2022.
- Stetson P.B., 1996 — *Stetson P.B.* On the Automatic Determination of Light-Curve Parameters for Cepheid Variables // Publications of the Astronomical Society of the Pacific. – Vol. 108. –P. 851. DOI: 10.1086/133808.
- Star Dataset: Stellar Classification [Beginner] Identify Giants and Dwarfs through Machine Learning [Electronic resource]. — URL: <https://www.kaggle.com/vinesmsuic/star-categorization-giants-and-dwarfs> / сұрау салынған күні 12.12.2022.
- Venkitesh A., Robert K.Jr., et.al., 2022 — *Venkitesh A., Robert K.Jr., et.al.* Identifying Transient Candidates in the Dark Energy Survey Using Convolutional Neural Networks // Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 134:094501. –P.14. DOI. 10.1088/1538-3873/ac8375.

Willett K.W., Lintott C.J., Bamford S.P et al., 2013 — *Willett K.W., Lintott C.J., Bamford S.P et al.* Galaxy Zoo 2: detailed morphological classifications for 304,122 galaxies from the Sloan Digital Sky Survey // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* – Pp. 1–9. <https://doi.org/10.1093/mnras/stt1458>.

Waldmann I.P., 2016 — *Waldmann I.P.* Dreaming of Atmospheres. *The Astrophysical Journal.* – Vol. 820. – Is. 2. – P. 8. DOI: 10.3847/0004-637X/820/2/107.

Кирюхина Н.В., Новикова Д.В., 2021 — *Кирюхина Н.В., Новикова Д.В.* Machine Learning Methods in Astrophysics and Particle Physics // *Научные труды Калужского государственного университета имени К.Э.Циолковского.* – 2021. – С.175–183.

Кирюхина Н.В., Ермаков А.К., Кирюхин П.К., 2018 — *Кирюхина Н.В., Ермаков А.К., Кирюхин П.К.* Модельный эксперимент в лабораторно-вычислительном практикуме для бакалавров педагогического образования с профилями «Математика» и «Физика» // *Вестник Калужского университета.* – 2018. – № 4. – С. 96–100.

Мещераков А.В., Глазкова В.В. и др., 2018 — *Мещераков А.В., Глазкова В.В. и др.* Измерение вероятностных фотометрических красных смещений рентгеновских квазаров на основе квантильной регрессии ансамблей деревьев решений. // *Письма в Астрономический Журнал.* – 2018. – Т. 44. № 12. – Pp. 801–820.

Сажин М.В., Семенцов В.Н. и др., 2022 — *Сажин М.В., Семенцов В.Н. и др.* Повышение качества каталогов кратных звезд с использованием искусственного интеллекта // *Журнал информационное общество.* – 2022. № 5. – Pp.106–115. [https://doi.org/10.52605/16059921\\_2022\\_05\\_106](https://doi.org/10.52605/16059921_2022_05_106).

“Спектр-Рентген-Гамма” <http://srg.iki.rssi.ru> сұрау салынған күні 06.12.2022.

Титовский Д.В., 2022 — *Титовский Д.В.* Автоматизация классификации галактик по их морфологическим типам // *МЦНП «Новая наука».* – С.136–143.

## REFERENCES

“Dark Energy Spectroscopic Instrument” <http://desi.lbl.gov> сұрау салынған күні 06.12.2022.

“Euclid” <http://sci.esa.int/euclid> сұрау салынған күні 06.12.2022.

Flavours-of-physics [Electronic resource]. — URL: <https://www.kaggle.com/duncandean/flavours-of-physics-baseline> сұрау салынған күні 12.12.2022.

Geron A., 2019 — *Geron A.* Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow: Concepts, Tools, and Techniques to Build Intelligent Systems. — O’Reilly Media,

Kreikenbohm A., 2018. — *Kreikenbohm A.* Classifying the High-Energy Sky with Spectral Timing Methods // *PhD Thesis, University Wuerzburg:* – P. 269. DOI: 10.25972/OPUS-19205.

“LSST Information for Scientists” <https://www.lsst.org/scientists> сұрау салынған күні 06.12.2022.

Michie D., Spiegelhalter D.J., Taylor C.C., 1994 — *Michie D., Spiegelhalter D.J., Taylor C.C.* Machine Learning, Neural and Statistical Classification/ D. Michie, D.J. Spiegelhalter, C.C. Taylor. – C. 265.

“Pan-STARRS” <http://pan-starrs.ifa.hawaii.edu/public/> сұрау салынған күні 06.12.2022.

Stetson P.B., 1996 — *Stetson P.B.* On the Automatic Determination of Light-Curve Parameters for Cepheid Variables // *Publications of the Astronomical Society of the Pacific,* – Vol.108. –P. 851. DOI: 10.1086/133808.

Star Dataset: Stellar Classification [Beginner] Identify Giants and Dwarfs through Machine Learning [Electronic resource]. — URL: <https://www.kaggle.com/vinesmsuic/star-categorization-giants-and-dwarfs> / сұрау салынған күні 12.12.2022.

Venkitesh A., Robert K.Jr. et.al., 2022 — *Venkitesh A., Robert K.Jr. et.al.* Identifying Transient Candidates in the Dark Energy Survey Using Convolutional Neural Networks // *Publications of the Astronomical Society of the Pacific,* 134:094501. –P. 14. DOI. 10.1088/1538-3873/ac8375.

Willett K.W., Lintott C.J., Bamford S.P et al., 2013 — *Willett K.W., Lintott C.J., Bamford S.P et al.* Galaxy Zoo 2: detailed morphological classifications for 304,122 galaxies from the Sloan Digital Sky Survey // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* – Pp. 1–29. <https://doi.org/10.1093/mnras/stt1458>.

Waldmann I.P., 2016 — *Waldmann I.P.* Dreaming of Atmospheres. *The Astrophysical Journal.* – Vol. 820. – Is. 2. – P. 8. DOI: 10.3847/0004-637X/820/2/107.

Kirjuhina N.V., Novikova D.V., 2021 — *Kirjuhina N.V., Novikova D.V.* Machine Learning Methods in Astrophysics and Particle Physics // Nauchnye trudy Kaluzhskogo gosudarstvennogo universiteta imeni K.Je.Ciolkovskogo. - Pp.175–183.

Kirjuhina N.V., Ermakov A.K., Kirjuhin P.K., 2018 — *Kirjuhina N.V., Ermakov A.K., Kirjuhin P.K.* Model'nyj jeksperiment v laboratorno-vychislitel'nom praktikume dlja bakalavrov pedagogicheskogo obrazovanija s profiljami «Matematika» i «Fizika» //Vestnik Kaluzhskogo universiteta. – № 4. – Pp. 96–100.

Meshherjakov A.V., Glazkova V.V., 2018 — *Meshherjakov A.V., Glazkova V.V.*, Izmerenie verojatnostnyh fotometricheskikh krasnyh smeshhenij rentgenovskih kvazarov na osnove kvantil'noj regressii ansamblej derev'ev reshenij. // Pis'ma v Astronomicheskij Zhurnal. – T. 44. № 12. –Pp. 801–820.

Sazhin M.V., Semencov V.N., 2022 — *Sazhin M.V., Semencov V.N.* Povyshenie kachestva katalogov kratnyh zvezd s ispol'zovaniem iskusstvennogo intellekta // Zhurnal informacionnoe obshhestvo. № 5. –Pp. 106–115. [https://doi.org/10.52605/16059921\\_2022\\_05\\_106](https://doi.org/10.52605/16059921_2022_05_106).

“Spektr-Rentgen-Gamma” <http://srg.iki.rssi.ru> sypau salynfan kyni 06.12.2022.

Titovskij D.V., 2022 — *Titovskij D.V.* Avtomatizacija klassifikacii galaktik po ih morfologicheskim tipam //MCNP «Novaja nauka». Pp.136–143.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY  
OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227

Volume 345, Number 1 (2023), 216–228  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.196>

UDC 666.669

© **G.B. Begimbayeva**<sup>1\*</sup>, **R.O. Orynassar**<sup>1</sup>, **A.K. Zhumabekova**<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup>Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan.

E-mail: [gulya\\_b92@mail.ru](mailto:gulya_b92@mail.ru)

## ON THE IMPACT OF STORAGE TIME ON THE COMPOSITION OF TECHNOLOGICAL LIME FOR FERROALLOY PRODUCTION

**Begimbayeva Gulbanu Bekbolatovna** — Master's Degree student of Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Aktobe, Kazakhstan

E-mail: [gulya\\_b92@mail.ru](mailto:gulya_b92@mail.ru);

**Orynassar Raigul Orynassarovna** — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Chemistry and Chemical Technology, K. Zhubanov Aktobe Regional University

E-mail: [raihan\\_06\\_79@mail.ru](mailto:raihan_06_79@mail.ru). ORCID: 0000-0002-6198-3018;

**Zhumabekova Aray Kerimakinovna** — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan

E-mail: [zhumabekova\\_ak@mail.ru](mailto:zhumabekova_ak@mail.ru). ORCID: 0000-0001-6743-8953.

**Abstract.** Lime is used as a slag-forming additive in the ferroalloy industry. When melted, limestone products form a slag layer on the metal surface, including when casting liquid metal in a ladle. The result is that the slag effectively reduces heat loss during production, which saves energy resources. There are cases of long downtimes (from 2 to 30 days) at ferroalloy enterprises, and therefore, for a long period of production shutdown, charge and auxiliary materials, including burnt lime, remain in the charge bins. According to the technology in force at the enterprises, charge and auxiliary materials with a moisture content of not more than 1 % are used for metal production. Usually, during long-term storage of bulk materials in bunkers, the humidity changes slightly. In this work, the influence of the environment and storage time on the content of CaO in lime for five days, as well as the dependence of the total moisture content of burnt lime on the duration of its storage in air, was investigated. It has been established that the content of CaO in lime changes (decreases) under the influence of storage time, as evidenced by laboratory data: in five days, the content of CaO fell by about 8 %. And the humidity in the burnt lime increases from 1 % when using freshly burnt lime with a shelf life of not more than two days after unloading from the kiln to 5.5 % – after the expiration of a shelf life of 15 days.



**Key words:** lime, flux, slag, ferroalloy production, shelf life, environment, CaO content, humidity, hydrated moisture

© Г.Б. Бегимбаева<sup>1\*</sup>, Р.О. Орынбасар<sup>1</sup>, А.К. Жумабекова<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup>Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті (АӨУ),  
Ақтөбе, Қазақстан;

<sup>2</sup>Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан.  
E-mail: gulya\_b92@mail.ru

## **ФЕРРОКОРЫТПА ӨНДІРІСІНДЕГІ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ӘКТИҢ ҚҰРАМЫНА САҚТАУ УАҚЫТЫНЫҢ ӘСЕРІ**

**Бегимбаева Гүльбану Бекболатовна** — магистрант. Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті (АӨУ), Ақтөбе, Қазақстан  
E-mail: gulya\_b92@mail.ru;

**Орынбасар Райгүл Орынбасарқызы** — химия ғылымдарының кандидаты, Ақтөбе өңірлік университетінің «Химия және химиялық технология» кафедрасының доценті. Қ. Жұбанова  
E-mail: raihan\_06\_79@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6198-3018;

**Жумабекова Арай Керимақынқызы** — химия ғылымдарының кандидаты, Қазақ технология және бизнес университетінің доценті, Астана, Қазақстан  
E-mail: zhumabekova\_ak@mail.ru. ORCID: 0000-0001-6743-8953.

**Аннотация.** Әк ферроқорытпа өнеркәсібінде шлак түзетін қоспа ретінде қолданылады. Әктас бұйымдары балқыған кезде металл бетінде шлак қабатын құрайды, оның ішінде сұйық металды шөмішке құйғанда. Нәтижесінде қож өндіріс кезінде жылу шығынын тиімді төмендетеді, бұл энергия ресурстарын үнемдейді. Ферроқорытпа кәсіпорындарында ұзақ уақыт (2 күннен 30 күнге дейін) тоқтап тұру жағдайлары бар, сондықтан өндіріс ұзақ уақыт тоқтаған кезде шихта және қосалқы материалдар, оның ішінде күйдірілген әк шихта бункерлерінде қалады. Кәсіпорындарда қолданылып жүрген технология бойынша металл өндірісі үшін ылғалдылығы 1 %-дан аспайтын шихта және көмекші материалдар қолданылады. Әдетте, сусымалы материалдарды бункерлерде ұзақ сақтау кезінде ылғалдылық аздап өзгереді. Бұл жұмыста бес күн бойы әктегі СаО мөлшеріне қоршаған ортаның және сақтау уақытының әсері, сонымен қатар күйдірілген әктің жалпы ылғалдылығының оның ауада сақтау ұзақтығына тәуелділігі зерттелді. Сақтау уақытының әсерінен әктегі СаО мөлшері өзгереді (төмендейтіні) анықталды, бұл зертханалық мәліметтермен дәлелденді: бес күн ішінде СаО мөлшері шамамен 8 %-ға төмендеді. Ал күйдірілген әктегі ылғалдылық пештен түсіргеннен кейін сақтау мерзімі екі күннен аспайтын жаңа күйдірілген әкті пайдаланған кезде 1 %-дан 5,5 %-ға дейін – 15 күндік жарамдылық мерзімі өткеннен кейін жоғарылайды.

**Түйін сөздер:** әк, флюс, шлак, ферроқорытпа өндірісі, сақтау мерзімі, қоршаған орта, СаО мөлшері, ылғалдылық, гидратталған ылғал

© Г.Б. Бегимбаева<sup>1\*</sup>, Р.О.Орынбасар<sup>1</sup>, А.К. Жумабекова<sup>2</sup>, 2023

<sup>1</sup>Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова,  
Актобе, Казахстан;

<sup>2</sup>Казахский университет технологии и бизнеса, Астана, Казахстан.

E-mail: gulya\_b92@mail.ru

## О ВОЗДЕЙСТВИИ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ НА СОСТАВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗВЕСТИ ДЛЯ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Бегимбаева Гульбану Бекболатовна** — магистрант, Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, Актобе, Казахстан

E-mail: gulya\_b92@mail.ru;

**Орынбасар Райгуль Орынбасаровна** — кандидат химических наук, доцент кафедры химии и химической технологии Актюбинского регионального университета им. К. Жубанова

E-mail: raihan\_06\_79@mail.ru. ORCID: 0000-0002-6198-3018;

**Жумабекова Арай Керимакиновна** — кандидат химических наук, доцент, Казахский университет технологий и бизнеса, Астана, Казахстан

E-mail: zhumabekova\_ak@mail.ru. ORCID: 0000-0001-6743-8953.

**Аннотация.** В качестве шлакообразующей присадки в ферросплавной промышленности используют известь. При плавлении известняковые продукты образуют слой шлака на поверхности металла, в том числе при литье жидкого металла в ковше. Результатом является то, что шлак эффективно уменьшает потери тепла при производстве, что позволяет экономить энергетические ресурсы. На ферросплавных предприятиях отмечаются случаи длительных простоев (от 2 до 30 суток) и в связи с этим, на протяжении длительного периода остановки производства в бункерах шихтоподачи остаются шихтовые и вспомогательные материалы, в том числе обожженная известь. По действующей на предприятиях технологии, для производства металла используются шихтовые и вспомогательные материалы с содержанием влаги не более 1 %. Обычно в процессе длительного хранения сыпучих материалов в бункерах влажность изменяется незначительно. В данной работе исследовалось воздействие окружающей среды и сроков хранения на содержание СаО в извести в течение пяти дней, а также зависимость общей влажности обожженной извести от длительности ее хранения на воздухе. Установлено, что содержание СаО в извести изменяется (уменьшается) под влиянием времени хранения, о чем свидетельствовали лабораторные данные: за пять дней содержание СаО упало примерно на 8 %. А влажность в обожженной извести возрастает с 1 % при использовании свежееобожженной извести со сроком хранения не более двух суток после выгрузки из обжиговой печи до 5,5 % – после истечения срока хранения 15 суток.

**Ключевые слова:** известь, флюс, шлак, ферросплавное производство, сроки хранения, окружающая среда, содержание СаО, влажность, гидратная влага

## **Введение**

Иногда ферросплавные заводы используют руды, требующие дополнительного обогащения, такие как бедные марганцевые и реже хромовые руды, которые подвергают пирометаллургическому обогащению с получением богатых по содержанию ведущего элемента легкоплавких жидких шлаков, которые затем перерабатывают в конечную продукцию.

При поставках продукции за рубеж казахстанские металлургические предприятия заинтересованы в соответствии системы международных (ISO) и европейских стандартов (EN) (Белоглазов и др., 2008: 10). Характеристики материала (химический состав), свойства сырьевого материала (дисперсный состав) и вспомогательных веществ (химический состав) также строго регламентируются. Обычно в металлургической промышленности используют известь негашеную, в качестве важного компонента для очистки металла от фосфорных, серых или кремниевых примесей. Они образуются после введения кислорода к расплавленному чугуно или стали. Введение в процесс производства происходит в три этапа: во первых для производства окатышей (полуфабрикаты железа, которые и загружаются в плавильную печь), во вторых, очищают материал от серы перед плавкой, и в-третьих: после того, как к плавленому материалу примешивается кислород, известь в твердом или измельченном состоянии добавляют в печи, чтобы образовались жесткие шлаки, которые легко можно удалить на данном этапе. Подобное использование делает сталь сверхчистой: именно в таком виде она больше всего ценится на рынке (Санджив, 2018: 686).

В технологии производства металла, который имеет низкий уровень серы, для эффективного удаления серы из ферросплава необходимо в больших количествах присаживать твердую шлаковую смесь (Шрама и др., 2017: 333). Сера является наиболее нежелательной примесью в стали, и ее удаление может быть экономически нецелесообразным без использования высококальциевой извести либо при десульфурации чугуна, либо при вторичной металлургической обработке (Хассал и др., 1988).

На сегодняшний день для более глубокой десульфурации металла используют введение извести, которая является одним из самых эффективных способов. Десульфурация улучшается с увеличением концентрации оксида кальция до достижения предела насыщения (масс. % 55–60), а далее скорость десульфурации ограничивается. Известь с высоким содержанием CaO улучшает сульфидную емкость и конечный уровень содержания серы в стали. Обогащение шлака загрязненной известью, крайне нежелательно, так как это может повлиять на поглотительную способность шлака (Хейя и др., 1973: 249)

При производстве низкоуглеродистого феррохрома широко применяют загрузку в печь горячих руды и извести, в том числе и после совместного обжига их в трубчатых вращающихся печах. В ферросплавном производстве известь используется в качестве шлакообразующей присадки (производство феррохрома — до 1500 кг/т, ферромарганца — 250 кг/т.). По данным

статистики, в начале 90-х годов черная металлургия произвела около 11 миллионов тонн извести: это около 38 % от ее валового производства. Всего в ферросплавном производстве стран СНГ используется около 700 тыс. т извести ежегодно (Монастырев, 1978: 35).

Совокупность характеристик и производительности агломерата зависит от качества гранулометрического состава, количества извести в процессе обработки. Геометрия важна для создания однородного смешения, которое влияет на проницаемость шихты и в конечном итоге зависит от условий горения и теплопередачи во время спекания. При использовании негашёной извести улучшается теплопередача в спекаемом слое. Дозирование извести во время агломерации потенциально может увеличить производительность агломерата примерно на 20 %, снизив себестоимость тонны и уменьшив возврат агломерата (Ди Джорджио и др., 2011; Ван Лоо и др., 2014).

Качество извести, используемой предприятиями черной металлургии, в том числе и ферросплавной промышленностью, регламентируется стандартом ГОСТ 9179, ОСТ 14-16-165-85 и СТ АО 040541002353-10-2021. Прочность стали зависит от разных условий в шлаковом отходе, которые могут быть изменены добавлением соответствующей извести. Именно поэтому стоит уделить особенное внимание химическим, физическим и механическим свойствам извести (Сарна, 2015). Известь для выплавки ферросплавов по химическому составу должна удовлетворять требованиям, приведенным в Таблице 1.

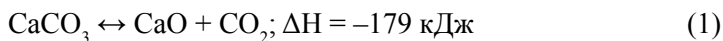
Таблица 1. Химический состав извести для ферросплавного производства (ОСТ 14-16-165-85)

Марка	Сорт	CaO <sub>общ</sub> , %, не менее
ИФ-0	1	97
ИФ-1	1	93
	2	90
ИФ-2	1	90
	2	85

Целью данной работы являлось исследование влияния окружающей среды и сроков хранения на содержание CaO в извести. Общеизвестно, что негашеная известь представляет собой вещество белого цвета, которое имеет кристаллическую структуру. Известь должна содержать > 90 % CaO. Основным процессом при производстве извести является обжиг, при котором известняк декарбонизируется и превращается в известь.

В заводских условиях температура обжига известняка зависит от плотности известняка, наличия примесей, типа печи и ряда других факторов и составляет обычно 1100–1200°C.

Реакция обжига обратима и описывается уравнением:



Доля примесей различного типа — доломитов, известняка, а также иных ископаемых магнезио-кальциевого типа не может превышать 6–8 %. Она делается в соответствии с ГОСТ 9179-77 «Известь строительная. Технические условия». По требованиям ГОСТ, известь необходимо измельчать таким образом, чтобы остаток после прохода через сито под номерами 02 и 008 был не более 1,5 и 15 % соответственно (ОСТ 14-16-165-85).

При оценке качества воздушной извести следует учитывать несколько показателей. В первую очередь, это содержание свободных оксидов кальция и магния в ней. Чем выше их содержание, тем выше будет качество извести. Оксид кальция, имеющий щелочной характер, нейтрализует кремнезем и связывает серу, которые содержатся в пустой породе. Содержание CaO в извести напрямую влияет на ее активные свойства.

Термин «свежеобожженная известь» используется условно, поскольку от момента выгрузки извести в печь до непосредственного использования для наведения шлака необходимо отобрать пробы и выполнить химический анализ каждой партии извести, загрузить её в шихтовый пролет отделения сульфатов и наполнителей ЭСПЦ (электросталеплавильный цех), подробить до фракции 5–50 мм, отгрузить в бункер системы шихтоподачи. Все перечисленные процедуры занимают от 1 до 2 суток. Хранение негашеной извести осуществляется в сухом закрытом неотапливаемом помещении в течение 15 суток. Более длительное хранение приводит к карбонизации, что снижает ее активные свойства. Поэтому хранят обычно не более 15-тидневного запаса, необходимого для работы. В производственных условиях лучше всего для хранения подходят резервуары, оснащенные системами подачи (Монастырев, 1979).

Чтобы сохранить известь, которую хранят в бункерах шихтоподачи необходимо учитывать, что свежеобожженная известь взаимодействует с водой, содержащейся в воздушной атмосфере цеха:



Оксид кальция легко гидратируется с выделением большого количества тепла. Из-за длительных (от 2 до 30 суток) простоев производства в ЭСПЦ, необходимо учитывать, что свежеобожженная известь при длительном хранении в бункерах насыщается водой до содержания значительно превышающего рекомендованное значение не более 1 % по массе. Поэтому известь не может храниться длительное время, так как при этом активность ее значительно снижается за счет взаимодействия с влагой воздуха. Увеличение срока хранения извести приводит к ее карбонизации, что затрудняет размельчение извести в процессе дальнейшей обработки. Также с целью уменьшения негативного влияния повышенного (более 6 ppm) содержания

водорода в невакумированной стали на качество (пористая структура, подкорковые пузыри, водородное охрупчивание, трещины металла) и с целью снижения вероятности образования прорывов жидкого металла и подвисяния заготовки в кристаллизаторе, создание покровного шлака для внепечной обработки в сталеразливочном ковше, необходимо использовать лишь свежую обжиговую известь с сроком хранения не более двух суток после выгрузки из печи.

В работе использовались теоретические и экспериментальные методы исследований. Для анализа химического состава извести применялись химические методы изучения свойств: титриметрия. При постановке и проведения лабораторных и опытно-промышленных испытаниях реализованы методы планирования эксперимента, статистического наблюдения. Для того чтобы провести анализ, были использованы заводские методы технологического контроля (ГОСТ 22688-77).

### **Материалы и методы**

В испытательной химической лаборатории, в экспериментальных целях проведено исследование лабораторной пробы извести от 23.02.2022 года. Для проведения химического анализа пробу извести, отобрали по ГОСТ 9179, последовательным квартованием подготовили пробу массой 40 г, растерта до полного прохождения через сетку № 008 по ГОСТ 6613. Измерение массовой доли оксида кальция в извести проведено по п.10.4 МВИ 28Х:

Свежеподготовленную аналитическую пробу извести от 23.02.2022 года проанализировали с периодичностью 2 часа.

2) Эту самую же пробу повторно анализировали в течение пяти дней.

Для контроля точности был взят стандартный образец известняка ГСО 153-93П (Ш10В) с известным содержанием оксида кальция. (Учитывая неустойчивость материала в перечне предлагаемых стандартных образцов отсутствует образец извести).

*Определение массового содержания СаО в извести.* Измерение массовой доли оксида кальция проводили титриметрическим методом. Титриметрический метод основан на образовании устойчивых, хорошо растворимых комплексных соединений с трилоном Б, где кальций определяли титрованием трилоном Б в присутствии индикатора тимолфталейна с флуорексоном (сухая смесь). Навеску массой 0,1 г поместили в коническую колбу вместимостью 300–500 см<sup>3</sup>, добавили 20 см<sup>3</sup> соляной кислоты концентрацией 1:1. Содержимое колбы поставили на плиту и провели растворение на слабом огне, не доводя до кипения. По окончании растворения и прекращении выделения пузырьков углекислого газа капли раствора смыли с боковых стенок колбы, снова нагрели раствор, затем дали колбе остыть, раствор разбавили водой до 200 см<sup>3</sup> и охладили. Титровали раствором Трилона Б с молярной концентрацией эквивалента 0,043 моль/дм<sup>3</sup>, добавили 35–40 мл гидроксида калия с массовой концентрацией 300 г/дм<sup>3</sup>, 0,1–0,15 г индикатора флуорексона до появления окраски изменение цвета раствора с

зеленовато-голубого на фиолетовый (исчезновение зеленой флуоресценции). Параллельно с пробой провели стандартный образец известняка Ш10В, с известным содержанием оксида кальция. Массовую долю оксида кальция, CaO (%) рассчитывали по формуле:

$$\text{CaO} = T \cdot V \quad (2)$$

где, T – титр раствора Трилона Б;

V – объем раствора Трилона Б, израсходованный на титрование, см<sup>3</sup>.

Титр раствора трилона Б рассчитывали по формуле:

$$T = \frac{A}{V} \quad (3)$$

где, A – содержание оксида кальция в стандартном образце, %;

V – объем раствора Трилона Б, израсходованный на титрование, см<sup>3</sup>.

При оценке степени насыщенности извести влажностью в процессе хранения мы отбирали пробы извести (после дробления до фракции 5–50 мм), поступившей из обжиговой печи АО «АЗФ ТНК Казхром».

*Определение влажности.* Массу навески 10 г поместили в предварительно высушенный и взвешенный бюкс с крышкой и высушили в разогретом до постоянной массы и равномерном режиме сушильного шкафа при температуре 105–110 °С. Бюкс с натронной известью необходим для улавливания CO<sub>2</sub> воздуха в сушильном шкафу. Во время сушки крышку бюкса открыли. Приблизительно через 2 часа бюкс плотно закрыли крышкой извлекли из сушильного шкафа, охладили в эксикаторе и взвесили. Сушка продолжается до постоянной массы. Время высыхания 30 минут.

Влажность извести W в процентах вычислили по формуле:

$$W = \frac{(G - G_1)}{G} \cdot 100 \quad (4)$$

где G – масса навески извести, г;

G<sub>1</sub> – масса навески извести после высушивания, г.

*Определение содержания гидратной воды в извести.* После прокаливания и взвешивания платинового или фарфорового тигля отвесили около 1 г извести, поместили на 2 ч в муфельную печь, нагретую до температуры 520 ± 10 °С. Тигель с навеской охладили в герметически закрытом эксикаторе в присутствии влагопоглощающего вещества, а затем взвесили. Проба гидратной извести предварительно высушивается при температуре 105–110 °С.

Содержание гидратной воды  $W$  в процентах вычислили по формуле:

$$W = \frac{m_1}{m} \cdot 100 \quad (4)$$

где  $m_1$  – разность в массе тигля с навеской до и после прокаливания, г;  
 $m$  – масса навески извести, г.

### Результаты и обсуждения.

Результат проведения испытаний по определению  $\text{CaO}$  в извести представлены в Таблице 2.

Таблица 2. Содержание  $\text{CaO}$  (%) в технологической извести АО «АЗФ ТНК Казхром»

Период	Аналитическая проба от 23.02.2022 г. (растертая до прохождения через сетку N 008), % $\text{CaO}$
23.02.2022 г., время: 10 <sup>00</sup>	94,77
23.02.2022 г., время: 12 <sup>00</sup>	93,45
23.02.2022 г., время: 14 <sup>00</sup>	92,36
24.02.2022 г.	91,20
25.02.2022 г.	89,34
26.02.2022 г.	87,46
27.02.2022 г.	87,35
28.02.2022 г.	87,00

Таблица 3 содержит результаты испытаний проб на содержание влаги и гидратной воды.

Таблица 3. Результаты анализа пробы технологической извести

Период	Аналитическая проба от 23.02.2022 г. (растертая до прохождения через сетку N 008)	
	Влажность, %	Гидратная вода, %
23.02.2022 г.	0,15	0,08
25.02.2022 г.	0,44	0,26
28.02.2022 г.	0,89	0,65
1.03.2022 г.	1,05	1,04
4.03.2022 г.	1,89	1,40
6.03.2022 г.	2,04	1,86
8.03.2022 г.	2,45	3,10

Рисунок 1 показывает зависимость изменения общей влажности извести от длительности хранения в ЭСПЦ по данным Таблицы 3. Из рисунка 1 можно увидеть увеличение общего содержания влаги в изделии с 1 % (при использовании свежесожженной извести со сроком хранения не более двух дней) до 5,55 % после истечения срока хранения 15 суток.



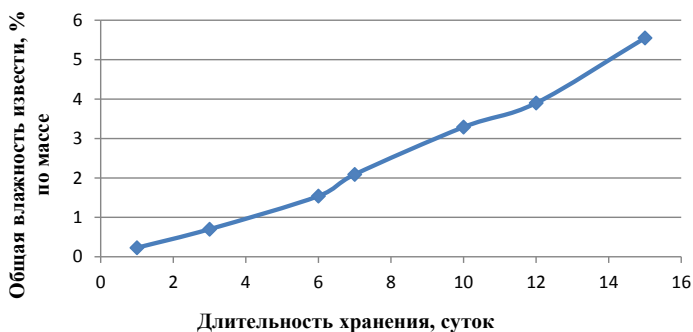


Рис. 1. Зависимость общей влажности обожженной извести от длительности ее хранения на воздухе

(Fig. 1. The dependence of the total moisture content of burnt lime on the duration of its storage in air)

Данные исследования работы по насыщению извести влагой показали, что при хранении без контакта с атмосферным воздухом известь незначительно насыщается влагой (0,1 % в неделю). После длительного хранения и транспортировки извести содержание в ней влаги увеличивается до 1,00 – 5,55 %. Таким образом, вся влага, содержащаяся в извести, переходит в металл. Такие концентрации приводят к увеличению содержания водорода. Чтобы снизить влияние данного фактора, необходимо разместить производство извести в непосредственной близости от металлургического предприятия. Потому что согласно исследованиям авторов работы (Николаев и др., 2014: 18) известь иногда может быть источником водорода, особенно если она хранится в контакте с атмосферой. Было проанализировано влияние извести на содержание водорода в стали класса К60 в 146 плавках, выплавленных во второй половине 2013 года.

На основании проведенного анализа (Николаев и др., 2014: 18) было установлено, что увеличение расхода извести на 200 кг плавки ведет к повышению содержания водорода примерно на 0,5 ppm. Для изучения влияния времени и условий хранения извести на насыщение металла водородом было исследовано влияние длительности и условий ее хранения на насыщение извести влагой. Первый анализ проведен спустя 14 дней после отбора пробы. Чтобы определить влияние условий хранения извести на насыщение ее водородом, часть извести оставили в герметичной упаковке и часть хранили открытым способом на воздухе. Согласно исследованию (Николаев и др., 2014: 18), при хранении извести в герметичной упаковке увеличение насыщения ее водой практически не происходит. Насыщение извести при транспортировке 0,5–1 % влаги может привести к значительному увеличению содержания водорода в металле.

Также исходя из данных ряда металлургических предприятий Украины

(Смирнов и др., 2009: 15) было установлено, что при некоторых концентрациях водорода в жидкой стали для условий непрерывной разливки происходит развитие процесса выделения пузырьков водорода в жидкий шлак между поверхностью заготовки и внутренней поверхностью кристаллизатора. По мнению автора, это выделение водорода предотвращает попадание шлака в зазор и существенно уменьшает интенсивность теплоотводов от заготовки в кристаллизатор. Таким образом уменьшается скорость развития твердой коры, что может привести к ее прорывам под кристаллизатором. При необходимости непрерывной разливки металла с высокими скоростями, авторы оценили «пороговое» значение концентрации водорода в жидкой стали 7 ppm, при достижении которого увеличивается вероятность прорывов металла в процессе непрерывной разливки.

В соответствии с результатами проведенных ранее исследований в работе (Кодак и др., 2011), и в частности из-за рекомендуемой «пороговой» концентрации водорода, для получения жидкой стали содержания водорода не более 6 ppm, наведение покровного шлака во внепечной обработке необходимо осуществлять только свежееобожженной известью. Если плавки будут произведены непосредственно после простоя производства длительностью 20 суток, в течение которых в бункерах системы шихтоподачи хранилась известь, оставшаяся на момент остановки производства, среднее содержание водорода в жидкой стали этих плавов может составлять около 10 ppm. Такое содержание водорода приводит к водородному охрупчиванию металла, что в совокупности с термическими напряжениями способствует образованию в заготовках трещин.

В случае применения для наведения покровного шлака печи-ковша только свежееобработанной извести, срок хранения которой составляет не более двух суток, среднее содержание водорода в жидкой стали составит  $5 \pm 1$  ppm. После использования извести длительного хранения, среднее содержание водорода в жидкой стали составляет  $10 \pm 4$  ppm (Кодак и др., 2011).

Повреждение водородом металлов приводит к специфичным дефектам металла, которые приводят к различным металлургическим дефектам стали: образованию флокенов и охрупчиванию, медленному разрушению при коррозионном и температурно-статическом напряжениях. Кроме того, растворенный в жидком металле водород участвует в образовании пористой структуры и подкорковых пузырей во время затвердевания стали. Уровень водорода в стали оказывает отрицательное влияние на качество готовой продукции и увеличивает риск аварийных ситуаций при непрерывной разливке. В результате этого может произойти взрыв, падение слитка или разрыв металла во время заливки.

### **Заключение**

Таким образом, в данной работе исследовалось воздействие окружающей среды и сроков хранения на содержание СаО в извести в течение пяти дней и зависимость общей влажности обожженной извести от длительности ее

хранения на воздухе в течение 15 суток. Для этого была взята проба извести, отобранная по ГОСТ 9179 и растертая до полного прохождения через сетку N 008 по ГОСТ 6613. В ходе исследования по данным результатов испытаний установлено, что:

Содержание СаО в извести изменяется (уменьшается) под влиянием времени хранения.

Влажность в обожженной извести возрастает с 1 % при использовании свежееобожженной извести со сроком хранения не более двух суток после выгрузки из обжиговой печи до 5,5 % — после истечения срока хранения 15 суток.

#### ЛИТЕРАТУРА

Белоглазов И.Н., Голубев В.О., Никольский В.Е., Абезгауз Б.С., 2008 — *Белоглазов И.Н., Голубев В.О., Никольский В.Е., Абезгауз Б.С.* Изучение условий производства марочной металлургической извести для черной металлургии. Москва: Металлург. 2008. – 10 с.

Ван Лоо Ф., Дус Ж.Ф., Мартинес Пачеко М., Эввар М., Петрук Р., Шмид Х., 2014 — *Ван Лоо Ф., Дус Ж.Ф., Мартинес Пачеко М., Эввар М., Петрук Р., Шмид Х.* Улучшенная подготовка агломерационной смеси при использовании сложного сырья (IMSIMI), итоговый отчет; Исследовательский фонд угля и стали (Европейская комиссия, евро 27901 EN); Европейская комиссия: Брюссель, Бельгия. 2014.

ГОСТ 22688-77, 1979 — *ГОСТ 22688-77.* Известь строительная. Методы испытаний. 1979.

Ди Джорджио Н., Брейс Д., Беннетт А., Wijekulasuriya K., 2011 — *Ди Джорджио Н., Брейс Д., Беннетт А., Wijekulasuriya K.* Модернизация аглофабрики Bluescope Steel в порту кембла для повышения производительности и снижения выбросов парниковых газов на сталелитейном заводе. Австралия: BlueScope Steel Australia New Zealand Steel Manufacturing Business. Создание лучшего мира. 2011.

Кодак А.В., Кожин Д.С., 2011 — *Кодак А.В., Кожин Д.С.* О влиянии длительности хранения обожженной извести на содержание водорода в стали. Украинская ассоциация сталеплавателей. 2011.

Монастырев А.В., 1978 — *Монастырев А.В.* Производство извести. Москва: Металлургия. 1978. – 35 с.

Монастырев А.В., Александров А.В., 1979 — *Монастырев А.В., Александров А.В.* Печи для производства извести. Справочник. Москва: Металлургия. 1979.

Николаев А.О., Бигеев В.А., 2014 — *Николаев А.О., Бигеев В.А.* Особенности производства низкосернистой стали с ограниченным содержанием водорода. Сталь. 2014. – 18 с.

ОСТ 14-16-165-85, 1985 — *ОСТ 14-16-165-85.* Известь для сталеплавильного и ферросплавного производств. Общие технические условия. 1985.

Санджив Маноча и Франсуа Поншон, 2018 — *Санджив Маноча и Франсуа Поншон.* Управление известью в стали. Metals. 2018. – 686 с., <https://doi.org/10.3390/met8090686>.

Сарна С.К., 2015 — *Сарна С.К.* Качество извести для производства стали в конвертере. 2015.

Смирнов А.Н., Епишев М.В., Писмарев К.Е., 2009 — *Смирнов А.Н., Епишев М.В., Писмарев К.Е.* Механизм влияния водорода на образование прорыва при непрерывной разливке стали. Сталь. 2009. – 15 с.

Шрама Ф.Н.Х., Беундер Э.М., ван ден Берг Б., Ян Ю., Бум Р., 2017 — *Шрама Ф.Н.Х., Беундер Э.М., ван ден Берг Б., Ян Ю., Бум Р.* Удаление серы при производстве чугуна и кислородном производстве стали. 2017. – 333 с.

Хассал Г.Дж., 1988 — *Хассал Г.Дж.* Удаление фосфора и серы из жидкой стали при вторичном производстве стали; Комиссия Европейского сообщества по исследованию технических сталей. Брюссель, Бельгия: Европейская комиссия. 1988.

Хейя А.А., Ховатанд Д.Д., Jochen P.R., 1973 — *Хейя А.А., Ховатанд Д.Д., Jochen P.R.* Влияние реакционной способности извести на эффективность десульфурации в кислородной печи. *Металл.* 1973. – 249 с.

#### REFERENCES

Beloglazov I.N., Golubev V.O., Nikolsky V.E., Abezgauz B.S., 2008 — *Beloglazov I.N., Golubev V.O., Nikolsky V.E., Abezgauz B.S.* The study of the conditions for the production of branded metallurgical lime for ferrous metallurgy. – Moscow: Metallurg. 2008. – 10 p.

Di Giorgio N., Brace D., Bennett A., Wijekulasuriya K., 2011 — *Di Giorgio N., Brace D., Bennett A., Wijekulasuriya K.* BlueScope Steel Australia New Zealand Steel Manufacturing Business. Reengineering Bluescope Steel's port kembla sinter plant for high productivity and reduced steelworks greenhouse emissions. – Australia: Engineering a Better World. 2011.

GOST 22688-77, 1979 — *GOST 22688-77.* Lime for building purposes. Test methods. State standard of the USSR. – 1979, <https://docs.cntd.ru/document/901707641>.

Hassal G.J., 1988 — *Hassal G.J.* Phosphorus and Sulphur Removal from Liquid Steel by Secondary Steel Making Operations. – Brussels, Belgium: Commission of the European Communities Technical Steel Research. 1988.

Heiia A.A., Howatand D.D., Jochen P.R., 1973 — *Heiia A.A., Howatand D.D., Jochen P.R.* The effect of the reactivity of lime on desulphurization efficiency in the basic oxygen furnace. – *J.S. Afr. Inst. Min. Metall.* 1973. – 249 p.

Kodak A.V., Kozhin D.S., 2011 — *Kodak A.V., Kozhin D.S.* On the influence of the duration of storage of burnt lime on the hydrogen content in become. – Ukrainian Association of Steelworkers. 2011.

Monastyrev A.V., 1978 — *Monastyrev A.V.* Production of lime. Moscow: Metallurgy. 1978. – 35p.

Monastyrev A.V., Aleksandrov A.V., 1979 — *Monastyrev A.V., Aleksandrov A.V.* Furnaces for lime production. Directory. Moscow: Metallurgy. 1979.

Nikolaev A.O., Bigeev V.A., 2014 — *Nikolaev A.O., Bigeev V.A.* Features of low-sulfur steel production with limited hydrogen content. *Steel.* 2014. – 18 p.

OST 14-16-165-85, 1985 — *OST 14-16-165-85.* Lime for steelmaking and ferroalloy production. General technical conditions. – 1985, <https://docs.cntd.ru/document/1200080976>.

Sanjeev Manocha, François Ponchon., 2018 — *Sanjeev Manocha, François Ponchon.* Management of Lime in Steel. *Metals* 8(9). 2018. – 686 p., <https://doi.org/10.3390/met8090686>.

Sarna S.K., 2015 — *Sarna S.K.* Quality of Lime for Steelmaking in Converter. – 2015, [www.ispatguru.com](http://www.ispatguru.com).

Schrama F.N.H., Beunder E.M., van den Berg B., Yang Y., Boom R., 2017 — *Schrama F.N.H., Beunder E.M., van den Berg B., Yang Y., Boom R.* Sulphur removal in ironmaking and oxygen steelmaking. *Ironmak. Steelmak. Process. Prod. Appl.* 2017. – 333 p.

Smirnov A.N., Epishev M.V., Pismarev K.E., 2009 — *Smirnov A.N., Epishev M.V., Pismarev K.E.* The Mechanism of Hydrogen Influence on Breakthrough Formation at continuous casting of steel. 2009. – 15 p.

Van Loo, F., Douce, J.F., Martinez Pacheco M., Evrard M., Pietruck R., Schmid H., 2014 — *Van Loo, F., Douce, J.F., Martinez Pacheco M., Evrard M., Pietruck R., Schmid H.* Improved Sinter Mix Preparation While Using Challenging Raw Materials (IMSIMI) Final Report; Research Fund for Coal and Steel (European Commission EUR 27901 EN), Brussels, Belgium: European Commission. 2014.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY  
OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227  
Volume 345, Number 1 (2023), 229–242  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.197>

УДК 615.322

© **N.B. Zhumadilda**<sup>1\*</sup>, **N.G. Gemejiyeva**<sup>2</sup>, **Zh.Zh. Karzhaubekova**<sup>2</sup>,  
**N.A. Sultanova**<sup>1</sup>, 2023

<sup>1</sup>L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan;  
<sup>2</sup>RSE on the REM "Institute of Botany and Phytointroduction" FWC of the  
Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan,  
Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [nargiz.zhumadilda@mail.ru](mailto:nargiz.zhumadilda@mail.ru)

## PHYTOCHEMICAL INVESTIGATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF *HEDYSARUM SONGORICUM* BONG

**Zhumadilda Nargiz Baltabaykyzy** — doctoral student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: [nargiz.zhumadilda@mail.ru](mailto:nargiz.zhumadilda@mail.ru). ORCID ID: <https://orcid.org/0000000320091168>;

**Gemejiyeva Nadezhda Gennadiyevna** — doctor of biological sciences (D. Sc.), Republican State Enterprise on the Right of Economic Management “Institute of Botany and Phytointroduction” of the Committee of Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [ngemed58@mail.ru](mailto:ngemed58@mail.ru). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7317-2685>;

**Karzhaubekova Zhannat Zhumabekovna** — candidate of chemical sciences, Republican State Enterprise on the Right of Economic Management “Institute of Botany and Phytointroduction” of the Committee of Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan. Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [zhanna1322@mail.ru](mailto:zhanna1322@mail.ru). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4750-0884>;

**Sultanova Nurgul Adaybayevna** — D.Sc. L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: [nureu@mail.ru](mailto:nureu@mail.ru). ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7970-9105>.

**Abstract.** The article presents for the first time data on the study of the component composition of the aboveground mass (leaves, stems, flowers) of the *Hedysarum songoricum* Bong. of the family *Fabaceae* Lindl. harvested in accordance with the principles of World Health Organization guidelines on good agricultural and collection practices (GACP) for medicinal plants in June 2021 in the flowering phase on the territory of Zhambyl areas. According to the generally accepted standard methods of the State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan, the preparation, primary processing and parameters of pharmacopoeia of plant raw materials are carried out. Estimated indicators of humidity — loss of mass during drying (4,40 %), and total ash (5,06 %) correspond to the norms of quality raw materials. Different polar and non-polar organic extractants were used to determine

the amount of extractive substances. The largest number of extractive substances were found in 50 % (26,15 %) and 90 % (23,43 %) aqueous-ethanol solvents by comparison with benzene (6,48 %), ethyl acetate (6,07 %) and chlorine (3,76 %). Evaluation of the main groups of biologically active compounds is carried out on the basis of qualitative reactions of precipitation, foaming, complex formation with specific reagents. It was found that the main classes of natural compounds are polyphenols (oxidized forms of flavonoids, coumarins, condensed tannins), amino compounds (groups of amino acids and alkaloids), saponins (groups of triterpene and steroid) and carbohydrates. The quantitative content of the main classes of natural metabolites was determined on the basis of titrimetric and spectrophotometric methods of analysis. The basis of the obtained data is that in the aerial part of the raw material content of alkaloids – 6,12 %, amino acid – 4,82 %, tannins of condensed type – 4,56 %, saponins – 1,02 % and flavonoids - 0,25 % on absolutely dry raw materials respectively.

**Keywords:** *Hedysarum songoricum* Bong., phytochemical analysis, goodness, biologically active compounds, titrimetry, spectrophotometry

© Н.Б. Жұмаділда<sup>1\*</sup>, Н.Г. Гемеджиева<sup>2</sup>, Ж.Ж. Қаржаубекова<sup>2</sup>,  
Н.А. Сұлтанова<sup>1</sup>, 2023

<sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан;

<sup>2</sup>ҚР ЭТРМ ОШЖДК «Ботаника және фитоинтродукция институты» РМК,  
Алматы, Қазақстан.

E-mail: nargiz.zhumadilda@mail.ru

### **HEDYSARUM SONGORICUM BONG. БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРЫНЫҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ**

**Жұмаділда Наргиз Балтабайқызы** — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетінің докторанты, Астана, Қазақстан

E-mail: nargiz.zhumadilda@mail.ru. ORCID <https://orcid.org/0000000320091168>;

**Гемеджиева Надежда Геннадиевна** — биология ғылымдарының докторы, Қазақстан Республикасының Экология және табиғи ресурстар министрлігі Орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің "Ботаника және фитоинтродукция институты" шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорны. Алматы, Қазақстан

E-mail: ngedmed58@mail.ru. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7317-2685>;

**Қаржаубекова Жаннат Жұмабекқызы** — химия ғылымдарының кандидаты, – Қазақстан Республикасының Экология және табиғи ресурстар министрлігі Орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің "Ботаника және фитоинтродукция институты" шаруашылық жүргізу құқығындағы республикалық мемлекеттік кәсіпорны. Алматы, Қазақстан

E-mail: zhanna1322@mail.ru. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-4750-0884>;

**Сұлтанова Нүргүл Адайбайқызы** — химия ғылымдарының докторы. Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

E-mail: nureu@mail.ru. ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7970-9105>.

**Аннотация.** Бұл мақалада бірінші рет Жамбыл аумағында 2021 жылдың маусым айында гүлдену кезеңінде дәрілік өсімдіктерді

өсіру мен жинаудың (ГАСР) тиісті практикасы қағидаттарына сәйкес жиналған бұршақ тұқымдасының (*Fabaceae* Lindl.) тиынтақ тұқымы (*Hedysarum* Linn.) жоңғар тиынтағы түрінің (*Hedysarum songoricum* Bong.) жер үсті бөлігінің (жапырақтары, сабақтары, гүлдері) құрамдас құрамын зерттеу туралы деректер берілген. Қазақстан Республикасы Мемлекеттік Фармакопеясының жалпы қабылданған стандартты әдістеріне сәйкес жинақтау, алғашқы өңдеу жұмыстары жүргізіліп, өсімдік шикізатының фармакопея параметрлері анықталды. Ылғалдылықтың белгіленген көрсеткіштері — кептіру кезіндегі салмақ жоғалтуы (4,40 %), жалпы күлділігі (5,06 %) сапалы өсімдік шикізатына қойылатын стандарттарына сәйкес келеді. Экстракттивті заттардың мөлшерін анықтау үшін әртүрлі полярлы және полярсыз органикалық экстрагенттер пайдаланылды. Экстракттивті заттардың ең көп мөлшері бензолмен (6,48 %), этилацетатпен (6,07 %) және хлороформмен (3,76 %) салыстырғанда 50 %-дық (26,15 %) және 90 %-дық (23,43 %) су-спирт еріткіштерімен экстракцияланды. Биологиялық белсенді қосылыстардың негізгі топтарын бағалау нақты реагенттерді қолдану арқылы тұндыру, көбік тұзу, кешенді қосылыстар түзілудің сапалық реакциялар негізінде жүргізілді. Табиғи қосылыстардың негізгі кластары ретінде полифенолдар (флавоноидтардың тотыққан түрлері, кумариндер, конденсацияланған таниндер), аминді қосылыстар (амин қышқылдары мен алкалоидтар), сапониндер (тритерпен және стероидты топтар) және көмірсулар екендігі анықталды. Табиғи метаболиттердің негізгі кластарының сандық құрамы титриметриялық және спектрофотометриялық талдау әдістерінің негізінде анықталды. Алынған мәліметтерге сүйенсек, зерттелетін өсімдік шикізатының жер үсті бөлігінде алкалоидтардың мөлшері 6,12 %, амин қышқылдары – 4,82 %, конденсацияланған түрдегі таниндер – 4,56 %, сапониндер – 1,02 % және флавоноидтар, абсолютті құрғақ шикізат үшін – 0,25 % сәйкесінше бар екендігі шығады.

**Түйін сөздер:** *Hedysarum songoricum* Bong., фитохимиялық талдау, сапалық көрсеткіш, биологиялық белсенді қосылыстар, титриметрия, спектрофотометрия

© Н.Б. Жумадила\*<sup>1</sup>, Н.Г. Гемеджиева<sup>2</sup>, Ж.Ж. Каржаубекова<sup>2</sup>,  
Н.А. Султанова<sup>1</sup>, 2023

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева,  
Астана, Казахстан;

<sup>2</sup>РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции» КЛХЖМ МЭПР  
РК, Алматы, Казахстан.

E-mail: nargiz.zhumadilda@mail.ru

## ФИТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ *HEDYSARUM SONGORICUM* BONG

**Жумадила Наргиз Балтабайкызы** — докторант Евразийского национального университета имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

E-mail: nargiz.zhumadilda@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000000320091168>;

**Гемеджиева Надежда Геннадиевна** — доктор биологических наук. РГП на ПХВ “Институт ботаники и фитоинтродукции”. Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан. Алматы, Казахстан

E-mail: ngemed58@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7317-2685>;

**Каржаубекова Жаннат Жумабековна** — кандидат химических наук, РГП на ПХВ “Институт ботаники и фитоинтродукции”. Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан. Алматы, Казахстан

E-mail: zhanna1322@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4750-0884>;

**Султанова Нургуль Адайбаевна** — доктор химических наук. Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

E-mail: nureu@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7970-9105>.

**Аннотация.** В статье впервые приводятся данные по исследованию компонентного состава надземной массы (листья, стебли, цветы) копеечника джунгарского (*Hedysarum songoricum* Bong.) из семейства бобовых (*Fabaceae* Lindl.), заготовленной в соответствии с принципами Надлежащей практики культивирования и сбора (GACP) лекарственных растений в июне 2021 года в фазу цветения на территории Жамбылской области. По общепринятым стандартным методикам Государственной Фармакопеи Республики Казахстан осуществлена заготовка, первичная обработка и определены фармакопейные параметры растительного сырья. Установленные показатели потеря массы при высушивании (4,40 %), общей золы (5,06 %) соответствуют нормам предъявляемым качественному растительному сырью. Для выявления содержания экстрактивных веществ использовали различные полярные и неполярные органические экстрагенты. Наибольшее количество веществ извлекались 50 %-ным (26,15 %) и 90 %-ным (23,43 %) водно-спиртовыми растворителями по сравнению с бензольным (6,48 %), этилацетатным (6,07 %) и хлороформным (3,76 %). Оценка основных групп биологически активных соединений проведена на основании качественных реакций осаждения, пенообразования, комплексообразования с применением специфических реагентов. Выявлено, что основными классами природных соединений являются полифенолы (окисленные формы флавоноидов,



кумарины, конденсированные дубильные вещества), аминокислоты и алкалоиды), сапонины (тритерпеновой и стероидной группы) и углеводы. Количественное содержание основных классов природных метаболитов определяли на основании титриметрических и спектрофотометрических методов анализа. Установлено, что в надземной массе исследуемого растительного сырья содержание алкалоидов составляет 6,12 %, аминокислот – 4,82 %, дубильных веществ конденсированного типа – 4,56 %, сапонинов – 1,02 % и флавоноидов – 0,25 % на абсолютно сухое сырье соответственно.

**Ключевые слова:** *Hedysarum songoricum* Bong., фитохимический анализ, доброкачественность, биологически активные соединения, титриметрия, спектрофотометрия

### **Введение**

В настоящее время отечественный фармацевтический рынок пополняется лекарственными средствами растительного происхождения, так как доказана их эффективность и безопасность, что обуславливает их возрастающую популярность и расширение арсенала. Научный и практический интерес представляют именно дикорастущие лекарственные растения, занимающие обширные территории произрастания, что позволяют в полной мере восполнить потребности в лекарственном сырье. Среди богатейшей флоры Республики Казахстан значительный интерес представляют растения семейства бобовые (*Fabaceae* Lindl.), которые активно используются для получения различных фитопрепаратов, обладающих широким спектром фармакологической активности. Одним из перспективных родов данного семейства является копеечник (*Hedysarum* Linn.). Известно, что многие виды рода *Hedysarum* Linn. применяются в народной медицине для лечения сердечных, хронических легочных заболеваний, а также ряда простудных и кожных заболеваний вирусной природы (Грудзинская, 2014; Соколов, 1987). На основе многочисленных исследований установлена противотуберкулезная, противоопухолевая, гепатопротекторная, антибиотическая, антиоксидантная, иммуностимулирующая, диуретическая, желчегонная, гипогликемическая активность (Неретина, 2004; Ghosal, 1987; Finnegan, 1973; Miura, 2001; Serebryanaya, 2020; Gambacorta, 2014).

Безусловно, их лечебные свойства обусловлены наличием в них специфических природных соединений — ксантонов, флавоноидов, сапонинов, жирных кислот, полисахаридов и других (Высочина, 2011; Tibe, 2011; Yi, 2006; Uyar, 2017).

Во флоре Республики Казахстан встречаются 38 видов растений рода копеечник (Грудзинская, 2014), некоторые из которых ранее не исследованы на содержание биологически активных веществ (БАВ). В связи с этим данная работа посвящена изучению химического состава *Hedysarum songoricum* Bong.

### Материалы и методы

Сбор и заготовку дикорастущего сырья копеечника джунгарского (*Hedysarum songoricum* Bong.) из семейства бобовых (*Fabaceae* Lindl.) осуществляли в соответствии с принципами Надлежащей практики культивирования и сбора (GACP) лекарственных растений. Заготавливали надземную часть растения в фазу цветения в июне 2021 года на территории Жамбылской области. В качестве лекарственного растительного сырья используют обмолоченную траву копеечника (листья, листочки, соцветия и верхние части облиственных побегов). При заготовке облиственную часть стеблей срезают на высоте 10–20 см от поверхности почвы. Срезанную траву без промедления «подвяливают» на открытом воздухе в течение суток, раскладывая тонким слоем на месте заготовки, после чего доставляют к месту окончательной сушки. Заготовку лекарственного растительного сырья проводили в течение всего светового дня.

Сушку надземной части копеечника джунгарского осуществляли на производственной площадке лаборатории растительных ресурсов РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции» КЛХЖМ МЭПР РК под навесами или в хорошо проветриваемом помещении при температуре  $25 \pm 5^\circ\text{C}$ , разложив сырье тонким слоем на подстилочном материале (плотной оберточной крафт-бумаге) с условием периодического ворошения (не менее 2 раз в сутки), удаляя при этом примесь других растений, попавших в сырье при заготовке. Сушка считается законченной, когда стебли при сгибании ломаются. Высушенную траву обмолачивают и удаляют из нее стебли толще 2 мм в диаметре. Выход сухого сырья — около 20 % от массы свежесобранного сырья. Воздушно-сухое растительное сырье упаковывали в двойные бумажные мешки и хранили в сухом прохладном месте. Гербарные образцы вида хранятся в лаборатории растительных ресурсов РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции» КЛХЖМ МЭПР РК.

Фармакопейные параметры растительного сырья (потеря в массе при высушивании, общая зола, сухой остаток экстрактов) определены по методикам Государственной Фармакопеи (ГФ) Республики Казахстан.

Для исследования компонентного состава биологически активных веществ (БАВ) получены извлечения по следующей методике: измельченное растительное сырье с размером частиц 1 мм, массой 2 г экстрагировали 50 %-ным, 90 %-ным водно-этиловым спиртом, хлороформом, этилацетатом и бензолом. Экстракцию проводили на водяной бане в мягких условиях при температуре не выше  $40^\circ\text{C}$ . Извлечения фильтровали через бумажный фильтр, растительное сырье промывали дважды соответствующим экстрагентом, высушивали до сухого остатка. Полученные сухие остатки использовали для дальнейшего анализа компонентного состава.

В работе применяли общепринятые фитохимические методы исследования растительного сырья. Качественная оценка основных групп БАВ проведена на основе специфических реагентов: пары аммиака,  $\text{AlCl}_3$  (2 %-ный водно-

этиловый раствор), ванилин (1 %-ный раствор в конц. HCl),  $\text{NaNO}_2$  (5 %-ный водный раствор),  $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$  (1 %-ный водный раствор), нингидрин (2 %-ный водный раствор), желатин (1 %-ный водный раствор),  $\text{FeCl}_3$  (1 %-ный водный раствор), 0,1 н водные растворы HCl и NaOH, а также с реактивами Драгендорфа, Вагнера, Бушарда, «Лактонная проба», «Цианидиновая проба», «проба Молиша» (Гринкевич, 1983).

Количественное определение флавоноидов проводили спектрофотометрическим методом: 1 г измельченного в порошок сырья и 100 мл 50 %-ного этанола, содержащего 1 %-ный раствор кислоты хлороводородной, помещали в колбу вместимостью 250 мл, нагревали с обратным холодильником на кипящей водяной бане в течение 30 мин, охлаждали и фильтровали через бумажный фильтр, смоченный 50 %-ным этанолом в мерную колбу вместимостью 250 мл. Экстракцию повторяли двукратно 50 %-ным этанолом порциями по 50 мл, каждый раз проводя нагревание на кипящей водяной бане в течение 30 мин. Извлечения фильтровали через тот же фильтр в ту же мерную колбу, промывали фильтр 50 %-ным этанолом. Полученный фильтрат доводили тем же растворителем до объема 250 мл (раствор А). К 2 мл раствора А прибавляли 1 мл 1 %-ного раствора алюминия хлорида в 96 %-ном этаноле и доводили 96 %-ным этанолом до объема 25 мл (раствор Б). 2 мл раствора А доводили 96 %-ным этанолом до объема 25 мл (контрольный раствор). Измеряли оптическую плотность испытуемого раствора при длине волны 430 нм через 20 мин после его приготовления. Содержание суммы флавоноидов рассчитывали в пересчете на кверцетин и абсолютно сухое сырье (Государственная Фармакопея Республики Казахстан, 2014).

Для количественного определения алкалоидов берут точную навеску массой 1 г измельченного в порошок сырья, 10 мл хлороформа и 0,5 мл аммиака помещают в колбу вместимостью 150 мл, закрывают пробкой и встряхивают в течение 2 часов. Хлороформное извлечение фильтруют через ватный тампон. 5 мл фильтрата переносят в колбу вместимостью 100 мл и отгоняют до объема 1–2 мл. Остаток хлороформа удаляют продуванием воздухом, затем прибавляют 2 мл 0,1 М раствора натрия гидроксида и растирают стеклянной палочкой до полного исчезновения комочков. Затем добавляют 8 мл воды и перемешивают в течение 2–3 мин. К полученному раствору прибавляют 10 мл 0,1 М кислоты хлороводородной перемешивают и встряхивают в течение 8–10 мин. К 10 мл полученного фильтрата прибавляют 10 мл воды, 2 капли раствора метилового красного и оттитровывают избыток кислоты 0,1 М раствором натрия гидроксида до появления желтого окрашивания (Государственная Фармакопея Республики Казахстан, 2014).

Определение суммы свободных аминокислот проводилось с нингидрином и последующем спектрофотометрировании полученного окрашенного комплекса при длине волны около 570 нм (Кисилёва, 2016). Около 5 г (точная навеска) растительного сырья, измельченного до размера частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий 2 мм, помещали в колбу вместимостью

200 мл, прибавляли 100 мл воды дистиллированной и нагревали с обратным холодильником на кипящей водяной бане в течение 1 ч. После охлаждения и извлечение фильтровали через обеззоленный фильтр в мерную колбу вместимостью 100 мл; объем доводили до метки водой, перемешивали (исследуемый раствор А). 20 мл раствора А доводили до 100 мл водой (раствор Б). Около 0,05 г (точная навеска) кислоты глутаминовой помещали в мерную колбу вместимостью 100 мл, растворяли в 20–30 мл воды и доводили раствор водой до метки (раствор стандартного образца). 1 мл исследуемого раствора Б помещали в мерную колбу вместимостью 50 мл прибавляли 1 мл 0,25 %-ного раствора карбоната натрия. 2 мл спиртового раствора нингидрина и нагревали 10 минут на кипящей водяной бане. После охлаждения раствор доводили водой до метки. Параллельно в мерную колбу вместимостью 50 мл помещали 1 мл раствора РСО кислоты глутаминовой. Оптическую плотность полученных растворов измеряли на спектрофотометре при длине волны 568 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм относительно воды. Содержание суммы аминокислот рассчитывали в % в пересчете на кислоту глутаминовую.

Методика определения тритерпеновых сапонинов проведена спектрофотометрическим методом (Гринкевич, 1983). Около 2 г измельченного сырья, проходящего сквозь сито с диаметром отверстий 2 мм (точная навеска), помещали в колбу вместимостью 150 мл, прибавляли 20 мл 3 %-ного ацетонового раствора  $\text{HNO}_3$  и настаивали в течение 1 ч при частом и сильном взбалтывании. Извлечение отфильтровывали в цилиндр вместимостью 100 мл. В колбу с сырьем приливали еще 20 мл ацетона, которым одновременно смывали порошок с фильтра, и смесь кипятили с обратным холодильником на водяной бане в течение 5 мин. Экстракцию горячим ацетоном повторяли таким образом еще 2 раза и промывали ацетоном сырье до тех пор, пока объем жидкости в цилиндре не достигнет 100 мл. Жидкость из цилиндра выливали в стакан вместимостью 200 мл. Цилиндр ополаскивали 40 мл этилового спирта, который затем выливали в тот же стакан. Далее по каплям при интенсивном помешивании добавляли концентрированный раствор аммиака до появления обильного светло-желтого творожистого осадка (рН 8,3–8,6). Осадок вместе с маточной жидкостью переносили на фильтр, помещенный в воронку Бюхнера и отфильтровывали. Стакан и фильтр с осадком промывали 50 мл ацетона в 3–4 приема. Осадок с фильтром переносили в стакан, в котором проводилось осаждение, и растворяли в 50 мл воды. Полученный раствор количественно переносили в мерную колбу вместимостью 250 мл. Фильтр несколько раз промывали небольшими порциями воды, присоединяя их к основному раствору. Доводили объем раствора водой до метки (раствор А). 30 мл полученного раствора А помещали в мерную колбу вместимостью 500 мл и доводили объем раствора водой до метки (раствора Б). Измерение проводили при длине волны 258 нм.

Содержание дубильных веществ устанавливали титриметрическим методом (Гринкевич, 1983). Для этого около 2 г (точная навеска) измельченного

сырья, просеянного сквозь сито с диаметром отверстий 3 мм, помещали в коническую колбу вместимостью 100 мл, заливают 50 мл кипящей воды и нагревают на водяной бане в течение 30 мин при частом перемешивании. Жидкость отстаивали в течение нескольких минут и осторожно процеживали через вату в мерную колбу вместимостью 250 мл так, чтобы частицы сырья не попадали на вату. Сырье в колбе повторно извлекали кипящей водой, как указано выше, процеживая жидкость в ту же мерную колбу. Извлечение повторяли несколько раз до отрицательной реакции на дубильные вещества (проба с раствором железозаммониевых квасцов). Жидкость в мерной колбе охлаждали и объем извлечения доводили водой до метки. 25 мл полученной жидкости помещали в коническую колбу вместимостью 1 л, добавляли 750 мл воды и 25 мл раствора индигосульфокислоты и титровали при постоянном перемешивании 0,1 н перманганатом калия до золотисто-желтого окрашивания.

### Результаты и обсуждения

Для исследуемого растительного сырья определены фармакопейные параметры. Так, потеря массы при высушивании составила 4,40 %, а суммарное содержание общей золы — 5,10 %, что соответствуют нормам, предъявляемым для качественного анализа растительного сырья.

Экстрактивными веществами лекарственного растительного сырья условно называют комплекс органических и неорганических веществ, извлекаемых из растительного сырья соответствующим растворителем и определяемых количественно в виде сухого остатка. Содержание экстрактивных веществ в лекарственном растительном сырье — важный числовой показатель, определяющий его доброкачественность, особенно для тех видов сырья, у которых количественное определение действующих веществ не проводится. Количество экстрактивных веществ определяли несколькими растворителями: 50 %-ным и 90 %-ным этиловым спиртом, хлороформом, этилацетатом и бензолом. Данные по содержанию экстрактивных веществ надземной массы *Hedysarum songoricum* Bong. с использованием различных экстрагентов приведены на рисунке 1.

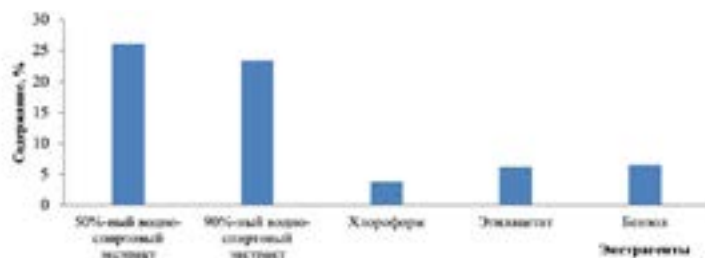


Рис. 1. Содержание экстрактивных веществ в надземной массе *Hedysarum songoricum* Bong.

(Fig. 1. The content of extractive substances in the aboveground mass of *Hedysarum songoricum* Bong.)

Наибольшее содержание экстрактивных веществ наблюдается в водно-спиртовых извлечениях. Так, количество экстрактивных веществ в 50 %-ном этиловом спирте составляет 26,15 %, а в 90 %-ном этиловом спирте – 23,43 %. Органические неполярные извлечения экстрагируют меньшее количество веществ: бензол – 6,48 %, этилацетат – 6,07 % и хлороформ – 3,76 % соответственно. Таким образом, 50 %-ный и 90 %-ный этиловый спирт являются наиболее эффективными экстрагентами растворителями для дальнейшего извлечения и исследования экстрактивных веществ.

Для выявления качественного состава экстрактивных веществ в полученных извлечениях проведен фитохимический анализ с использованием различных специфических реагентов. Данные приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Фитохимический анализ экстрактов надземной массы *Hedysarum songoricum* Bong.

Реагенты	Экстракты/ окрашивание				
	50 %-ный водно-спирт	90 %-ный водно-спирт	Хлороформ	Этилацетат	Бензол
Пары NH <sub>3</sub>	Желтое	Желтое	–	–	–
2 %-ный спиртовой раствор AlCl <sub>3</sub>	Ярко-желтое	Ярко-желтое	–	–	–
1 %-ный раствор ванилина в концентрированной HCl	–	–	–	–	–
5 %-ный раствор NaNO <sub>2</sub>	Розовое	Розовое	–	–	–
2 %-ный раствор Pb(CH <sub>3</sub> COO) <sub>2</sub>	–	–	–	–	–
Лактонная проба	Помутнение	Помутнение	Помутнение	Помутнение	Помутнение
Цианидиновая проба	Оранжевое	Оранжевое	–	–	–
0,1 н водный раствор HCl	Пена	Пена	–	–	–
0,1 н водный раствор NaOH	Пена	Пена	–	–	–
Реактив Драгендорфа	Кирпично-красное	Кирпично-красное	Кирпично-красное	–	–
Реактив Вагнера	Бурые осадки	Бурые осадки	–	–	–
Реактив Бушарда	Бурые осадки	Бурые осадки	–	–	–
1 %-ный раствор нингидрина	Фиолетовое	Фиолетовое	Фиолетовое	–	–
Проба Молиша	Красное	Красное	–	–	–
1 %-ный раствор желатина	Помутнение	Помутнение	–	Помутнение	–
2 %-ный спиртовой раствор FeCl <sub>3</sub>	Зеленое	Зеленое	Желтое	Желто-зеленое	Желтое

Примечание «-» - отрицательный результат

Таблица 2. Качественный состав БАВ экстрактов надземной массы *Hedysarum songoricum* Bong.

Классы соединений	Экстракты				
	50 %-ный водно-спирт	90 %-ный водно-спирт	Хлороформ	Этилацетат	Бензол
Флавоноиды	+++	+++	–	+	–
Кумарины	+	+	+	+	+
Сапонины	+++	+++	–	–	–
Алкалоиды	++	+	++	–	–
Аминокислоты	+++	++	–	–	–
Углеводы	+	+	–	–	–
Дубильные вещества	+++	+++	–	+	–

Примечание: «+++» – наибольшее содержание; «++» – среднее содержание; «+» – следы; «–» – отсутствуют

В водно-этиловых извлечениях в наибольшем количестве выявлены флавоноиды, аминокислотосодержащие соединения, дубильные вещества (конденсированного типа), сапонины (тритерпеновой и стероидной группы), в меньшей степени – углеводы и кумарины.

Помутнение с лактонной пробой, осадок с реактивами Драгендорфа, Вагнера, Буршарда в хлороформном извлечении свидетельствует о наличии кумаринов и алкалоидов соответственно.

Бензолом и этилацетатом извлекается наименьшее количество биологически активных веществ.

Для установления точного содержания обнаруженных компонентов провели количественный анализ основных групп БАВ в надземной массе *Hedysarum songoricum* Bong. Флавоноиды, аминокислоты, сапонины определили спектрофотометрическим методом. Содержание флавоноидов составило 0,25 % (в пересчете на кверцетин), аминокислот – 4,82 % (в пересчете на глутаминовую кислоту); сапонинов – 1,02 % (в пересчете на глицирризиновую кислоту) соответственно.

Алкалоиды и дубильные вещества определили титриметрическим методом. Установлено, что алкалоиды содержатся в количестве 6,12 % (в пересчете на цитизин), а дубильные вещества – 4,56 %.

Результаты определения количественного содержания биологически активных соединений надземной массы *Hedysarum songoricum* Bong. приведены в таблице 3.

Таблица 3. Количественное содержание биологически активных соединений надземной массы *Hedysarum songoricum* Bong.

Классы соединений	Содержание, % (на абсолютно сухое сырье)
Флавоноиды	0,25
Алкалоиды	6,12
Аминокислоты	4,82
Сапонины	1,02
Дубильные вещества	4,56

Из приведенных в таблице 3 данных следует, что действующими веществами надземной массы *Hedysarum songoricum* являются аминокислоты, дубильные вещества, флавоноиды и сапонины.

Углубленное исследование химического состава БАВ надземной массы *Hedysarum songoricum* Bong. нами продолжается.

### Закключение

1. Определены фармакопейные параметры надземной массы *Hedysarum songoricum* Bong.: потеря массы при высушивании (4,40 %), общая зола (5,10 %), содержание экстрактивных веществ в 50 %-ном водно-этиловом спирте (26,15 %), 90 %-ном водно-этиловом спирте (23,43 %), хлороформе (3,76 %), этилацетате (6,07 %) и бензоле (6,48 %) соответственно.

2. Оценка основных групп биологически активных соединений проведена на основании качественных реакций осаждения, пенообразования, комплексообразования с применением специфических реагентов. Выявлено наличие различных классов природных соединений: полифенолы (окисленные формы флавоноидов, кумарины, конденсированные дубильные вещества), аминокислоты (аминокислоты и алкалоиды), сапонины (тритерпеновой и стероидной группы) и углеводы.

3. Количественное содержание основных классов природных метаболитов определили на основании титриметрических и спектрофотометрических методов анализа. Содержание алкалоидов составляет – 6,12 %, аминокислот – 4,82 %, дубильных веществ конденсированного типа – 4,56 %, сапонинов – 1,02 % и флавоноидов – 0,25 %.

### ЛИТЕРАТУРА

Finnegan R.A., Merkel K.E., Patel J.K. 1973 — *Finnegan R.A., Merkel K.E., Patel J.K., Constituents of Mammea americana* L. XII: Biological data for xanthenes and benzophenones, J. Pharm. Sciences. – 1973. – 62. – С. 483–485.

Gambacorta E., Simonetti A., Garrisi N., Intaglietta I., Perna A. 2014 — *Gambacorta E., Simonetti A., Garrisi N., Intaglietta I., Perna A., Antioxidant properties and phenolic content of sulla (Hedysarum spp.) honeys from Southern Italy*, International Journal of Food Science and Technology. – 2014. – 49. – 2260–2268. DOI:10.1111/ijfs.12541

Ghosal S., Biswas K., Chaudhuri R.H. 1987 — *Ghosal S., Biswas K., Chaudhuri R.H., Chemical constituents of Gentianaceae. XXIV. Antimycobacterium tuberculosis activity of naturally occurring xanthenes and synthetic analogs*. J. Pharm. Sci. – 1987. – 67. – №5. С. 721–722.



Miura T., Ichiki H., Hashimoto I., Iwamoto N., Kato M., Kubo M., Ishihara E., Komatsu Y., Okada M., Ishida T., Tanigawa K. 2001 — *Miura T., Ichiki H., Hashimoto I., Iwamoto N., Kato M., Kubo M., Ishihara E., Komatsu Y., Okada M., Ishida T., Tanigawa K.*, Antidiabetic Activity of a Xanthone Compound, Mangiferin. *Phytomedicine*. – 2001. – 8. – №2. – С. 85–87. DOI: 10.1078/0944-7113-00009

Руководящие принципы ВОЗ по надлежащей практике культивирования и сбора (GACP) лекарственных растений. Всемирная организация здравоохранения, 2003 — Женева. – 2003. – С. 86. ULR: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/85341>

Serebryanaya F.K., Imachueva Dj.R., Guseynova Z.A. 2020 — *Serebryanaya F.K., Imachueva Dj.R., Guseynova Z.A.*, Pharmacognostical Investigations of *Hedysarum Caucasicum* Bieb. (*Fabaceae*) - An Ethnomedicinal Plant of Northern Caucasus, Russia, Determination of Mangiferin and Antibacterial Potentials. *Pharmacogn J.* – 2020. – 12. – №3. – С. 510-518. DOI : 10.5530/pj.2020.12.78

Tibe O., Meagher P.L., Fraser K., Harding R.D. 2011 — *Tibe O., Meagher P.L., Fraser K., Harding R.D.*, Condensed tannins and flavonoids from the forage legume sulla (*Hedysarum coronarium*), *J. Agric. Food Chem.* – 2011. – 59. – 17. – 9402–9409. DOI: 10.1021/jf2014759

Uyar Z, Koz Ö, Uyar E, Arslan Ü, Koyuncu I, Nalbantsoy A. 2017 — *Uyar Z, Koz Ö, Uyar E, Arslan Ü, Koyuncu I, Nalbantsoy A.*, Total Phenolic, Flavonoid, Fatty Acid Contents and Cytotoxic, Antioxidant, and Antimicrobial Activities of *Hedysarum aucheri*, *Journal of Pharmaceutical Research International*. – 2017. – 19. – №3. – 1-13. DOI:10.9734/JPRI/2017/37104

Yi Liu, Qingying Zhang, Hubiao Chen, Bin Wang, Dongge An, Yuying Zhao 2006 — *Yi Liu, Qingying Zhang, Hubiao Chen, Bin Wang, Dongge An, Yuying Zhao*, Structural determination of saponins from *Hedysarum polybotrys*, *Magn. Reson. Chem.* – 2006. – 44. – 1128–1130. DOI: 10.1002/mrc.1903

Высочина Г.И., Кукушкина Т.А. 2011 — *Высочина Г.И., Кукушкина Т.А.*, Биологически активные вещества некоторых видов рода *Hedysarum* L. – 2011. – №4. – С. 251-258.

Государственная Фармакопея Республики Казахстан. Т.1. 2008 — Алматы: Издательский дом "Жибек Жолы". – 2008. – С. 592

Государственная Фармакопея Республики Казахстан. Т.3. 2014 — Алматы: Издательский дом "Жибек Жолы". – 2014. – С. 872

Гринкевич Н.И., Сафронич Л.Н. 1983 — *Гринкевич Н.И., Сафронич Л.Н.*, Химический анализ лекарственных растений. Учебное пособие. — М.: Высшая школа. – 1983. – С. 176

Грудзинская Л.М., Гемеджиева Н.Г., Нелина Н.В., Каржаубекова Ж.Ж. 2014 — *Грудзинская Л.М., Гемеджиева Н.Г., Нелина Н.В., Каржаубекова Ж.Ж.*, Аннотированный список лекарственных растений Казахстана. – Алматы, 2014. – С. 76-77

Кисилёва А.Н., Крикова А.В., Коган Е.Г. 2016 — *Кисилёва А.Н., Крикова А.В., Коган Е.Г.*, Изучение аминокислотного состава травы копеечника кустарникового (*Hedysarum Fruticosum* Pall.), "Наука молодых" (*Eruditio Juvenium*). – 2016. – № 4. DOI:10.23888/HMJ2016472-76

Неретина О.В., Громова А.С., Луцкий В.И., Семенов А.А. 2004 — *Неретина О.В., Громова А.С., Луцкий В.И., Семенов А.А.*, Компонентный состав видов рода *Hedysarum* (*Fabaceae*), растительные ресурсы. – 2004. – 40. – №4. – С. 111-138.

Соколов П.Д. 1987 — *Соколов П.Д.*, Растительные ресурсы СССР: цветковые растения, их химический состав, использование; Семейства *Hydrangeaceae* – *Haloragaceae*. – Ленинград: Наука, 1987 - 326 с.

## REFERENCES

Finnegan R.A., Merkel K.E., Patel J.K., 1973 — *Finnegan R.A., Merkel K.E., Patel J.K.* Constituents of *Mammea americana* L. XII: Biological data for xanthenes and benzophenones. *J. Pharm. Sciences*. – 1973. – 62. – Pp. 483–485.

Gambacorta E., Simonetti A., Garrisi N., Intaglietta I., Perna A., 2014 — *Gambacorta*

E., Simonetti A., Garrisi N., Intaglietta I., Perna A. Antioxidant properties and phenolic content of sulla (*Hedysarum* spp.) honeys from Southern Italy, International Journal of Food Science and Technology. – 2014. – 49. – 2260–2268. DOI:10.1111/ijfs.12541.

Ghosal S., Biswas K., Chaudhuri R.H., 1987 — Ghosal S., Biswas K., Chaudhuri R.H. Chemical constituents of *Gentianaceae*. XXIV. Antimycobacterium tuberculosis activity of naturally occurring xanthenes and synthetic analogs. J. Pharm. Sci. – 1987. – 67. – №5. – Pp. 721–722.

Grinkevich N.I., Safronich L.N., 1983 — Grinkevich N.I., Safronich L.N. Chemical analysis of medicinal plants. Study guide. Moscow. – 1983. – P. 176.

Grudzinskaya L.M., Gemejiyeva N.G., Nelina N.V., Karzhaubekova Zh.Zh., 2014 — Grudzinskaya L.M., Gemejiyeva N.G., Nelina N.V., Karzhaubekova Zh.Zh. Annotated listing of medicinal plants of Kazakhstan. – Almaty. – 2014. – Pp. 76–77.

Kiselev A.N., Krikova A.V., Kogan E.G., 2016 — Kiselev A.N., Krikova A.V., Kogan E.G. Study of the amino acid composition of the grass of the shrubby *Hedysarum* (*Hedysarum Fruticosum* Pall.). "Science of the young" (Eruditio Juvenium), – 2016. – № 4. DOI:10.23888/HMJ2016472-76.

Miura T., Ichiki H., Hashimoto I., Iwamoto N., Kato M., Kubo M., Ishihara E., Komatsu Y., Okada M., Ishida T., Tanigawa K., 2001 — Miura T., Ichiki H., Hashimoto I., Iwamoto N., Kato M., Kubo M., Ishihara E., Komatsu Y., Okada M., Ishida T., Tanigawa K. Antidiabetic Activity of a Xanthone Compound, Mangiferin. Phytomedicine. – 2001. – 8. – №2. – Pp. 85–87. DOI: 10.1078/0944-7113-00009.

Neretina O.V., Gromova A.S., Luski V.I., Semenov A.A., 2004 — Neretina O.V., Gromova A.S., Luski V.I., Semenov A.A. Component composition of species of the genus *Hedysarum* (*Fabaceae*). Plant resources. – 2004. – 40. – №4. – Pp. 111–138.

Serebryanaya F.K., Imachueva Dj.R., Guseynova Z.A., 2020 — Serebryanaya F.K., Imachueva Dj.R., Guseynova Z.A. Pharmacognostical Investigations of *Hedysarum Caucasicum* Bieb. (*Fabaceae*) - An Ethnomedicinal Plant of Northern Caucasus, Russia, Determination of Mangiferin and Antibacterial Potentials. Pharmacogn J. – 2020. – 12. – №3. – Pp. 510–518. DOI: 10.5530/pj.2020.12.78.

Sokolov P.D., 1987 — Sokolov P.D. Plant resources of the USSR: flowering plants and their chemical composition, usage; *Hydrangea families – Haloragaceae*. Leningrad. – 1987. – P. 328.

State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan. Vol.3. 2014 — Almaty. – 2014. – P. 872.

State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan. Vol.1 2008 — Almaty. – 2008. – P. 592.

Tibe O., Meagher P.L., Fraser K., Harding R.D., 2011 — Tibe O., Meagher P.L., Fraser K., Harding R.D. Condensed tannins and flavonoids from the forage legume sulla (*Hedysarum coronarium*) J. Agric. Food Chem. – 2011. – 59. – 17. – 9402–9409. DOI: 10.1021/jf2014759.

Uyar Z., Koz Ö., Uyar E., Arslan Ü., Koyuncu I., Nalbantsoy A., 2017 — Uyar Z., Koz Ö., Uyar E., Arslan Ü., Koyuncu I., Nalbantsoy A. Total Phenolic, Flavonoid, Fatty Acid Contents and Cytotoxic, Antioxidant, and Antimicrobial Activities of *Hedysarum aucheri*. Journal of Pharmaceutical Research International. – 2017. – 19. – №3. – 1–13. DOI:10.9734/JPRI/2017/37104.

Vysochina G.I., Kukushkina T.A., 2011 — Vysochina G.I., Kukushkina T.A. Biologically active substances of some species of the genus *Hedysarum* L. Chemistry of plant raw materials. – 2011. – №4. – Pp. 251–258.

World Health Organization, 2003 — WHO guidelines on good agricultural and collection practices (GACP) for medicinal plants. World Health Organization. – 2003. – P. 72. ULR: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42783>.

Yi Liu, Qingying Zhang, Hubiao Chen, Bin Wang, Dongge An, Yuying Zhao, 2006 — Yi Liu, Qingying Zhang, Hubiao Chen, Bin Wang, Dongge An, Yuying Zhao. Structural determination of saponins from *Hedysarum polybotrys*, Magn. Reson. Chem. – 44. – 1128–1130. DOI: 10.1002/mrc.1903.

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

ISSN 2224-5227

Volume 345, Number 1 (2023), 243–264

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.198>

УДК 541.128:[546.171.5+547.235]

© **S.A. Dzhumadullaeva<sup>1\*</sup>, A.B. Bayeshov<sup>2</sup>, A.V. Kolesnikov<sup>3</sup>, 2023**

<sup>1</sup>Khoja Akhmet Yassawi Kazakh-Turkish International University,  
Turkistan, Kazakhstan;

<sup>2</sup>D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry,  
Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup>JSC D.I. Mendeleev Russian University of Chemical Technology,  
Moscow, Russia.

E-mail: [sveta.jumadullayeva@ayu.edu.kz](mailto:sveta.jumadullayeva@ayu.edu.kz)

## CATALYTIC SYNTHESIS OF CARBOXYLIC ACID HYDRAZIDES OF VARIOUS STRUCTURES

**Dzhumadullaeva Sveta Absadykovna** — candidate of chemical Sciences. Professor of the Khoja Akhmet Yassawi Kazakh-Turkish International University, Turkistan

E-mail: [sveta.jumadullayeva@ayu.edu.kz](mailto:sveta.jumadullayeva@ayu.edu.kz), <https://orcid.org/0000-0003-2673-2915>;

**Bayeshov Abduali Bayeshovich** — doctor of chemical Sciences, academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. D.V. Sokolsky Institute of Fuel. Catalysis and Electrochemistry, Almaty

E-mail: [bayeshov@mail.ru](mailto:bayeshov@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-0745-039X>;

**Kolesnikov Artem Vladimirovich** — candidate of technical Sciences, senior scientific researcher of JSC D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow

E-mail: [artkoles@list.ru](mailto:artkoles@list.ru), <https://orcid.org/0000-0002-4586-6612>.

**Abstract.** In this work, the reaction of hydrazinolysis of aliphatic, aromatic, dicarboxylic acids in the presence of ion-exchange catalysts was considered for the first time. Commercial synthetic ion-exchange resins AV-17–8 and KU-2–8 were used as catalysts. Before use, the anion exchanger and cation exchanger were converted into the OH (H)–form, respectively, and their static exchange capacity was determined. The experiments were carried out under static conditions in a glass reactor with stirring of the reaction mixture. The corresponding hydrazides were obtained by the reaction of butyric, palmitic, oleic, oxalic, maleic, benzoic, and cinnamic acids with aqueous hydrazine. Analysis of the initial substances and reaction products was carried out by photocolometric and IR spectroscopic methods, the composition of the obtained compounds was determined by elemental analysis. The influence of various factors (amount of hydrazine hydrate, catalyst, solvent, temperature, reaction time) on the formation of carboxylic acid hydrazides was studied. The conversion of carboxylic acids was 86–94 %, the yields of hydrazides were 68–90 %. It was shown that reactions with aromatic acids with

electron-donating substituents proceeded in higher yields than with acids with electron-withdrawing substituents. For an aliphatic lower acid (butyric acid), the yield of hydrazide was lower – 68 %. In the case of using higher carboxylic acids as substrates, the highest yield of the product was obtained for palmitic acid (90 %). Among the studied dicarboxylic acids, the best results were obtained for maleic acid with the production of cyclic hydrazide (90 %), compared with oxalic acid (62 %). For all the studied carboxylic acids, the optimal conditions for hydrazinolysis were found. As a result of IR spectroscopic studies, a mechanism for the hydrazinolysis of carboxylic acids with the participation of active sites of ion exchangers was proposed. It is shown that the reaction proceeds with the formation of transition complexes on the surface of the ionite. The practical significance of the work lies in the development of the most efficient method for obtaining carboxylic acid hydrazides.

**Key words:** carboxylic acid, hydrazine, hydrazide, ion exchanger

© С.А. Жұмаділлаева<sup>1\*</sup>, А.Б. Баешов<sup>2</sup>, А.В. Колесников<sup>3</sup>, 2023

<sup>1</sup>Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,  
Түркістан, Қазақстан;

<sup>2</sup>Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия  
институты, АҚ, Алматы, Қазақстан;

<sup>3</sup>Д.И. Менделеев атындағы Ресей химия-технологиялық университетінің  
технопаркі, Москва, Ресей.

E-mail: sveta.jumadullayeva@ayu.edu.kz

## ҚҰРЫЛЫСЫ ӘРТҮРЛІ КАРБОН ҚЫШҚЫЛДАРЫ ГИДРАЗИДТЕРІНІҢ КАТАЛИТТІК СИНТЕЗІ

**Аннотация.** Бұл жұмыста алғаш рет алифатты, ароматты және дикарбон қышқылдарының гидразинолиз реакциясы ионитті катализаторлар қатысында қарастырылды. Катализаторлар ретінде тауарлы синтетикалық ионалмастырғыш шайырлар АВ-17–8 және КУ-2–8 қолданылды. Қолданар алдында анионит ОН-формаға, ал катионит Н-формаға көшірілді және олардың статикалық алмасу сыйымдылығы анықталды. Май қышқылының, пальмитин, олеин, қымыздық, малеин, бензой, қабық қышқылдарының сулы гидразинмен реакциясы арқылы оларға сәйкес гидразидтер алынды. Бастапқы заттардың және реакция өнімдерінің анализі фотоколориметриялық және ИҚ-спектроскопиялық әдістермен жүргізілді, алынған қосылыстардың құрамы элементтік анализ әдісімен анықталды. Карбон қышқылдары гидразидтерінің түзілуіне әртүрлі факторлардың (гидразингидраттың, катализатордың, еріткіштің мөлшері, температура, реакция ұзақтығы) әсері зерттелді. Карбон қышқылдарының конверсиясы 86–94 %, гидразидтердің шығымы 68–90 %-ды құрады. Реакция электрондонорлы орынбасушылары бар ароматты қышқылдармен электронакцепторлы орынбасушылары бар қышқылдарға

қарағанда көп шығыммен жүретіндігі көрсетілді. Алифатты май қышқылы үшін гидразид шығымы төмен (68 %) болды. Субстраттар ретінде жоғары карбон қышқылдарын қолданған жағдайда ең көп шығым пальмитин қышқылы үшін (90 %) алынды. Зерттелген дикарбон қышқылдарының ішінде ең жақсы нәтижелер циклды гидразид түзген малеин қышқылы үшін (90 %) алынды, қымыздық қышқылы жағдайында гидразид шығымы (62 %) төмен болды. Барлық зерттелген карбон қышқылдары үшін гидразиолиз реакциясының оңтайлы жағдайлары анықталды. ИҚ-спектроскопиялық зерттеулер нәтижесінде карбон қышқылдарының гидразиолиз реакциясы иониттің активті орталықтарының қатысуымен жүзеге асатын механизмі ұсынылды. Реакцияның ионит бетінде ауыспалы комплекстердің түзілуімен жүретіндігі көрсетілді. Бұл жұмыстың практикалық маңыздылығы гидразидтерді алудың тиімді әдісін ойластыру болып табылады.

**Түйін сөздер:** карбон қышқылы, гидразин, гидразид, ионит

© С.А. Джумадуллаева<sup>1\*</sup>, А.Б. Баяшов<sup>2</sup>, А.В. Колесников<sup>3</sup>, 2023

<sup>1</sup>Международный казахско-турецкий университет имени Ходжи Ахмеда Ясави, Туркестан, Казахстан;

<sup>2</sup>Институт топлива, катализа и электрохимии имени Д.В. Сокольского, АО, Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Технопарк Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева, Москва, Россия.  
E-mail: sveta.jumadullayeva@ayu.edu.kz

## **КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ГИДРАЗИДОВ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ РАЗЛИЧНОГО СТРОЕНИЯ**

**Аннотация.** В этой работе впервые рассмотрена реакция гидразиолиза алифатических, ароматических, дикарбонных кислот в присутствии ионитных катализаторов. В качестве катализаторов использовали товарные синтетические ионообменные смолы АВ-17–8 и КУ-2–8. Перед использованием анионит и катионит переводили в ОН (Н)–форму соответственно и определяли их статическую обменную емкость. Опыты проводили в статических условиях в стеклянном реакторе с перемешиванием реакционной смеси. Реакцией масляной, пальмитиновой, олеиновой, щавелевой, малеиновой, бензойной, коричной кислот с водным гидразином были получены соответствующие гидразиды. Анализ исходных веществ и продуктов реакции проводили фотоколориметрическим и ИК-спектроскопическим методами, состав полученных соединений определяли элементным анализом. Изучено влияние различных факторов (количества гидразингидрата, катализатора, растворителя, температуры, продолжительности реакции) на образование гидразидов карбонных кислот. Конверсия карбонных кислот составила 86–94 %, выходы гидразидов составили 68–90 %. Показано, что реакции

с ароматическими кислотами с электронодонорными заместителями проходили с большими выходами, чем с кислотами с электроноакцепторными заместителями. Для алифатической низшей кислоты (масляная кислота), выход гидразида оказался ниже – 68 %. В случае использования в качестве субстратов высших карбоновых кислот наибольший выход продукта получен для пальмитиновой кислоты (90 %). Среди изученных дикарбоновых кислот наилучшие результаты получены для малеиновой кислоты с получением циклического гидразида (90 %), по сравнению с щавелевой кислотой (62 %). Для всех изученных карбоновых кислот найдены оптимальные условия проведения гидразинолиза. В результате ИК-спектроскопических исследований предложен механизм гидразинолиза карбоновых кислот с участием активных центров ионитов. Показано, что реакция протекает с образованием переходных комплексов на поверхности ионита. Практическая значимость работы состоит в разработке наиболее эффективного способа получения гидразидов карбоновых кислот.

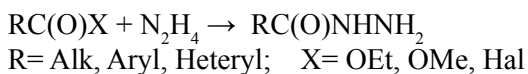
**Ключевые слова:** карбоновая кислота, гидразин, гидразид, ионит

### Кіріспе

Гидразиннің органикалық туындыларының ішінде карбон қышқылдарының гидразидтері ерекше қызығушылық тудырады. Бұл қызығушылық гидразидтер құрамында бірнеше реакциялық қабілетті орталықтардың болуынан органикалық молекулалардың әртүрлі кластарын алу үшін қолайлы бастапқы структуралар екендігіне байланысты. Дегенмен де әдебиеттік мәліметтерді талдау барысында гидразидтердің әлеуетті пайдалы қасиеттерінің алуан түрлі болуына қарамастан, ғылыми әдебиеттерде оларды синтездеу әдістері өте аз қамтылған. Сондықтан бұл қосылыстардың қасиеттерін және органикалық синтезде қолдану мүмкіншілігін ары қарай зерттеу өзекті мәселе болып табылады. Карбон қышқылдары гидразидтерінің субстраттар ретінде дәрілік заттар, инсектофунгицидтер, оптикалық ағартқыштар, полимеризация инициаторлары, полимерлі материалдар және бояғыш заттарға арналған тұрақтандырғыштар синтезінде жартылай өнімдер, түсті металдар минералдарын флотациялық жолмен бөліп алу үшін реагенттер, тұзды суларды тұщыландыруға арналған полимерлі пленкалар мен талшықтар ретінде практикалық маңызы зор (Eckart, 2001: 2232; Saha, 2010: 5).

Алифатты, ароматты және гетероциклды карбон қышқылдарының гидразидтерін синтездеу үшін гидразинді және оның орын басқан туындыларын әртүрлі ацилді қосылыстармен, атап айтқанда, карбон қышқылдарының галогенангидридтерімен, ангидридтерімен, күрделі эфирлерімен әрекеттестіреді (схема 1).

Схема 1



Мұндай процестердің кемшілігіне гидразидтердің шығымы мен процестің селективтілігінің төмен, негізгі өнімді реакциялық қоспадан бөліп алудың күрделі болуы жатады (Chrissie, 2010: 6). Карбон қышқылдарының тұздарын гидразинмен термиялық ыдыратуға негізделген әдістер де белгілі (Drozdetsky, 2000: 3). Бірақ бұл әдістерде  $R=CH_3$ ,  $i-C_3H_7$ , радикалдары бар төменгі алифатты қышқылдарды қолданғанда негізгі өніммен бірге қоспалардың (1,2-диацилгидразиндердің және циклды қосылыстардың) көп мөлшері түзіледі. Сонымен қатар, қолданылған еріткіштер өнімнің органолептикалық қасиеттерін нашарлатып, негізгі өнімді қосымша тазарту қажет болады.

Полимерлі ионалмастырғыш шайырларды карбон қышқылдарының гидразинолиз процесінде қолдану гидразидтер алудың болашағы зор әдісі болып табылады (Dzhumadullayeva, 2021: 4). Иониттер процесті жұмсақ жағдайларда жүргізуге мүмкіндік береді, жанама реакциялардың жүрмеуін, негізгі өнімдер шығымының едәуір жоғарылауын қамтамасыз етеді. Бірақ гидразинолиз реакциясында карбон қышқылдары құрылысының және қолданылатын ионитті катализаторлар табиғатының әсері жөнінде әдебиеттік мәліметтерде жеткілікті деректер келтірілмеген (Dzhumakaev, 1993: 3).

Бұл жұмыстың мақсаты құрылысы әртүрлі карбон қышқылдарының сулы гидразинмен ионитті катализаторлар қатысында әрекеттесу реакциясын зерттеу, сонымен қатар процестің оңтайлы жағдайларын анықтау және ИҚ-спектроскопиялық әдістің көмегімен реакция механизмі жөнінде болжамдар жасау болып табылады.

### **Материалдар және әдістер**

Гидразидтерді синтездеу үшін химиялық таза карбон қышқылдары және тазалығы 99.9 мас.% тауарлы гидразингидрат қолданылды. Катализаторлар ретінде жоғары негізді анионит АВ-17–8 және күшті қышқылды сульфокатионит КУ-2–8 қолданылды, оларды жұмысқа дайындау және  $H^+$  ( $OH^-$ ) формаларға көшіру, иониттердің статикалық алмасу сыйымдылығын анықтау белгілі әдістер бойынша (GOST, 1998: 7; Polyansky, 1973: 213) жүзеге асырылды.

### **Гидразидтерді алудың жалпы әдістемесі**

1 г карбон қышқылының 8-32 мл судағы ерітіндісіне (немесе бутил спиртін ерітіндісіне) 0,6–2,5 г гидразингидрат, 1–3 г ауада кептірілген анионит (немесе катионит) қосып, араластыра отырып, сулы моншада 2–3 сағат бойы 80–95°C температуралар интервалында қыздырады. Реакция аяқталғанда сулы фракцияны (немесе спиртті ерітіндіні) сүзу арқылы иониттен бөліп алып буландырады, алынған құрғақ қалдықты еріткішпен қайта кристалдайды.

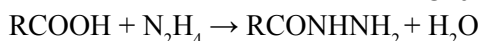
ИҚ-спектроскопиялық зерттеулер белгілі әдістеме бойынша жүргізілді (Little, 1969: 514). Гидразидтердің анализі фотоколориметриялық әдіспен (Korenman, 1975: 360) Флюорат-02-5М (ГК “Люмэкс”, Ресей) приборында орындалды. Бастапқы заттардың және реакция өнімдерінің ИҚ спектрлері Impact-410 (АҚШ) спектрометрінде 400–4000  $cm^{-1}$  жиіліктер интервалында

алынды. Реакция өнімдерінің құрамы элементтік анализ негізінде анықталды. Элементтік анализ X-Calibur Xenometrix (Израиль) элементтік анализаторында жүргізілді.

### Нәтижелер және оларды талқылау

Ионитті катализаторлар АВ-17–8 (ОН) және КУ-2–8 (Н) қатысында май қышқылы, пальмитин, олеин, қымыздық, малеин, бензой, қабық қышқылдары гидразингидратпен (ГГ) салыстырмалы жеңіл әрекеттесіп, өздеріне сәйкес гидразидтер түзеді (схема 2).


Схема 2



R= Pr, Me(CH<sub>2</sub>)<sub>13</sub>, Me(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>CH=CH(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>, COOH, HOOCCH=CH, Ph, PhCH=CH

Алынған гидразидтердің спектрлерінде гидразидті топтың –C(O)NHNH<sub>2</sub> сіңіру жолақтары ерекше нақты көрінеді. Синтезделген гидразидтердің ИҚ-спектрлік сипаттамалары 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1– Алынған гидразидтердің ИҚ-спектроскопиялық мәліметтері

№	Карбон қышқылдарының гидразидтері	ИҚ-спектрлік мәліметтер
1	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CONHNH <sub>2</sub>	1689 (C=O), 2946-2863 (CH, CH <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> ), 1470-1351 (C-C), 3440, 1559 (NH)
2	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>13</sub> CONHNH <sub>2</sub>	1641, 1706 (C=O), 2959, 2927, 2849 (CH <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> ), 1274-1094 (C-C), 3433, 3220, 1509 (NH)
3	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CH=CH(CH <sub>2</sub> ) <sub>7</sub> CONHNH <sub>2</sub>	1699 (C=O), 1637 (CH=CH), 2957, 2915, 2848 (CH), 1100 (C-N), 3451, 3326, 3289 (NH), 980 (N-N)
4	NH <sub>2</sub> NHOC-CONHNH <sub>2</sub>	1637, 1704 (C=O), 3118, 1488 (CH), 1174 (C-N), 3466, 3424 (NH)
5		1689 (C=O), 1600 (CH=CH), 2910, 2842, 1396, 1299 (CH), 1122 (C-N), 3414 (NH)
6	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CONHNH <sub>2</sub>	1674, 1330 (C=O), 1600-1400 (C-C) <sub>Ar</sub> , 3000-2800 (NH <sub>2</sub> ), 3492, 3436, 1492, 1475, 1452 (NH)
7	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> CH=CHCONHNH <sub>2</sub>	1693 (C=O), 1541 (CH=CH), 3027 (C-H) <sub>Ar</sub> , 1182 (C-N), 3340, 3210, (NH), 989 (N-N)

2-Кестеде көрсетілгендей, зерттелген карбон қышқылдарының (КҚ) гидразинолиз процесі салыстырмалы жұмсақ жағдайларда өтеді және реакцияның негізгі өнімдеріне қатысты жоғары селективтілікпен жүреді. Карбон қышқылдарының конверсиясы 86–94 %, гидразидтердің шығымы 68–90 % болды. Карбон қышқылдарының құрылысының реакцияның жүру барысына әсерін зерттеу мақсатында әртүрлі алифатты және ароматты монокарбон және кейбір дикарбон қышқылдарымен синтездер жүргізілді.



Электронакцептор орынбасушылары бар қышқылдарға (бензой қышқылы) қарағанда электрондонор орынбасушылары бар ароматты қышқылдармен (қабық қышқылы) реакциялар үлкен шығымдармен өтетіндігі анықталды. Алифатты май қышқылы үшін сәйкес гидразид шығымы төмен болды (68 %). Субстраттар ретінде жоғары карбон қышқылдарын қолданған жағдайда өнімнің ең жоғары шығымы пальмитин қышқылы үшін алынды (90 %), бірақ қанықпаған алкенил тобы бар олеин қышқылы үшін оған сәйкес гидразид шығымы 85 % болды. Зерттелген дикарбон қышқылдарының ішінде ең жақсы нәтижелер циклды гидразид түзген малеин қышқылы үшін алынды, ал қаныққан дикарбон қышқылы– қымыздық қышқылы жағдайында гидразид шығымы төмен екендігі (62 %) анықталды. Барлық зерттелген карбон қышқылдары үшін гидразиолиз реакциясын жүргізудің оңтайлы жағдайлары табылды (кесте 2).

Сонымен қатар, процестің жүруіне ионитті катализатордың (Кт) табиғатының әсері зерттелді. Пальмитин, олеин, бензой және қабық қышқылдарының гидразиолиз реакциясында ОН-формадағы анионит АВ-17–8, ал май қышқылы, малеин және қымыздық қышқылдары жағдайында Н-формадағы катионит КУ-2–8 жоғары каталиттік активтілік көрсететіндігі анықталды.

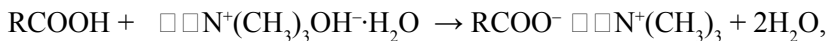
Кесте 2– Ионитті катализаторлар қатысында гидразидтерді синтездеу

Карбон қышқылы	Катализатор	Реакция жағдайлары КҚ: ГГ: Кт (масс.)	Карбон қышқылының конверсиясы, %	Гидразид шығымы, %
Май қышқылы	КУ-2-8 (Н)	1:0,6:1:0,67 C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ОН, 80°C, 3 сағ.	89	68
Пальмитин қышқылы	АВ-17-8 (ОН)	1:2,5 :3:8 H <sub>2</sub> O, 95°C, 3 сағ.	92	90
Олеин қышқылы	АВ-17-8 (ОН)	1:0,72:2:32 H <sub>2</sub> O, 90°C, 2 сағ.	90	85
Қымыздық қышқылы	КУ-2-8 (Н)	1:1,08:1:2,43 C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> ОН, 95°C, 3 сағ.	86	62
Малеин қышқылы	КУ-2-8 (Н)	1:1,44:2:16 H <sub>2</sub> O, 95°C, 2 сағ.	93	90
Бензой қышқылы	АВ-17-8 (ОН)	1:0,72:2:8 H <sub>2</sub> O, 95°C, 3 сағ.	87	83
Қабық қышқылы	АВ-17-8 (ОН)	1:0,72:2:16 H <sub>2</sub> O, 90°C, 2 сағ.	94	90

Карбон қышқылдарының гидразиолиз реакциясының механизмін анықтау үшін бастапқы заттардың, реакциялар өнімдерінің және қолданылған ионитті катализаторлардың ИҚ-спектроскопиялық зерттеулері жүргізілді. Әдебиеттік мәліметтер бойынша (Dzhumadullayeva, 2018: 4) карбон қышқылдарының АВ-17–8 анионитінде адсорбциялануы-нан кейін ИҚ спектрлерде адсорбцияланған молекулалардың ионалмастырғыш шайырдың

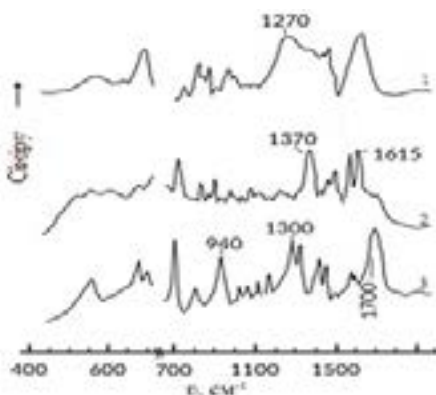
активті орталықтарымен әртүрлі агрегатты супрамолекулярлы комплекстері түзіледі деп болжауға болады (схема 3):

Схема 3



мұнда  $\square\square N^+(CH_3)_3 OH^-$  – полимерлі байланысқан төртіншілік аммоний ионы және гидроксил ионы, олар АВ-17-8 (ОН) анионитінің каталиттік активті орталықтары

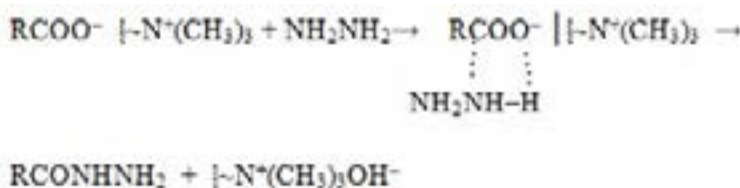
Органикалық қышқылдың адсорбциялануынан кейін аниониттің спектрінде карбоксилат анионның  $RCOO^-$  (Little, 1969: 540; Dzhumadullayeva, 2013: 3) симметриялы және антисимметриялы валенттік тербелістеріне сәйкес сіңіру жолақтары байқалады. Айталық, бензой қышқылының АВ-17–8 (ОН) анионитімен әрекеттесу өнімінің ИҚ спектрінде  $COOH$  тобының валенттік және деформациялық тербелістеріне жататын сіңіру жолақтары пайда болмады, оның орнына аниониттің жолақтарымен бірге жиілігі 1370 және 1615  $cm^{-1}$   $RCOO^-$  тобының интенсивті сіңіру жолақтары байқалады (сурет 1).



Сурет 1-АВ-17–8 (ОН) анионитінің (1), бензой қышқылының (3) және оның анионитпен әрекеттесу өнімінің (2) ИҚ спектрлері

Осыған байланысты, карбоксилат-анионның катализатормен комплексі гидразин әсерінен ыдырап, гидразид түзіледі және аниониттің активті орталықтары қайтадан қалпына келеді деп болжауға болады (схема 4):

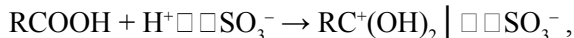
Схема 4



Осыған ұқсас адсорбциялық комплекстердің фазааралық катализ жағдайларында түзілуінің дәлелдері әртүрлі кетондардың сулы ортада төртіншілік аммоний тұздары қатысында алкилденуін (Yuufit, 1987: 3; Dermeik, 1985: 7), олеин қышқылының гидразинолиз реакциясының кинетикасын АВ-17-8 (ОН) аниониті қатысында (Dzhumadullaeva, 2019: 3) зерттегенде анықталды.

Әдебиеттік мәліметтерді ескере отырып (Tsendel, 1972: 406; Selemenev, 2020: 14), май қышқылының, қымыздық және малеин қышқылдарының КУ-2-8 (Н) катиониті қатысында гидразинолизінің механизмі катиониттегі фазалар бөліну шекарасы арқылы протондар тасымалдануына негізделген деп болжауға болады. Карбон қышқылы катионитке адсорбцияланғанда сульфоқышқылды топтар арасындағы көпірлік Н-байланыстар үзіледі, протондар карбонил тобына қосылып, ОН-тобы түзіледі, сульфотоптар мына түрде  $RC^+(OH)_2 | \square\square SO_3^-$  қоршалады (схема 5):

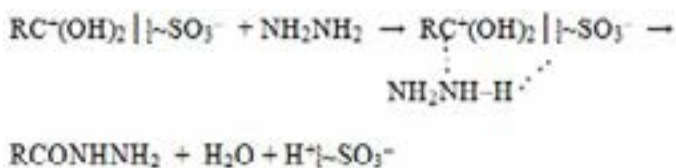
Схема 5



мұнда  $H^+ \square\square SO_3^-$  — бекітілген полимерлі байланысқан сульфоний иондары мен сутегі иондары, олар КУ-2-8 (Н) катионитінің каталиттік активті орталықтары (Tsendel, 1972: 406; Semushin, 1980: 96).

Гидразиннің азот атомының оң зарядталған көміртегі атомын нуклеофилді шабуылдауынан катионит бетінде адсорбциялық комплекс түзіледі. Ол  $NH_2$ -топтан полимерлі байланысқан сульфотопқа протонның тасымалдануы нәтижесінде ыдырап, дегидратациядан кейін гидразид түзіледі және катиониттің активті орталықтары қайта қалпына келеді (схема 6):

Схема 6



Май қышқылының, малеин және қымыздық қышқылдарының КУ-2-8 (Н) катионитімен әрекеттесу өнімінің ИҚ спектрінде карбоксил тобының интенсивті сіңіру жолақтары байқалмайды, оның орнына жиілігі  $1622 \text{ см}^{-1}$  интенсивті сіңіру жолағы пайда болды, ол гидразидтің карбонил тобының валенттік тербелістеріне сәйкес келеді. Сонымен қатар, катиониттің жолақтарымен бірге жиілігі  $1400\text{--}1500 \text{ см}^{-1}$  және бірнеше жолақтар  $2400\text{--}3200 \text{ см}^{-1}$  аумағында пайда болды, олар түзілген адсорбциялық комплекстің симметриялы және антисимметриялы тербелістеріне (Semushin, 1980: 96) жатады деп болжауға болады.

Осыған ұқсас адсорбциялық комплекстер катиониттің сульфо тобымен аммоний ионы арасында бензамидтің этерификациясы және гидролизі кезінде анықталған (Dzhumakaev, 1993: 3). Келтірілген ИҚ-спектроскопиялық зерттеулер нәтижелері кинетикалық мәліметтермен де жақсы үйлеседі (Dzhumadullayeva, 2021: 4).

**Қорытынды.** Сонымен, алғашқы рет құрылысы әртүрлі карбон қышқылдарының гидразинолиз реакциясы ионалмастырғыш шайырлар АВ-17–8 (ОН ) және КУ–2–8 (Н) қатысында зерттелді, процестің оңтайлы жағдайлары анықталды және ИҚ-спектроскопиялық зерттеулер негізінде каталиттік активті орталықтардың қатысуымен жүзеге асатын реакция механизмі ұсынылды. Бұл жұмыстың практикалық маңыздылығы карбон қышқылдарының гидразидтерін алудың қолайлы және тиімді әдістерін ойластыру болып табылады.

#### REFERENCES

Chrissie A.C., James A.K., Neil P.J.P., 2010 — *Chrissie A.C., James A.K., Neil P.J.P.* Preparation of saturated and unsaturated fatty acid hydrazides and long chain C-glycoside ketohydrazones, *Green Chemistry*, 12: 2012–2018. <https://doi.org/10.1039/C0GC00372G> (in Eng.).

Dermeik S., Sasson Y., 1985 — *Dermeik S., Sasson Y.* Effect of water on the extraction and reactions of fluoride anion by quaternary ammonium phase transfer catalysts, *J. Org. Chem.*, 6: 872–879 (in Eng.).

Drozdetzky A.G., Radushev A.V., Turbin A.S., et. al., 2000 — *Drozdetzky A.G., Radushev A.V., Turbin A.S., et. al.* The method of obtaining hydrazides of aliphatic carboxylic acids and their mixtures [Sposob polucheniya gidrazidov alifaticeskikh karbonovykh kislot i ikh smesey]. Patent №2147020 Russian Federation [Patent Rossiyskoy Federatsii] (in Russ.).

Dzhumadullayeva S.A., Bayeshov A.B., Altynbekova M.O., Abzhalov B.S., 2018 — *Dzhumadullayeva S.A., Bayeshov A.B., Altynbekova M.O., Abzhalov B.S.* Supramolecular complexes of ionites with organic substrates, *News of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology*, 2: 26–30. <https://doi.org/10.32014/2018.2518-1491> (in Eng.).

Dzhumadullaeva S.A., Altynbekova M.O., 2013 — *Dzhumadullaeva S.A., Altynbekova M.O.* A Mechanism for the Hydrazinolysis of Benzoic Acid in the Presence of Ion-exchange Catalyst, *Russian Journal of Physical Chemistry A.*, 11:1943–1945. <https://doi.org/10.1134/S0036024413110083> (in Eng.).

Dzhumakaev K.Kh., May I.I., Bekova N.S., 1993 — *Dzhumakaev K.Kh., May I.I., Bekova N.S.* Structure and catalytic properties of the KU-2-8 cation exchanger in ammonium forms. *Journal of Physical Chemistry [Zhurnal fizicheskoy khimii]* 8: 1711–1713 (in Russ.).

Dzhumadullaeva S.A., Baeshov A.B., 2019 — *Dzhumadullaeva S.A., Baeshov A.B.* Study of kinetics and mechanism of heterogeneous catalytic hydrazinolysis of oleic acid, *Russ. J. Gen. Chem.* 89: 190–193. <https://doi.org/10.1134/S1070363219020038> (in Eng.).

Dzhumadullayeva S.A., Bayeshov A.B., Kolesnikov A.V., 2021 — *Dzhumadullayeva S.A., Bayeshov A.B., Kolesnikov A.V.* The kinetics of selective hydrazinolysis of maleic acid on the acid catalyst, *News of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology*, 2: 53–57. <https://doi.org/10.32014/2021.2518-1491.26> (in Eng.).

Eckart W.S., 2001 — *Eckart W.S.* Hydrazin and its derivatives: preparation, properties, applications. Jhon Wiley& Sons, New York. ISBN: 978-0-471-41553-4 (in Eng.).

GOST 10896–7, 1998 — Ionites. Preparation for the test [Ionity. Podgotovka k ispytaniyu] М.: Izdatelstvo standartov, 7 s. (in Russ.).

Korenman I.M., 1975 — *Korenman I.M.* Photometric Analysis. Methods for analysis of organic compounds. М.: Himiya, ISBN: 978-5-458-45520-6 (in Russ.).

Little L., 1969 — *Little L.* Infrared Spectra of Adsorbed Molecules. London: Academic, 540 p. (in Eng.).

Polyansky N.G., 1973 — *Polyansky N.G.* Catalysis by ion exchangers [Kataliz ionitami] M.:Himiya. 213 s. (in Russ.).

Saha A., Kumar R., Devakumar C., 2010 — *Saha A., Kumar R., Devakumar C.* Development and assessment of green synthesis of hydrazides, Indian Journal of Chemistry, 49B: 526–531 (in Eng.).

Selemenev V.F., Rudakov O.B., Mironenko N.V., Karpov S.I., Semenov V.N. et al., 2020 — *Selemenev V.F., Rudakov O.B., Mironenko N.V., Karpov S.I., Semenov V.N. et al.* Hydration and intermolecular interactions in carboxylic acids. Condensed media and interphase boundaries, [Kondensirovannyye sredy i mezhfaznyye granitsy] 3: 373–387 (in Russ.).

Semushin A.M., Yakovlev V.A., Ivanova E.V., 1980 — *Semushin A.M., Yakovlev V.A., Ivanova E.V.* Infrared absorption spectra of ion-exchange materials [Infrakrasnyye spektry pogloshcheniya ionoobmennyykh materialov] L.: Himiya, Leningradskoe otdelenie. 96 s. (in Russ.).

Tsundel G., 1972 — *Tsundel G.* Hydration and intermolecular interaction. Investigation of polyelectrolytes by infrared spectroscopy [Gidratatsiya i mezhmolekulyarnoye vzaimodeystviye. Issledovaniye polielektrolitov metodom infrakrasnoy spektroskopii] M.: Mir, 406 s. (in Russ.).

Yuufit S.S., Esikova A.I., Danilova O.I., 1982 — *Yuufit S.S., Esikova A.I., Danilova O.I.* Mechanism of the alkylation reaction in the presence of solid carbonates and quaternary ammonium salts, Dokl. Akad. Nauk SSSR, 3: 358–361 (in Russ.).

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

ISSN 2224-5227

Volume 345, Number 1 (2023), 254–264

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.199>

UDC 637.3.071

© **M.M. Zinalieva<sup>1</sup>, Z.Zh. Seidakhmetova<sup>1\*</sup>, E.K. Assembayeva<sup>1</sup>,  
D.E. Nurmukhanbetova<sup>2</sup>, A.N. Aralbaeva<sup>3</sup>, 2023**

<sup>1</sup>Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Narxoz University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: s.zaure@bk.ru

## THE STUDY OF THE BIOLOGICAL VALUE OF CURD CHEESES ENRICHED WITH HERBAL SUPPLEMENTS

**Zinaliyeva Mariya Marlenkyzy** — master's student, 2nd year. Almaty Technological University. Department of Food Biotechnology. Almaty, Kazakhstan

E-mail: omar.mashulya@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5393-5908;

**Seidakhmetova Zauze Zhunusovna** — doctor of biological sciences. Almaty Technological University. Department of Food Biotechnology. Almaty, Kazakhstan

E-mail: s.zaure@bk.ru. ORCID: 0000-0002-9213-7391;

**Assembayeva Elmira Kuandykovna** — PhD. Almaty Technological University. Department of Food Biotechnology. Almaty, Kazakhstan

E-mail: elmiraasembaeva@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7964-7736;

**Nurmukhanbetova Dinara Erikovna** — candidate of Technical Sciences. Narxoz University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: dinara.nurmukhanbetova@narxoz.kz. ORCID: 0000-0002-8939-6325;

**Aralbaeva Arailym Nugmanovna** — candidate of biological science. Al Farabi Kazakh National University. Almaty, Kazakhstan

E-mail: aray3005@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4610-4342.

**Abstract.** Currently, the issue of healthy nutrition is relevant, in particular, the creation of functional products. Such products should include functional ingredients that play a role in living organisms. In this paper, we consider the possibility of making functional curd cheeses by adding dry powders of rose hips and nettle leaves, which are sources of vitamin C. The choice of herbal supplements is primarily determined by giving the curd cheese the necessary taste characteristics. When choosing ingredients, we were also guided by the fact that they are natural and have beneficial properties for the human body. Two samples of curd cheeses containing vegetable raw materials, which are a source of vitamin C, were taken. The best way to introduce raw materials of plant origin is to introduce them in the form of a powder at the curd cheese ripening stage. This allows you to maintain the acidity of whey at the required level, so that the resulting products are of high quality. Tasting

of each sample of a curd cheese was carried out to assess the organoleptic quality indicators. The highest score was given to a sample of cheese with rosehip powder, from 24.8 out of 25 points. Thus, the use of crushed rosehip berries and nettle leaf powder makes it possible to obtain high-quality types of curd cheese with a high biological value.

**Keywords:** curd cheese, rose hips, nettle leaves, vitamin C, biological value

© **М.М. Зиналиева<sup>1</sup>, З.Ж. Сейдахметова<sup>1\*</sup>, Э.К. Асембаева<sup>1</sup>,  
Д.Е. Нурмуханбетова<sup>2</sup>, А.Н. Аралбаева<sup>3</sup>, 2023**

<sup>1</sup>Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Нархоз Университеті, Алматы, Қазақстан;

<sup>3</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: s.zaure@bk.ru

## **ӨСІМДІК ТЕКТІ ҚОСПАЛАРМЕН БАЙТЫЛҒАН СҮЗБЕ ІРІМШКТЕРДІҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ**

**Зиналиева Мария Марленқызы** — магистрант, 2 курс. Алматы технологиялық университеті. «Тағамдық биотехнология» кафедрасы. Алматы, Қазақстан

E-mail: omar.mashulya@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5393-5908;

**Сейдахметова Зауре Жунусовна** — биология ғылымдарының докторы. Алматы технологиялық университеті. «Тағамдық биотехнология» кафедрасы. Алматы, Қазақстан

E-mail: s.zaure@bk.ru. ORCID: 0000-0002-9213-7391;

**Асембаева Эльмира Куандыковна** — PhD. Алматы технологиялық университеті. «Тағамдық биотехнология» кафедрасы. Алматы, Қазақстан

E-mail: elmiraasembaeva@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7964-7736;

**Нурмуханбетова Динара Ериковна** — техника ғылымдарының кандидаты. Нархоз университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: dinara.nurmukhanbetova@narхоз.kz. ORCID: 0000-0002-8939-6325;

**Аралбаева Арайлым Нугмановна** — биология ғылымдарының кандидаты. Әл Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті. Алматы, Қазақстан

E-mail: aray3005@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4610-4342.

**Аннотация.** Қазіргі уақытта дұрыс тамақтану мәселесі өзекті болып табылады, атап айтқанда функционалды тағамдарды жасау. Мұндай өнімдердің құрамына тірі организмдерде белгілі бір рөл атқаратын функционалды ингредиенттер кіруі керек. Бұл жұмыста біз С витаминінің көзі болып табылатын итмұрын жемісі және қалақай жапырағының кептірілген ұнтақтарын қосу арқылы функционалды сүзбе ірімшік жасау мүмкіндігін қарастырамыз. Өсімдік қоспаларын таңдау, ең алдымен, сүзбе ірімшікке қажетті дәм сипаттамаларын беру арқылы анықталады. Ингредиенттерді таңдағанда, біз сондай-ақ олар табиғи және адам ағзасына пайдалы қасиеттерге ие болатындығын басшылыққа алдық. Құрамында С витаминінің көзі болып табылатын өсімдік шикізаты бар екі сүзбе ірімшік үлгісі алынды. Өсімдік текті шикізатты енгізудің ең жақсы тәсілі ірімшіктің түзілу кезеңінде оларды ұнтақ түрінде енгізу болып табылады. Бұл сарысудың қышқылдығын

қажетті деңгейде ұстауға мүмкіндік береді, соның арқасында алынған өнімдер жоғары сапалы болады. Әрбір ірімшік үлгісі үшін органолептикалық сапа көрсеткіштерін бағалау үшін дегустация жүргізілді. Ең жоғары баға итмұрын жидегінің ұнтағы қосылған ірімшік үлгісіне берілді. Барлығы 25 ұпайдан 24,8-ге бағаланды. Осылайша, итмұрынның ұнтақ жидектерін және қалақай жапырағының ұнтақтарын пайдалану жоғары сапалы биологиялық құндылығы жоғары сүзбе ірімшік түрлерін алуға мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** сүзбе ірімшік, итмұрын жидегі, қалақай жапырағы, С витамині, биологиялық құндылық

© М.М. Зиналиева<sup>1</sup>, З.Ж. Сейдахметова<sup>1\*</sup>, Э.К. Асембаева<sup>1</sup>,  
Д.Е. Нурмуханбетова<sup>2</sup>, А.Н. Аралбаева<sup>3</sup>, 2023

<sup>1</sup>Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Университет Нархоз, Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Казахский Национальный университет им. аль-Фараби,  
Алматы, Казахстан.

E-mail: s.zaure@bk.ru

## ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ТВОРОЖНЫХ СЫРОВ, ОБОГАЩЕННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ

**Зиналиева Мария Марленкызы** — магистрант, 2 курс. Алматинский технологический университет, кафедра «Пищевая биотехнология». Алматы, Казахстан

E-mail: omar.mashulya@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5393-5908;

**Сейдахметова Зауре Жунусовна** — доктор биологических наук. Алматинский технологический университет, кафедра «Пищевая биотехнология». Алматы, Казахстан

E-mail: s.zaure@bk.ru. ORCID: 0000-0002-9213-7391;

**Асембаева Эльмира Куандыковна** — PhD. Алматинский технологический университет, кафедра «Пищевая биотехнология». Алматы, Казахстан

E-mail: elmiraasembaeva@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7964-7736;

**Нурмуханбетова Динара Ериковна** — кандидат технических наук. Университет Нархоз, Алматы, Казахстан.

E-mail: dinara.nurmukhanbetova@narхоз.kz. ORCID: 0000-0002-8939-6325;

**Аралбаева Арайлым Нугмановна** — кандидат биологических наук. Казахский национальный университет имени аль-Фараби. Алматы, Казахстан

E-mail: aray3005@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4610-4342.

**Аннотация.** В настоящее время актуален вопрос здорового питания, в частности создание продуктов функционального назначения. Такие продукты должны включать функциональные ингредиенты, играющие определенную роль в живых организмах. В данной работе рассматривается возможность изготовления функциональных творожных сыров путем добавления сухих порошков плодов шиповника и листьев крапивы, являющихся источниками витамина С. Выбор растительных добавок в первую очередь определяется приданием творожному сыру необходимых вкусовых характеристик. При выборе ингредиентов мы также руководствовались тем, что они натуральные



и обладают полезными свойствами для организма человека. Были взяты два образца творожных сыров, содержащих растительное сырье, являющиеся источником витамина С. Наилучший способ введения сырья растительного происхождения — это введение его в виде порошка на стадии образования творожного сыра. Это позволяет поддерживать кислотность сыворотки на необходимом уровне, благодаря чему получаемая продукция отличается высоким качеством. Для каждого образца творожного сыра была проведена дегустация для оценки органолептических показателей качества. Самый высокий балл получил образец сыра с порошком ягоды шиповника, от 24,8 из 25 баллов. Таким образом, использование измельченных ягод шиповника и порошка из листьев крапивы позволяет получать качественные виды творожного сыра с высокой биологической ценностью.

**Ключевые слова:** творожный сыр, ягоды шиповника, листья крапивы, витамин С, биологическая ценность

### **Кіріспе**

Салауатты тамақтану саласындағы мемлекеттік саясаттың негізгі бағыттарының бірі — ауыл шаруашылығы шикізатын қайта өңдеудің биотехнологиялық процестеріне, тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары сапалы жаңа тамақ өнімдерін өндіру технологияларын құруға көңіл бөлу.

Азық-түлік өнімдерінің алуан түрлілігі арасында ірімшіктер жетекші орындардың бірін алады. Дүниежүзілік тамақтану ғылымы ірімшікті жоғары қоректік, биологиялық толық, оңай сіңетін өнім ретінде таниды. Ол адам рационының ауыстырылмайтын және міндетті құрамдас бөлігі болып табылады. Ірімшіктер адам ағзасына жақсы сіңеді және жоғары энергетикалық құндылыққа ие. Бірегей құрамға ие бола отырып, олар ағзаны ақуыздармен, көмірсулармен, липидтермен, минералдармен, витаминдермен, микроэлементтермен және басқа да тіршілік үшін маңызды заттармен қамтамасыз етеді. Оның құрамындағы май эмульсияланған күйде, бұл оны жоғары сіңімді етеді. Ірімшік – кальций мен фосфордың ең бай көзі (Киртаева и др., 2019; Остроумов и др., 2015).

Соңғы жылдары азық-түлік өндірісінде тағам өнімдерін өсімдік тектес әртүрлі биологиялық белсенді заттармен байыту өзекті, үлкен қызығушылық тудырады, өйткені әлемде салауатты өмір салтын сақтау мен табиғи компоненттерді тұтынудың айқын тенденциясы байқалады (Винницкая и др. 2013).

Қазіргі уақытта адамдарда С витаминінің жетіспеушілігі белгілі, ол көптеген зерттеулермен дәлелденген, адам ағзасының жұқпалы ауруларға төзімділігін арттыратын антиденелер синтезін белсенді түрде ынталандырады. Аскорбин қышқылы ағзада өндірілмейді, ол оған тамақпен немесе витаминдік препараттарды қабылдаумен келеді (Тимирханова и др., 2007).

Итмұрын мен қалақай осы мақсаттарға өте қолайлы өсімдік текті

заттарға жатады. Итмұрын жидегі құрамында С, Р, К витаминдері, рутин, каротиноидтар, катехиндер, флавоноидтар, эфир майы, қант, тағамдық талшық болады. Жидегінде калий, кальций, темір, марганец, фосфор, магний ал дәнінің майында Е витамині, каротин, линол, линолен қышқылдары бар. Халық медицинасында итмұрын гиповитаминозға қарсы, өт айдағыш, ағзаны нығайтқыш, тыңыштандырғыш және адаптогендік агент ретінде, қан аздық жүйке жүйесі, бауыр ауруларында, радионуклидтердің ағздан шығарылуын жеделдету үшін қолданылады (Ламан и др., 2017; Баймуродов и др., 2017; Винницкая и др., 2019).

Қалақай – құнды мультивитаминді өсімдік, витаминдердің табиғи концентратының бір түрі. Ондағы аскорбин қышқылы қарақат пен лимон жемістерінен екі есе көп, каротин мөлшері теңіз шырғанақ жидектеріне, сәбізге және қымыздыққа қарағанда жоғары. Ал қалақайдың 20 жапырағы ғана ағзамызды А витаминінің күнделікті қабылдауын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар қалақай К, Е және В витаминдері мен минералдарға бай: темір, магний, мыс, кальций және т.б. Қалақай жапырақтарында сонымен қатар флаваноидтар, таниндер, фитонцидтер, органикалық қышқылдар, хлорофилл, гликозидтер және т.б. кездеседі. Биологиялық белсенді элементтердің мұндай бай жиынтығы қалақайдың емдік қасиеттерінің кең ауқымын түсіндіреді. Қалақай өмірлік маңызды мүшелердің қызметін қалпына келтіруге және тұтастай алғанда ағзаның жұмысын қалыпқа келтіруге мүмкіндік береді (Саженова, 2017; Пецуха и др., 2008; Кирилук и др., 2020).

Бұл жұмыстың мақсаты жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, өсімдік текті қоспалармен байытылған сүзбе ірімшіктің биологиялық құндылығын зерттеу. Сүзбе ірімшіктің сапасын жақсарту, оның тағамдық және биологиялық құндылығын арттыру, сондай-ақ оған емдік-профилактикалық қасиеттер беру үшін өнімге құрамында витаминдер, сондай-ақ макроэлементтер мен микроэлементтер бар өсімдік шикізаты енгізіледі.

### **Зерттеу материалдары мен әдістері**

Зерттеу нысаны ретінде сиыр сүті, тұздалған жұмсақ ірімшік дайындауға арналған «VIVO» (Украина) ұйытқысы, «Зерде-Фито» ЖШС дайындалған құрғақ итмұрын жидегінің ұнтағы мен қалақай жапырақтарының ұнтақтары алынды.

Бұл ұйытқыдан брынза және Фета сияқты үй ірімшіктерін жасауға болады. Бұл ұйытқының ерекшеліктерінің бірі — бір пакетте фермент пен бактерия дақылдарының болуы. Бұл ірімшіктерді жасау процесін айтарлықтай жеңілдетеді, өйткені фермент пен ұйытқыны бөлек сатып алудың қажеті жоқ, сонымен қатар әрқайсысын бөлек өлшегеннен гөрі барлық компоненттерді бір уақытта дұрыс концентрацияда қосу жеңілірек.

«Зерде-Фито» ЖШС фитоөнім өндірумен айналысатын Орталық Азия аймағындағы ірі компания. Бүгінгі таңда компания нарықтың 80 %-дан астамын алып, Қазақстандық дәрілік өсімдік препараттарын өндірушілер арасында көшбасшы орынға ие.

Компанияның ассортиментінде 280–ден астам өнім түрі бар, жыл сайын 1000 тоннадан астам дәрілік-өсімдік шикізаты өңделеді.

Зертхана жағдайында қоспасыз (бақылау үлгісі), 12 % қалақай жапырағы қосылған, 20 % итмұрын жидегінің ұнтағы қосылған сүзбе ірімшік үлгілері дайындалды.

Ірімшік үлгілеріне талдау жұмыстары Алматы технологиялық университетінің «Тағамдық биотехнология» және «Тамақ қауіпсіздігі» ғылыми зерттеу институтының зертханаларында жүргізілді және келесі кезеңдерден тұрды: шикізатты таңдау және дайындау, тәжірибелік үлгілерді әзірлеу, алынған өнімнің сапасын бағалау үшін органолептикалық және физика-химиялық зерттеулер жүргізу.

Сүзбе ірімшік өндіру үшін негізгі шикізат сиыр сүті болып табылады. Сүт сапасын КО ТР 033/2013 «Сүт және сүт өнімдерінің қауіпсіздігі туралы» және МЕМСТ 52054–2003 «Шикі сиыр сүті. Техникалық шарттар» сәйкес бағаладық (ГОСТ 31449–2018; ТР ТС 033/2013).

Сүзбе ірімшік үлгілерінің сапа көрсеткіштері мен химиялық құрамы келесі әдістермен зерттелді:

– дайын өнімнің минералдық құрамы (калий, натрий, кальций, магний, фосфор, темір) атомдық абсорбциялық спектрометр көмегімен (ГОСТ 32343–2013, 2014);

– майда еритін А, Е витаминдері МЕМСТ 32043–2012 кері фазалық жоғары тиімді сұйық хроматография әдісімен (ГОСТ 32043–2012, 2020).

– суда еритін С, В<sub>9</sub>, витаминдерінің мөлшерін капиллярлық электрофорез арқылы «Капель-105М» жүйесін пайдалана отырып М-04-41-2005 әдістемесінің көмегімен анықталды.

Қоспасыз және байытылған сүзбе ірімшік үлгілеріне дегустациялық органолептикалық бағасы әзірленген 25 балдық шкала бойынша жүргізілді, оған бірыңғай сапа көрсеткіштері кіреді: дәмі, иісі, түсі, сыртқы түрі және консистенциясы.

Зерттеу жұмыстары тәжірибелерді 5–7 рет қайталана отырып орындалды, нәтижелердің орташа арифметикалық мәндері алынды.

### **Зерттеу нәтижелері және оны талдау**

Ірімшік өндірісінің шешуші факторлары өңделетін сүттің химиялық құрамы, физикалық қасиеттері және микробиологиялық көрсеткіштері болып табылады. Бұл факторлар сүттің ірімшік алуға жарамдылығын анықтайды, яғни оның коагуляцияға қабілеттілігі, тиісті тығыздықтағы ұйынды түзу, сондай-ақ пайдалы микроорганизмдердің және ең алдымен сүтқышқылды бактериялардың дамуы мен белсенділігі үшін қажетті ортаны құру қабілеті. Сүзбе ірімшік өндіруге арналған шикізат – сүт белгіленген сапа стандарттарына сәйкес келді.

Зерттеудің бастапқы кезеңінде сүзбе ірімшікке органолептикалық бағалау жүргізілді. Талдау барлық зерттелген үлгілердің сапаға сәйкес келетінін көрсетті: сыртқы түрі осы өнімнің түріне сәйкес келеді, атап айтқанда:

паста тәрізді, біртекті масса (қоспасыз, кептірілген итмұрын жидегі ұнтағы мен қалақай жапырағы ұнтағы қосылған тәжірибелік үлгілерде). Барлық үлгілердегі ірімшіктің консистенциясы жұмсақ, нәзік, пластикалық, жағылғыш. Дәмі — таза, сүтқышқылды, жетілмеген жұмсақ ірімшіктерге тән (қоспасыз, кептірілген итмұрын жидегі ұнтағы мен қалақай жапырағы ұнтағы қосылған тәжірибелік үлгілерде). Түсі — ақтан кремді сары түске дейін болды.

Сүзбе ірімшік үлгілерінің органолептикалық көрсеткіштерін дегустациялық бағалау нәтижелері 1-кестеде көрсетілген.

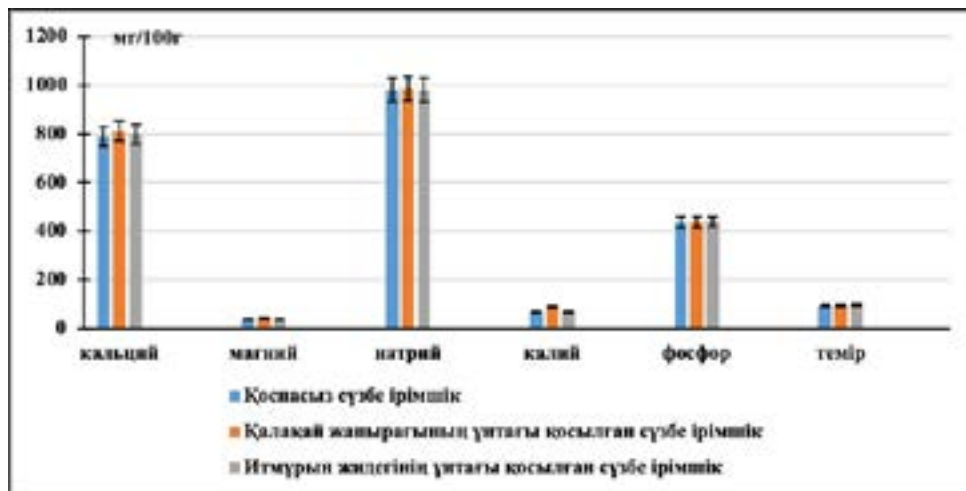
Кесте 1. Сүзбе ірімшік үлгілерін дегустациялық бағалау нәтижесі

Сүзбе ірімшік үлгілері	Сапа көрсеткіштері					Балл қосындысы
	дәмі	иісі	түсі	сыртқы түрі	консистенциясы	
Сүзбе ірімшік (бақылау үлгісі)	4,4	5,0	5,0	5,0	5,0	24,4
Қалақай жапырағының ұнтағы қосылған сүзбе ірімшік (12 %)	4,6	5,0	5,0	5,0	5,0	24,6
Итмұрын жидегінің ұнтағы қосылған сүзбе ірімшік (20 %)	4,8	5,0	5,0	5,0	5,0	24,8

Барлық сүзбе ірімшік үлгілері органолептикалық көрсеткіштер бойынша ең жоғары баллды көрсетті: сүзбе ірімшік (бақылау) – 24,4 балл, қалақай жапырағының ұнтағы қосылған сүзбе ірімшік (12 %) – 24,6 балл, итмұрын жемісінің ұнтағы қосылған сүзбе ірімшік (20 %) – 24,8 балл құрады. Өсімдік қоспаларымен байтылған сүзбе ірімшік үлгілерінің органолептикалық көрсеткіштері мәні бақылау үлгісінен (0,2–0,4 балл) сәл жоғары болып шықты. Өзірленген өнім өнімнің осы түріне қолданыстағы нормативтік-техникалық құжаттамаға сәйкес келетін жоғары органолептикалық көрсеткіштермен ерекшеленді.

Зерттеудің келесі кезеңінде дайын өнімнің биологиялық құндылығын анықтау мақсатында сүзбе ірімшік үлгілерінің витаминдік және минералдық құрамына талдау жүргізілді. Жұмыс барысында сүзбе ірімшігінің рецептурасына қалақай жапырағының ұнтағы мен итмұрын жидегінің ұнтағы енгізілгенде витаминдердің, минералды заттардың, сондай-ақ калий, кальций, магний, натрий, фосфор, темір сияқты макроэлементтер және микроэлементтердің мөлшері артатыны анықталды. Сүзбе ірімшіктің жаңа түрлері витаминдердің, микроэлементтер және макроэлементтердің жоғары мөлшерде болуымен ерекшеленеді.

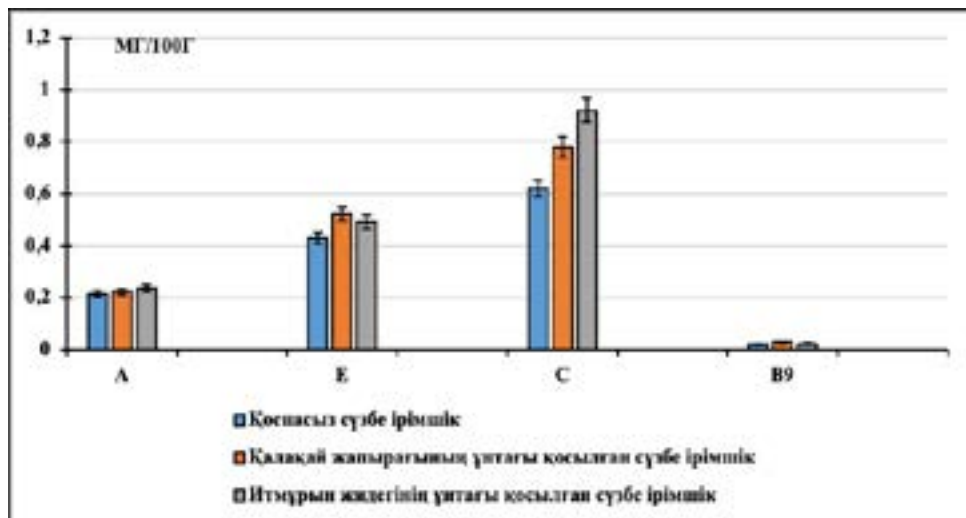
Сүзбе ірімшік үлгілерінің минералдық құрамына жүргізілген талдау нәтижесі төмендегі суретте келтірілген (1–сурет).



Сур. 1. Сүзбе ірімшік үлгілерінің минералдық құрамы  
(Fig. 1. Mineral composition of curd cheese samples)

Суреттегі алынған нәтижелерден қоспасыз сүзбе ірімшікте кальций – 788,16±2,43 мг/100г, магний – 37,43±0,62 мг/100г, натрий – 981,75±2,45 мг/100г, калий – 68,81±0,91 мг/100г, фосфор – 435,43±2,01 мг/100г, темір – 92±0,002 мг/100г; қалақай жапырағының ұнтағы қосылған сүзбе ірімшікте кальций – 812,51±2,19 мг/100г, магний – 43,95±0,85 мг/100г, натрий – 983,51±2,91 мг/100г, калий – 90,12±0,87 мг/100г, фосфор – 438,18±2,05 мг/100г, темір – 93±0,003 мг/100г; итмұрын жидегінің ұнтағы қосылған сүзбе ірімшікте кальций – 797,12±2,12 мг/100г, магний – 39,41±0,26 мг/100г, натрий – 982,00±2,10 мг/100г, калий – 68,82±0,27 мг/100г, фосфор – 439,52±2,01 мг/100г, темір – 97±0,002 мг/100г. болды. Қоспасыз сүзбе ірімшікке қарағанда өсімдік текті қоспалармен сүзбе ірімшікті байытқанда минералды заттардың мөлшері өсімдікті текті заттардың есебінен өсетінін көрсетті.

Сүзбе ірімшік үлгілерінің витаминдік құрамына (А, Е, С, В<sub>9</sub>) жүргізілген талдау нәтижесі төмендегі суретте келтірілген (2-сурет).



Сур. 2. Сүзбе ірімшік үлгілерінің витаминдік құрамы  
(Fig. 1. Vitamin composition of cheese beer samples)

Суреттегі алынған нәтижелерден коспасыз сүзбе ірімшікте А витамині –  $0,216,16 \pm 0,005$  мг/100г, Е витамині –  $0,43 \pm 0,006$  мг/100г, С витамині –  $0,62 \pm 0,21$  мг/100г, В<sub>9</sub> –  $0,022 \pm 0,004$  мг/100г; қалақай жапырағының ұнтағы қосылған сүзбе ірімшікте А витамині –  $0,222,16 \pm 0,006$  мг/100г, Е витамині –  $0,52 \pm 0,008$  мг/100г, С витамині –  $0,78 \pm 0,32$  мг/100г, В<sub>9</sub> –  $0,029 \pm 0,004$  мг/100г; итмұрын жидегінің ұнтағы қосылған сүзбе ірімшікте А витамині –  $0,237,16 \pm 0,06$  мг/100г, Е витамині –  $0,49 \pm 0,08$  мг/100г, С витамині –  $0,92 \pm 0,04$  мг/100г, В<sub>9</sub> –  $0,023 \pm 0,005$  мг/100г. болды.

**Қорытынды.** Қорыта келгенде, бұл алынған сүзбе ірімшіктердің маңыздылығы енгізілген өсімдік текті қоспалар мен олардың пайдалы қасиеттеріне байланысты оның емдік-профилактикалық қасиеттерінде, сондай-ақ жоғары ақуызды функционалды өнімдердің ассортиментін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді. Сүзбе ірімшік, басқа сүт өнімдері сияқты, ақуызға бай, сондықтан әрқайсымыздың тағам рационымызға қауіпсіз түрде ұсынылады. Сондай-ақ, ірімшікте кальций, фосфор және С, А, Е және В тобы витаминдерінің едәуір мөлшері бар, олар ағзаның сүйек, бұлшықет, сондай-ақ жүйке жүйесінің қалыпты жұмыс істеуі үшін қажет. Сүзбе ірімшігі құрамында адам ағзасына пайдалы казеин мен альбумин ақуыздары, май қышқылдары және сүт қышқылды бактериялары бар, бұл ас қорыту процестерін тиімдірек етеді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

Баймуродов Р.С., Кароматов И.Д., Нурбобоев А.У., 2017- Баймуродов Р.С., Кароматов И.Д., Нурбобоев А.У. Шиповник-профилактическое и лечебное средство // Биология и интегративная медицина. – (10), 87–105.

ГОСТ 31449–2013 «Молоко коровье сырое. Технические условия. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 8с.

ГОСТ 32343–2013. Корма, комбикорма. Определение содержания кальция, меди, железа, магния, марганца, калия, натрия и цинка методом атомно-абсорбционной спектроскопии – Москва: Стандартинформ, 2014. – 14с.

ГОСТ 32043–2012 Премиксы. Методы определения витаминов А, D, Е. – Москва: Стандартинформ, 2020. – 14с.

Киртаева Т.Н., Керенцева Л.Р., 2019 - *Киртаева Т.Н., Керенцева Л.Р.* Разработка рецептуры творожного сыра с добавлением фиников // *Аграрный вестник Приморья.* (3), 39–41.

Кириллюк А.Н. и др., 2020 - *Кириллюк А.Н. и др.* Использование растительного сырья в технологии производства продукции функционального и специального назначения // *Материалы III Международной научно-практической конференции «Вопросы науки 2020: потенциал науки и современные аспекты».* – г. Анапа, 34–38.

Ламан Н., Копылова Н., 2017 - *Ламан Н., Копылова Н.* Шиповник-природный концентрат витаминов и антиоксидантов // *Наука и инновации.* 10(176), 45–49.

Остроумов Л.А., Смирнова И.А., Захарова Л.М., 2015 –*Остроумов Л.А., Смирнова И.А., Захарова Л.М.* Особенности и перспективы производства мягких сыров // *Техника и технология пищевых производств.* 39(4), 80–86.

Пецуха В.С., Чебыкин Е.П., Федосеева Г.М., 2008 - *Пецуха В.С., Чебыкин Е.П., Федосеева Г.М.* Изучение элементного состава крапивы коноплевой // *Сибирский медицинский журнал (Иркутск).* 81(6), 88–90.

Саженова Ю.М., 2017 - *Саженова Ю.М.* Функциональный творожный продукт с крапивой и шиповником // *Ползуновский вестник.* (2), 23–27.

Тимирханова Г.А., Абдуллина Г.М., Кулагина И.Г., 2007 - *Тимирханова Г.А., Абдуллина Г.М., Кулагина И.Г.* Витамин с: классические представления и новые факты о механизмах биологического действия // *Вятский медицинский вестник.* (4), 158–161.

Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013) (*с изменениями и дополнениями по состоянию на 15.07.2022 г.*)

Винницкая В.Ф., Акишин Д.В., 2013 - *Винницкая В.Ф., Акишин Д.В.* Разработка и создание функциональных продуктов из растительного сырья в Мичуринском государственном аграрном университете // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета.* (6), 83–86.

Винницкая В. Ф. и др., 2019 - *Винницкая В. Ф. и др.* Производство продуктов для здорового и функционального питания из шиповника по безотходной технологии // *Наука и образование.* 2(2).

## REFERENCES

Baimurodov R.S., Karomatov I.D., Nurboboev A.U., 2017 - *Baimurodov R.S., Karomatov I.D., Nurboboev A.U.* Rosehip is a preventive and therapeutic agent // *Biology and Integrative Medicine,* (10), 87–105.

GOST 31449–2013 Raw cow's milk. Specifications. - Moscow: Standartinform, 2018. – 8s.

GOST 32343–2013. Feed, compound feed. Determination of the content of calcium, copper, iron, magnesium, manganese, potassium, sodium and zinc by atomic absorption spectrometry - Moscow: Standartinform, 2014. – 14p.

GOST 32043–2012 Premiums. Methods for determining vitamins A, D, E. - Moscow: Standartinform, 2020. – 14c.

Kirtaeva T.N., Kerentseva L.R., 2019 - *Kirtaeva T.N., Kerentseva L.R.* Development of a recipe for curd cheese with the addition of dates // *Agrarian Bulletin of Primorye.* (3), 39–41.

Kirilyuk A.N. et al., 2020 - *Kirilyuk A.N. et al.* The use of plant materials in the production technology of functional and special-purpose products // *Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference “Science Issues 2020: the potential of science and modern aspects.”* - Anapa, 34–38.

Laman N., Kopylova N., 2017 - *Laman N., Kopylova N.* Rosehip is a natural concentrate of vitamins and antioxidants // *Science and Innovations*, 10(176), 45–49.

Ostroumov L.A., Smirnova I.A., Zakharova L.M., 2015 - *Ostroumov L.A., Smirnova I.A., Zakharova L.M.* Features and prospects for the production of soft cheeses // *Technique and technology of food production*. 39(4), 80–86.

Petsukha V.S., Chebykin E.P., Fedoseeva G.M., 2008 - *Petsukha V.S., Chebykin E.P., Fedoseeva G.M.* The study of the elemental composition of hemp nettle // *Siberian Medical Journal (Irkutsk)*, 81(6), 88–90.

Sazhenova Yu.M., 2017 - *Sazhenova Yu.M.* Functional curd product with nettle and wild rose // *Polzunovskiy Bulletin*, (2), 23–27.

Timirkhanova G.A., Abdullina G.M., Kulagina I.G., 2007 - *Timirkhanova G.A., Abdullina G.M., Kulagina I.G.* Vitamin C: classical ideas and new facts about the mechanisms of biological action // *Vyatsky Medical Bulletin*. (4), 158–161.

Technical Regulations of the Customs Union “On the Safety of Milk and Dairy Products” (TR CU 033/2013) (with amendments and additions as of 07/15/2022).

Vinnitskaya V.F., Akishin D.V., 2013 - *Vinnitskaya V.F., Akishin D.V.* Development and creation of functional products from plant materials at the Michurinsk State Agrarian University. // *Bulletin of the Michurinsk State Agrarian University*. (6), 83–86.

Vinnitskaya V.F. et al., 2019 - *Vinnitskaya V.F. et al.* Production of products for healthy and functional nutrition from wild rose using waste-free technology // *Science and education*. 2(2).



REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY  
OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227  
Volume 345, Number 1 (2023), 265–281  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.200>

UDC 54.064

© **M.R. Mamedova**<sup>1,2</sup>, **A.B. Ibraimov**<sup>1</sup>, **K. Ashimuly**<sup>1</sup>, **S.S. Yegemova**<sup>1</sup>,  
**M.B. Alimzhanova**<sup>1,2\*</sup>, 2023

<sup>1</sup>Center of Physical Chemical Methods of Research and Analysis,  
Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: mereke.84@mail.ru

## VALIDATION OF THE METHODOLOGY FOR THE ANALYSIS OF ENDOCRINE DESTRUCTORS IN WATER

**Mamedova Madina Ruslanovna** — PhD. Doctoral student. Senior Lecturer of the Department of Thermal Physics and Technical Physics. Faculty of Physics and Technology of Al-Farabi Kazakh National University. 050040, Almaty, Kazakhstan

E-mail: madinamamedova777@gmail.com. ORCID: 0000-0001-6927-9896;

**Ibraimov Aibat Bolatbekovich** — PhD. Doctoral student. Junior researcher at the Center for Physical and Chemical Methods of Research and Analysis, 050012, Almaty, Kazakhstan

E-mail: a\_bolatbekovich11@mail.ru. ORCID: 0000-0003-2342-5960;

**Ashimuly Kazhybek** — Master of Technical Sciences. Researcher at the Center for Physical and Chemical Methods of Research and Analysis, 050012, Almaty, Kazakhstan

E-mail: kajeke@mail.ru. ORCID: 0000-0003-1310-1524;

**Yegemova Saltanat Sabitovna** — Doctor PhD of chemistry. Researcher at the Center for Physical and Chemical Methods of Research and Analysis, 050012, Almaty, Kazakhstan

E-mail: s.yegemova@gmail.com. ORCID: 0000-0002-4834-4721;

**Alimzhanova Mereke Baurzhanovna** — Doctor PhD of standardization and certification. Associate Professor of the Department of Thermal Physics and Technical Physics. Faculty of Physics and Technology of Al-Farabi Kazakh National University, 050040, Almaty, Kazakhstan

E-mail: mereke.84@mail.ru. ORCID ID: 0000-0003-2641-0828.

**Abstract.** Throughout the country, chemical contamination influences ecosystems and human health. Due to their toxicity and lack of regulation, hazardous substances are a particular source of concern. Endocrine disruptors present in food goods are another top concern. Endocrine disruptors called alkylphenols have an impact on the ecological health of water samples. Manufacturers use alkylphenols in the production of food packaging materials and certain plastics, and traces of alkylphenols are found in polycarbonate plastic drinking water bottles. Contamination of water samples with endocrine disruptors leads to a negative impact on public health. Consequently, there is a serious necessity to monitor endocrine disruptors. The paper details the invention of a technique for measuring alkylphenols in water samples using miniaturized solid-phase microextraction in tandem with mass spectrometry methods. As a result of the research, the main

parameters of miniaturized solid-phase microextraction of alkylphenols from the aqueous phase were optimized: fiber coating - DVB/CAR/PDMS, extraction temperature – 90°C, extraction time – 20 min, preincubation time – 20 min (NP, OP) and 30 min (BA), addition of NaCl – 30 %. The evaluation of validation characteristics such as: linearity, reproducibility, repeatability, accuracy. The developed method can be applied to determine and control traces of alkylphenols in water samples.

**Keywords:** miniaturized solid-phase microextraction, water samples, alkylphenols, endocrine disruptors, gas chromatography, mass-spectrometry

**Financing:** This study was carried out under the project of the National Center of Science and Technology Evaluation "Effective development of highly sensitive methods of analysis of food based on miniaturized solid-phase microextraction" and funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Kazakhstan Republic (Grant no. AP09058561).

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

© М.Р. Мамедова<sup>1,2</sup>, А.Б. Ибраимов<sup>1</sup>, К. Ашимулы<sup>1</sup>, С.С. Егемова<sup>1</sup>,  
М.Б. Алимжанова<sup>\*1,2</sup>, 2023

<sup>1</sup>Физика-химиялық зерттеу және талдау әдістері орталығы,  
Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.  
E-mail: mereke.84@mail.ru

## СУДАҒЫ ЭНДОКРИНДЫҚ ДИСТРУКТОРЛАРДЫ ТАЛДАУ ӘДІСТЕМЕСІН ВАЛИДАЦИЯЛАУ

**Мамедова Мадина Русланқызы** — PhD Докторанты. Жылу физикасы және техникалық физика кафедрасының аға оқытушысы. Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ физика-техникалық факультеті, 050040, Алматы, Қазақстан

E-mail: madinamamedova777@gmail.com. ORCID: 0000-0001-6927-9896;

**Ибраимов Айбат Болатбекович** — PhD Докторанты. Физика-химиялық зерттеулер және талдау әдістері орталығы орталығының кіші ғылыми қызметкері, 050012, Алматы, Қазақстан  
E-mail: a\_bolatbekovich11@mail.ru. ORCID: 0000-0003-2342-5960;

**Ашимулы Кажыбек** — Техника ғылымдарының магистрі. Физика-химиялық зерттеулер және талдау әдістері орталығы орталығының ғылыми қызметкері, 050012, Алматы, Қазақстан  
E-mail: kajeke@mail.ru. ORCID: 0000-0003-1310-1524;

**Егемова Салтанат Сабитовна** — Химия ғылымдарының PhD докторы. Техника ғылымдарының магистрі, Физика-химиялық зерттеулер және талдау әдістері орталығы орталығының ғылыми қызметкері, 050012, Алматы, Қазақстан

E-mail: s.yegemova@gmail.com. ORCID: 0000-0002-4834-4721;

**Алимжанова Мереке Бауржановна** — Стандартизация және сертификация ғылымдарының PhD докторы. Жылу физикасы және техникалық физика кафедрасының доценті. Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ физика-техникалық факультеті, 050040, Алматы, Қазақстан

E-mail: mereke.84@mail.ru. ORCID: 0000-0003-2641-0828.

**Аннотация.** Химиялық ластанудың адам денсаулығына және экожүйеге әсері бүкіл аймақта байқалады. Қауіпті химиялық заттар олардың уыттылығы

мен бақылаудың болмауына байланысты ерекше алаңдаушылық тудырады. Басқа өзекті мәселелерге тамақ өнімдеріндегі кездесетін эндокриндік бұзғыштар жатады. Алкилфенолдар су үлгілерінің экологиялық жағдайына әсер ететін эндокриндік бұзылулар болып табылады. Өндірушілер алкилфенолдарды тамақ өнімдерін орауыш материалдар мен кейбір пластмассаларды өндіруде пайдаланады, ал алкилфенолдардың іздері поликарбонатты пластикалық ауыз су бөтелкелерінде кездеседі. Су үлгілерінің эндокриндік бұзылулармен ластануы халықтың денсаулығына теріс әсер етеді. Сондықтан эндокриндік бұзылуларды жедел бақылау қажет. Бұл мақалада су үлгілеріндегі алкилфенолдарды хромато-масс-спектрометриямен біріктірілген миниатюрленген қатты фазалық микроэкстракция әдісімен анықтау әдісін әзірлеу нәтижелері берілген. Зерттеу нәтижесінде алкилфенолдарды сулы фазадан миниатюрленген қатты фазалық микроэкстракциялаудың негізгі параметрлері оңтайландырылды: талшықты жабын – DVB/CAR/PDMS, экстракция температурасы – 90°C, экстракция уақыты – 20 мин, преинкубация уақыты – 20 мин (NP, OP) және 30 мин (BA), NaCl қосу – 30 %. Сонымен қатар төмендегідей валидациялау сипаттамаларына бағалау жүргізілді: сызықтық, қайталанымдылық, қайталанғыштық, дәлдік. Әзірленген әдісті су үлгілеріндегі алкилфенолдардың іздерін анықтау және бақылау үшін пайдалануға болады.

**Түйін сөздер:** миниатюрленген қатты фазалы микроэкстракция, су үлгілері, алкилфенолдар, эндокриндік бұзғыштар, газды хроматография, масс-спектрометрия

**Қаржыландыру:** Бұл зерттеу ҰМҒТСО жобасы бойынша жүргізілді «Миниатюраланған қатты фазалы микроэкстракция негізінде тамақ өнімдерін талдаудың жоғары сезімтал әдістерін әзірлеу» және Қазақстан Республикасы Қазақстан Республикасының Жоғары Білім және Ғылым министрлігімен қаржыландырған (Грант № AP09058561).

**Мүдделер қақтығысы:** Авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдемейді.

© М.Р. Мамедова<sup>1,2</sup>, А.Б. Ибраимов<sup>1</sup>, К. Ашимулы<sup>1</sup>, С.С. Егемова<sup>1</sup>,  
М.Б. Алимжанова<sup>1,2\*</sup>, 2023

<sup>1</sup>Центр физико-химических методов исследования и анализа,  
Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
Алматы, Казахстан.

E-mail: mereke.84@mail.ru

## ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДОЛОГИИ АНАЛИЗА ЭНДОКРИННЫХ ДЕСТРУКТОРОВ В ВОДЕ

**Мамедова Мадина Руслановна** — докторант PhD. Старший преподаватель кафедры теплофизики и технической физики. Физико-технический факультет Казахского национального университета имени аль-Фараби, 050040, г. Алматы, Казахстан  
E-mail: madinamedova777@gmail.com. ORCID: 0000-0001-6927-9896;

**Ибраимов Айбат Болатбекович** — докторант PhD. Младший научный сотрудник Центра физико-химических методов исследования и анализа, 050012, Алматы, Казахстан  
E-mail: a\_bolatbekovich11@mail.ru. ORCID: 0000-0003-2342-5960;

**Ашимулы Кажыбек** — магистр технических наук. Научный сотрудник Центра физико-химических методов исследования и анализа, 050012, Алматы, Казахстан  
E-mail: kajeke@mail.ru. ORCID: 0000-0003-1310-1524;

**Егемова Салтанат Сабитовна** — доктор PhD по химии. Научный сотрудник Центра физико-химических методов исследования и анализа, 050012, Алматы, Казахстан  
E-mail: s.yegemova@gmail.com. ORCID: 0000-0002-4834-4721;

**Алимжанова Мереке Бауржановна** — доктор PhD по стандартизации и сертификации. Доцент кафедры теплофизики и технической физики. Физико-технический факультет Казахского национального университета имени аль-Фараби, 050040, г. Алматы, Казахстан  
E-mail: mereke.84@mail.ru. ORCID: 0000-0003-2641-0828.

**Аннотация.** Ухудшение экосистемы и здоровья человека является одной из проблем, вызванных химическим загрязнением. В настоящее время отсутствие методов борьбы с высокотоксичными химическими загрязнителями объектов окружающей среды является особой проблемой и требует внимания. Особое место занимает загрязнение продуктов питания эндокринными разрушителями. Алкилфенолы являются эндокринными разрушителями, влияющими на экологическое состояние проб воды. Производители используют алкилфенолы при производстве упаковочных материалов для пищевых продуктов, и определенных пластмасс, в связи с этим следы алкилфенолов встречаются в поликарбонатных пластиковых бутылках питьевой воды. Загрязнение эндокринными деструкторами проб воды приводит к негативному влиянию на здоровье населения. Поэтому острую необходимость имеет проведения контроля над эндокринными деструкторами. В данной статье представлены результаты разработки методики определения алкилфенолов в пробах воды методом миниатюризированной твердофазной микроэкстракции в сочетании с хромато-масс-спектрометрией. В результате исследований оптимизированы основные параметры миниатюризированной

твердофазной микроэкстракции алкилфенолов из водной фазы: покрытие волокна – DVB/CAR/PDMS, температура экстракции – 90°C, время экстракции – 20 мин, время прединкубации – 20 мин (NP, OP) и 30 мин (BA), добавка NaCl – 30%. Проведена оценка валидационных характеристик таких как: линейность, воспроизводимость, повторяемость, точность. Разработанный метод может быть использован для определения и контроля следов алкилфенолов в пробах воды.

**Ключевые слова:** миниатюризованная твердофазная микроэкстракция, пробы воды, алкилфенолы, эндокринные разрушители, газовая хроматография, масс-спектрометрия

**Финансирование:** Данное исследование выполнялось по проекту НЦГНТЭ «Эффективная разработка высокочувствительных методик анализа продуктов питания на основе миниатюризованной твердофазной микроэкстракции» и финансировалось Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант № AP09058561).

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## **Introduction**

Water pollution with endocrine disruptors has become one of the problems of interest in the world in recent years. All types of chemical organic substances that change the function of the hormonal system and the body's internal regulatory system after consumption are classified as "endocrine disruptors" (Priac et al., 2017; Cantoni et al., 2020; Zhou et al., 2020; Adoamnei et al., 2018). For industry, agriculture, and public health organizations, the introduction of organic substances categorized as endocrine disruptors in water and surface water has become a severe issue. The widespread distribution of compounds that disrupt the endocrine system in water indicates their occurrence in every component of the environment (De Toni et al., 2020; Pironti et al., 2021).

Alkylphenols and their derivatives are powerful endocrine disruptors that are employed as surfactants in commercial and household products and have the potential to be toxic and depressant to living things (Gonsioroski et al., 2020). Analysis of alkylphenol and its derivatives from diverse environmental items and techniques for their decontamination are therefore challenging issues. They continue to exist in the environment in industrial and isolated areas despite attempts to restrict their usage. They can be found in a variety of natural settings, including soil, food and water (Diamanti-Kandarakis et al., 2009; Kovarova et al., 2013; Morin-Crini et al., 2021).

The most commercially essential alkylphenols are nonylphenols (NPs), octylphenol (OP), bisphenol-A (BA) and their ethoxylates. These substances interact with estrogen receptors to imitate the effects of endogenous hormones and increase thyroid and estrogenic activity. This subsequently makes it possible to disturb the body's endocrine system. The parent molecules and the breakdown products of

these molecules are a potential ecotoxicological issue because of their extensive dispersion in surface waters and persistence in sediments (Arslan-Alaton et al., 2012; Penserini et al., 2022; Akhbarizadeh et al., 2020; Ginter-Kramarczyk et al., 2022). Incomplete removal in the process of wastewater treatment and wastewater from treatment facilities is a source of environmental pollution with alkylphenols (Rizzo et al., 2011).

Nonylphenol has been discovered in groundwater, surface waters and all the other sources of water (Bergé et al., 2012). Several research concur that the release of wastewater from wastewater treatment facilities is the primary cause of alkylphenols in the surface waters, with a higher frequency in those works that treat wastewater from industrial/urban areas and other related activities such as stormwater discharge and runoff. People are exposed to food and drinking water contaminated with alkylphenols (Alimzhanova et al., 2017). Nonylphenol and octylphenol can be detected in the composition of food and drinking water, from the influence of plastic containers and packaging used to store food and drinking water. The use of care products and detergents is one way of influencing the human body (Ebele et al., 2017; Soares et al., 2008).

Due to the lack of special research groups involved in solving the problem of identifying endocrine disruptors from the composition of water resources in Kazakhstan and lack of measures to identify endocrine disruptors, this problem is very relevant (Alimzhanova et al., 2015). As a result, this increases hereditary diseases caused by endocrine disruptors among the population (Alimzhanova et al., 2016; Alimzhanova et al., 2022). Therefore, the aim of this article is to develop method for the determination of endocrine disruptors from water samples by gas chromatography-mass spectrometry combined with miniaturized solid-phase microextraction.

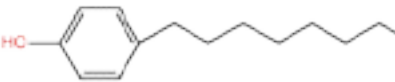
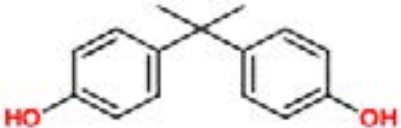
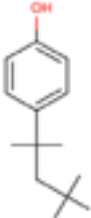
Alkylphenols in water samples were firstly identified in this work using miniaturized solid-phase microextraction in conjunction with gas chromatography-mass spectrometry. Alkylphenols were extracted from the aqueous phase using a miniaturized solid-phase microextraction process, and the key parameters were optimized, and the validation properties assessed. The combination of several detection methods gives very accurate qualitative and quantitative evaluation of alkylphenols in water samples, and the miniaturized solid phase microextraction approach enables the identification of specific analytes at extremely low concentrations.

The suggested approach employs 2 ml vials as opposed to the solid phase microextraction method, which only needs 1 ml of the target analyte. The time it takes for the liquid phase and the fiber to reach equilibrium is drastically shortened when employing the miniaturized solid phase microextraction technique, which enhances the overall accuracy of the study. This technique will be helpful for accurately, quickly, and affordably determining alkylphenols in water samples. This suggested sample preparation technique does not need hazardous organic solvents, making it a method of analysis that is favorable to the environment (Alimzhanova et al., 2022).

### Materials and methods

The following reagents, with their respective CAS numbers, were obtained from Meryer (Minhang District, Shanghai): bisphenol-A (80-05-7), p-nonylphenol (84852-15-3), n-nonylphenol (25154-52-3) and p-tert-octylphenol (140-66-9). Characteristics of analytes are shown in Table 1. For the analysis following solutions 1 M sulfuric acid, 10 M sodium hydroxide, and analytical pure sodium chloride was used.

Table 1. Chemical properties of alkylphenols.

Substance	CAS No:	Chemical formula	Molecular mass
nonylphenol	25154-52-3	 $C_{15}H_{24}O$	220.36 g/mol
bisphenol-A	80-05-7	 $C_{15}H_{16}O_2$	228.29 g/mol
p-tert-octylphenol	140-66-9	 $C_{14}H_{22}O$	206.33 g/mol

Contaminated water with alkylphenols (nonylphenols and p-tert-octylphenol, bisphenol-A) were used for analysis. For the preparation of water samples with 10.0  $\mu\text{g/L}$  concentration of BA, 17.0  $\mu\text{g/L}$  of NA, 5.0  $\mu\text{g/L}$  of OP, firstly, 0.001 g of BA, 0.0005 g of OP, and 0.0017 g of NPs was in the porcelain mortar, powdered to create a homogenous mass. The obtained mass was then put into a flask with a 100 ml capacity and filled to the appropriate level with distilled water.

The analysis is sped up and the accuracy of the data is improved using an automated sample injector. The gas chromatograph equipment was managed by

an Agilent MSD ChemStation (version 1701EA) for the purpose of capturing and analyzing chromatographic data. The collected mass spectra was decoded using NIST'02 and the 7th edition of the Wiley library. HP5-MS 30 m 0,25 mm, film thickness 0,25 mm chromatographic column with the input sample splitless mode was applied for the GC/MS analysis. The GC/MS oven's temperature was 260°C. The carrier gas, helium, was employed and flowed at a steady rate of 1 ml/min. The oven's temperature was first set to 50°C (extract for 2 minutes), then it was raised by 20°C per minute to 100°C, 10°C per minute to 200°C, and 20°C per minute to 300°C. The MSD interface's temperature was 300, and its detection mode scan was set to  $m/z$  50–550. The total analysis time was 26 minutes.

Identification of alkylphenols (bisphenol, nonylphenol, octylphenol) is carried out by their mass spectra. The mass spectra of alkylphenols (bisphenol, nonylphenol, octylphenol) are shown in Figures 1-2. The retention time of alkylphenols (bisphenol, nonylphenol, octylphenol) is generally 0.1 min longer than the retention time, however a deviation of  $\pm 0.1$  min is acceptable. To confirm the identification of alkylphenols (bisphenol, nonylphenol, octylphenol), it is necessary to check the ratio of the areas of its peaks on chromatograms for ions  $m/z$  213 and 135 ions. If the obtained ratio is not included in this range, consider alkylphenols as not detected.

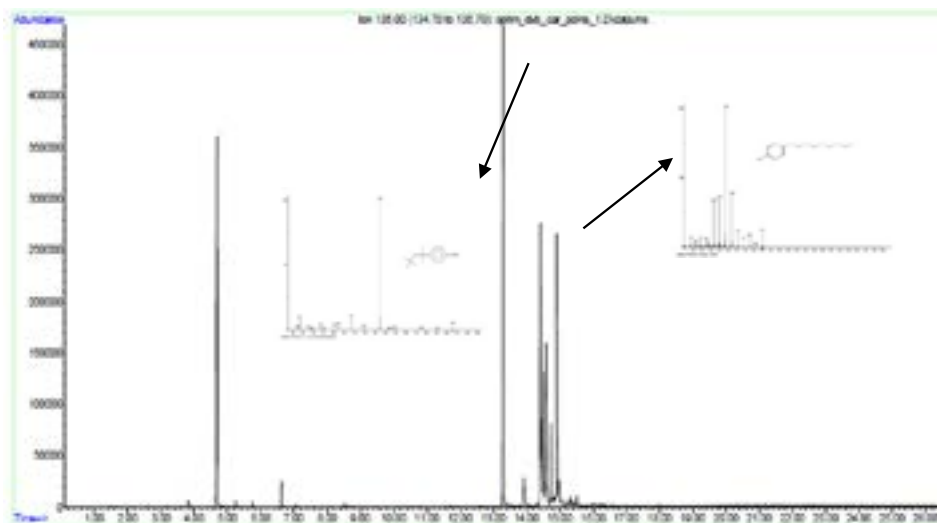


Fig. 1. Chromatogram and mass spectra of nonylphenols and octylphenol





Fig. 2. Chromatogram and mass spectra of bisphenol-A

Determination of alkylphenols were carried out manually with the mini-SPME method. The following mini-SPME parameters were used for the analysis of alkylphenols in the 300 mL of aqueous samples: pre-incubation time of 10 min, injector temperature of 260°C, desorption time of 2 min, extraction temperature of 90°C, and extraction time of 5 min.

The extraction time has a significant influence on solid-phase microextraction (Risticvic et al., 2010). Thus, it is the crucial parameter in the mini-SPME the extraction time was optimized at 0.5, 1, 2, 3, and 5 minutes.

The ideal extraction temperature was established at 50, 70, and 90°C. Additionally, 10, 20, and 30 minutes were selected to optimize the pre-incubation period. Concentration of salts was evaluated, and it varied from 5 to 50 %. Concentrations for the "acid effect" and "alkaline effect" studies varied from 0.002 to 0.1 M and 0.02 to 1.0 M, respectively.

Since the distribution constant between the fiber coating and the sample matrix determines how effectively the extraction process works, choosing the fiber coating is an important step in the mini and regular SPME technique (Risticvic et al., 2010). The following fiber types were examined to determine the best extraction coating: 100 m of polydimethylsiloxane (PDMS); 50/30 m of divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS); and 85 m of carboxen/polydimethylsiloxane (CAR/PDMS) purchased from Supelco, United States.

Temperature, salt content, and pH are the extraction parameters that impact the analyte distribution constant and determine whether SPME extraction is complete.

The following amounts of NaCl were added to 5 mL of water to determine the impact of salt on the extraction process: 0.25; 0.75; 1; 1.25; and 1.5 g. Analysis was performed in three parallels. The following conditions were used for the extraction

of the analytes: 50/30 m DVB/CAR/PDMS was used as the extraction coating, and the pre-incubation time was 5 minutes. The extraction temperature was 90°C, and the extraction period was 5 minutes. The desorption time was 1 minutes.

### Results and discussions

The following parameters were chosen as the mini-SPME method's optimum values throughout the selection process: the optimal pre-incubation time, temperature, and analysis of the effects of salt, acid, and alkaline.

The 50/30 m divinylbenzene/carboxen/polydimethylsiloxane (DVB/CAR/PDMS) extraction coating was displayed to be the most effective in extracting p-tert-octylphenol, p-nonylphenol, and n-nonylphenol from water samples during the analysis for selecting the most efficient extraction coating for determining the alkylphenols in the water samples (Figure 3).

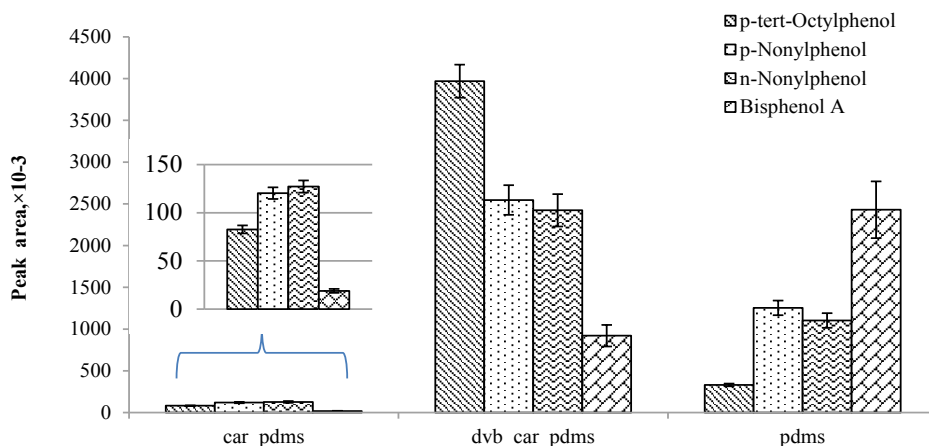


Fig. 2. Selection of an optimal extraction coating

Although CAR/PDMS-based fibers are likewise of the adsorption type, their structure is less porous, which contributes to their strong selectivity for low-molecular-weight molecules. The CAR/PDMS-based fibers do not sufficiently remove endocrine disruptors since they are relatively high mass molecules.

The sole factor limiting the extraction surface's effective area in such fibers is the coating area that gel symbolizes. Chemical bonding enables matter retention by the adsorption of extractable compounds on various fiber types. The findings of this experiment demonstrated that while chemically stable compounds make up most endocrine disruptors, they are removed less by coatings based on PDMS. The fiber based on 50/30 m DVB/CAR/PDMS, however, demonstrated much superior efficiency in the extraction of endocrine disruptors from the water as compared to the fibers based on CAR/PDMS, 100 m PDMS. In this way, the extraction coating based on 50/30 m DVB/CAR/PDMS is the most precise and effective extraction coating for the study of endocrine disruptors.

Only the coating area modeled by gel serves as a restriction on the effective extraction surface in such fibers. By adsorbing extractable molecules on certain fiber types, chemical linkages enable the retention of materials. The findings of this experiment showed that although chemically stable chemicals make up most endocrine disruptors, coatings based on PDMS remove them less. However, as compared to fibers based on CAR/PDMS and 100 m PDMS, fibers based on 50/30 m DVB/CAR/PDMS shown noticeably greater efficacy in the extraction of endocrine disruptors from the water. In this way, the 50/30 m DVB/CAR/PDMS extraction coating is the most precise and effective extraction coating for the study of endocrine disruptors.

For optimization, the extraction times 0, 5, 1, 2, 3, and 5 minutes have all been evaluated. 90°C was the extraction temperature. Time intervals for preincubation and desorption times were established at 5 and 1, respectively. Figure 4 displays the optimization results.

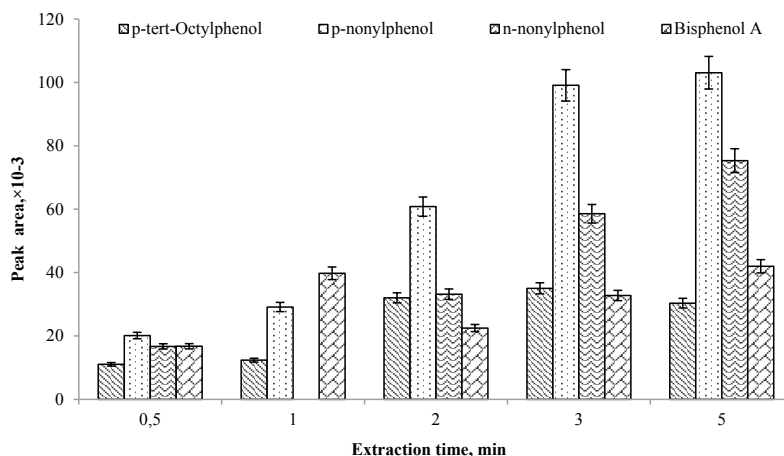


Fig. 4. Alkylphenols responses to extraction time determined by a mini-SPME

As seen in Figure 4, alkylphenols including p-tert-octylphenol, p-nonylphenol, n-nonylphenol, and bisphenol-A respond more favorably when the extraction duration is increased from 0.5 to 5 minutes. The analytical signal for bisphenol A will become less stable when extraction time is increased, yet the largest peak area was seen at 5 minutes. These findings determined that a 5-minute extraction period is ideal for analysis of alkylphenols in a water samples.

The equilibrium between the solid and gaseous phases is attained during the pre-incubation time. The following periods were investigated using mini-SPME to find the ideal pre-incubation time for alkylphenols: 10, 20, and 30 minutes. As the pre-incubation time is increased (Figure 5), the response of alkylphenols rises and the responses of the compounds considerably alter. These results determined that p-tert-octylphenol, n-nonylphenol, and bisphenol-A pre-incubation times of 30

minutes are ideal since they provide a strong signal. However, 20 minutes is the preferred pre-incubation period for p-nonylphenol.

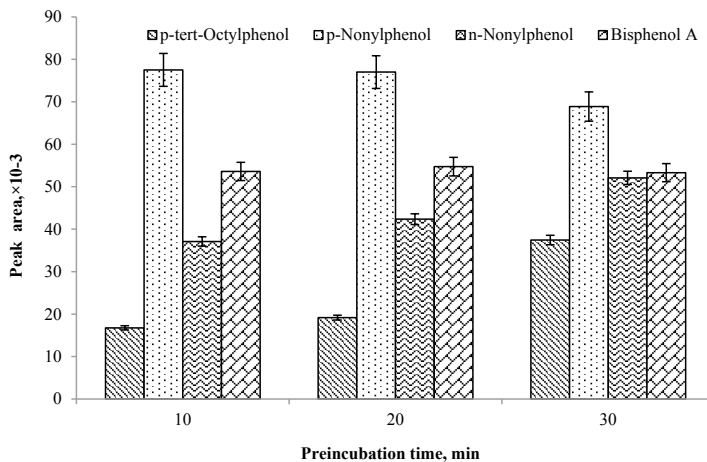


Fig. 5. Pre-incubation time effect on the mini-SPME reaction to p-tert-octylphenol, p-nonylphenol, n-nonylphenol, and bisphenol-A

To improve the efficiency of extracting analyzing components from water, an experiment on choosing the best extraction temperature must be conducted. To evaluate the optimization, water samples contaminated with alkylphenols including bisphenol A, nonylphenol and p-tert-octylphenol were employed. Optimization was achieved using the following parameters: extraction duration of 5 min, desorption time of 1 min, and preincubation time of 5 min. We chose 50, 70, and 90°C for the optimization of extraction temperatures for mini-solid-phase microextraction. Figure 6 displays the analysis results.

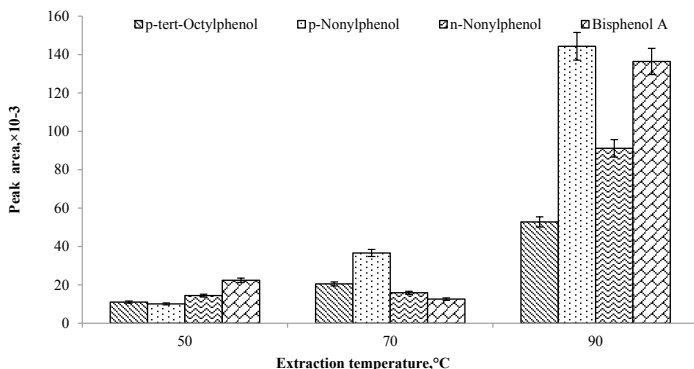


Fig. 6. Effect of extraction temperature on p-tert-octylphenol, p-nonylphenol, n-nonylphenol, and bisphenol-A response by mini-SPME

According to study findings, 90°C is the ideal temperature for extracting p-tert-octylphenol, p-nonylphenol, n-nonylphenol, and bisphenol-A from water samples. As a result, the excellent efficacy of this approach for alkylphenols was demonstrated by employing a mini-SPME method with adjusted parameters.

NaCl is a solid electrolyte parameter that influences the salt effect, which raises the ionic force in the solution and makes it easier for compounds to transition into the gas phase more successfully. The extraction of endocrine disruptors from the water sample is significantly impacted by the addition of salt.

Figure 7 illustrates how, in reaction to an increase in salt content, alkylphenols increased to 30 % when extraction was carried out. However, the reaction of the analyte has decreased when 50 % more salt is added to the sample solutions. The solid salt phase of salt is created in the sample when sodium chloride's solubility value is surpassed, which can trap the molecules of the item under test on its surface and keep them from entering the gas phase. The amount of salt in a sample that is 30 % more than sodium chloride's solubility in water.

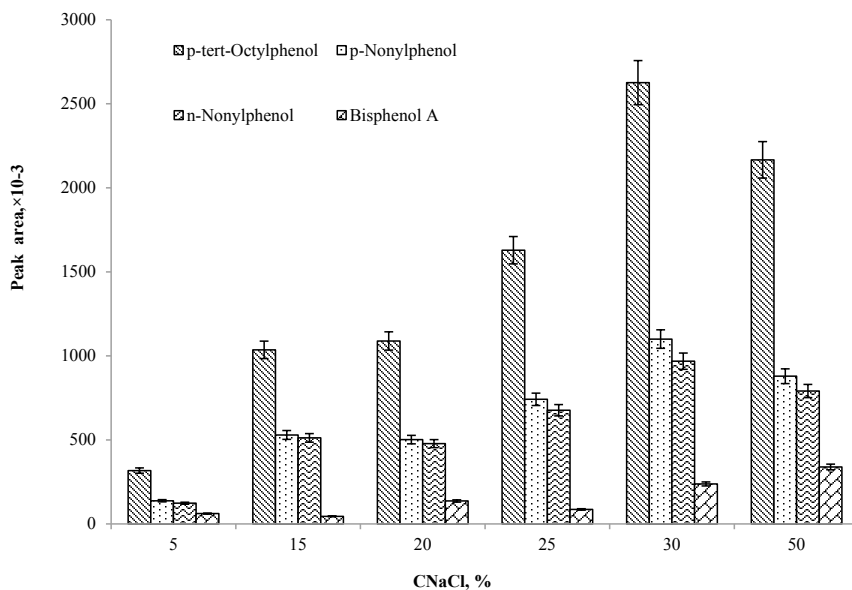


Fig. 7. Salt effect on p-tert-octylphenol, p-nonylphenol, n-nonylphenol, and bisphenol A extraction

To evaluate how acid might affect the extraction process, several concentrations of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (0.002, 0.004, 0.01, 0.02, 0.04, and 0.1 M) were obtained. It has been noted that alkylphenols' reaction is unstable as the acid concentration rises. P-, n-, and p-tert-octylphenol respond better at a concentration of 0.01 M, whereas bisphenol-A at 0.002 M. concentration responds better (Figures 8).

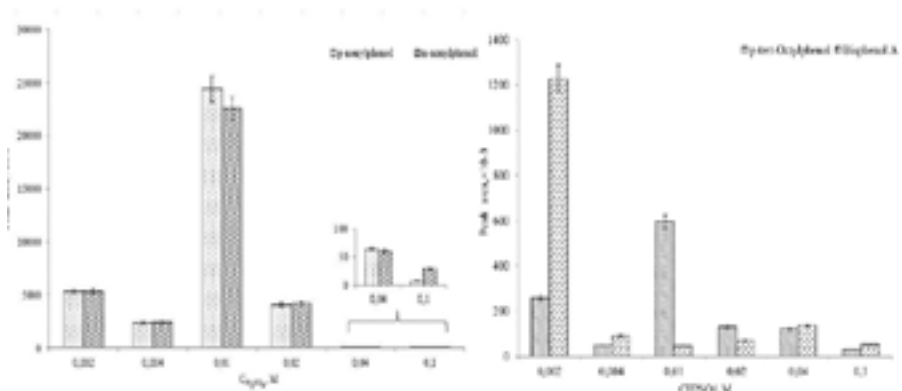


Fig. 8. Acid effect on the extracting of p-nonylphenol, n-nonylphenol, p-tert-octylphenol, and bisphenol-A

Different NaOH concentrations were used: 0,02, 0,04, 0,1, 0,2, 0,4, and 1 M to evaluate the impact of alkalinity on the extraction process. According to the study, the response of the alkylphenols is unstable at alkali concentrations of 0.02 M and 0.1 M, while 1 M is the ideal concentration (Figure 9).

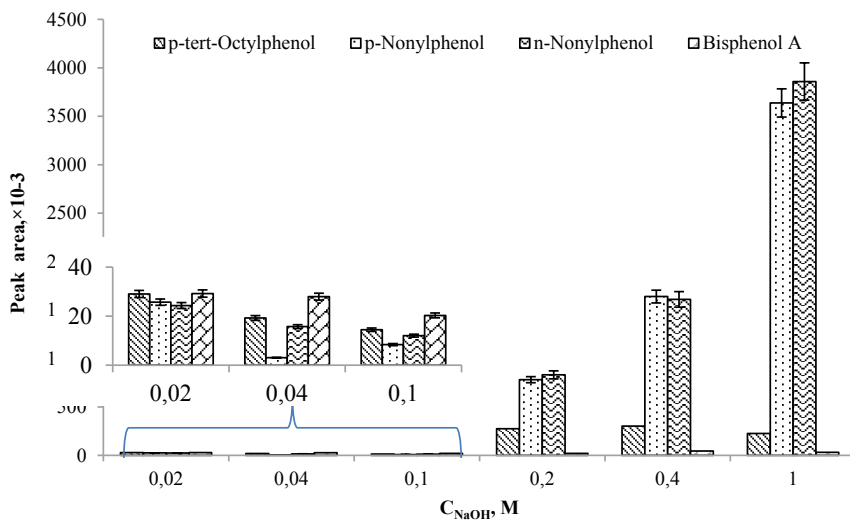


Fig. 9. Base effect on the extracting of bisphenol-A, n-nonylphenol, p-tert-octylphenol, p-nonylphenol

The following criteria' recommendations are followed for validating the technique for the quantitative measurement of alkylphenols in water samples: linearity, repeatability, reproducibility, and accuracy. To measure the mass

concentration of bisphenol A, nonylphenol and p-tert-octylphenol in water samples using by miniaturized solid-phase microextraction (mini-SPME) coupled with gas chromatography mass-spectrometry method in the concentration range from 0.005 g/L to 1.0 g/L. The main metrological aspects of the chromatographic analysis of bisphenol A, nonylphenol and p-tert-octylphenol in water samples are shown in Tables 2–3.

Table 2. The mini-SPME-GC/MS method's metrological characteristics for analyzing alkylphenols in a water sample

Analyte	Linearity, $\mu\text{g/L}$	$R^2$	Repeatability index, $\sigma_r$ , %	Reproducibility index, $\sigma_R$ , %	Accuracy rate, $\pm\delta$ , %
bisphenol A	0.005 – 1.0	0.9814	9	10	26
p-nonylphenol		0.9931	10	12	30
n-nonylphenol		0.9963	11	10	28
p-tert-octylphenol		0.9846	9	10	25

Table 3. Completeness of extraction of alkylphenols, standard deviation, confidence interval of the mean result for  $n = 20$ ,

$P = 0.95$

Analyte	Limit of detection, $\mu\text{g/L}$	Recovery, %	Standard deviation, S, %	Confidence interval of the average result, $\pm\%$
bisphenol A	0.005	76.8	5.2	2.3
p-nonylphenol		72.0	8.8	7.0
n-nonylphenol		74.3	8.2	7.6
p-tert-octylphenol		75.3	5.7	4.6

Based on these data with a probability of  $P = 0.95$ , this method provides analysis results with a relative error not exceeding 30 %.

### Conclusion

This study validated a new method to determine alkylphenols using mini-SPME and GC-MS. Optimal chromatography conditions were obtained, followed by 30 min for bisphenol-A, n-nonylphenol, p-tert-octylphenol, 20 min for p-nonylphenol of pre-incubation time, subsequent extraction with DVB/CAR/PDMS for 5 min at 90°C. The water sample extracts the alkylphenols most successfully when 1.5 g of salt is added. Effect of the acid showed the optimal concentration for p-nonylphenol, n-nonylphenol, p-tert-octylphenol of 0.01 M, and bisphenol A was 0.002 M. The 1M of alkali is an optimum concentration for alkylphenols. However, there is no alkaline effect on bisphenol-A. Therefore, the method is intended to determine the mass concentration of alkylphenols (bisphenol A, nonylphenol, octylphenol) in water by miniaturized solid-phase microextraction (mini-SPME) coupled with gas chromatography mass-spectrometry method, in the concentration range from 0.005  $\mu\text{g/L}$  to 1.0  $\mu\text{g/L}$ .

## REFERENCES

- Adoamnei E., Mendiola J., Vela-Soria F., Fernández M.F., Olea N., Jørgensen N., Swan S.H. & Torres-Cantero A.M., 2018 — *Adoamnei E., Mendiola J., Vela-Soria F., Fernández M.F., Olea N., Jørgensen N., Swan S.H. & Torres-Cantero A.M.* Urinary bisphenol A concentrations are associated with reproductive parameters in young men. *Environmental research*, 161. 122–128. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.11.002>.
- Akhbarizadeh R., Dobaradaran S., Schmidt T.C., Nabipour I. & Spitz J., 2020 — *Akhbarizadeh R., Dobaradaran S., Schmidt T.C., Nabipour I., & Spitz, J.* Worldwide bottled water occurrence of emerging contaminants: A review of the recent scientific literature. *Journal of hazardous materials*, 392, 122271. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122271>.
- Alimzhanova M., Mamedova M., Ashimuly K., Alipuly A., Adilbekov Y., 2022 — *Alimzhanova M., Mamedova M., Ashimuly K., Alipuly A., Adilbekov Y.* Miniaturized solid-phase microextraction coupled with gas chromatography-mass spectrometry for determination of endocrine disruptors in drinking water. *Food Chemistry: X*, 14. № 100345. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100345>.
- Alimzhanova M., Nurzhanova Y., 2015 — *Alimzhanova M., Nurzhanova Y.* Screening of endocrine disruptors in water samples by SPME-GC/MS. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 2 (5). 441–446.
- Alimzhanova M., Nurzhanova Y., Onglasynkyzy D., Ashimuly K., Batyrbekova S., 2016 — *Alimzhanova M., Nurzhanova Y., Onglasynkyzy D., Ashimuly K., Batyrbekova S.* Determination of ethinylestradiol and norgestrel in drinking water by solid-phase microextraction. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 2. 209–216.
- Alimzhanova M., Adilbekov Y., Zharylgap A., Onglassynkyzy D., Alipuly A., 2017 — *Alimzhanova M., Adilbekov Y., Zharylgap A., Onglassynkyzy D., Alipuly A.* Optimization of screening method for determination of alkylphenols in water samples by solid-phase microextraction. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 17 (51). Pp. 721–728. <https://doi.org/10.5593/sgem2017/51/S20.138>.
- Arslan-Alaton I. & Olmez-Hanci T., 2012 — *Arslan-Alaton I. & Olmez-Hanci T.* Advanced Oxidation of Endocrine Disrupting Compounds: Review on Photo-Fenton Treatment of Alkylphenols and Bisphenol A. *Green Technologies for Wastewater Treatment*. 59–90. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-1430-45>.
- Bergé A., Cladière M., Gasperi J., Coursimault A., Tassin B. & Moilleron R., 2012 — *Bergé A., Cladière M., Gasperi J., Coursimault A., Tassin B. & Moilleron R.* Meta-analysis of environmental contamination by alkylphenols. *Environmental Science and Pollution Research*, 19(9), 3798–3819. <https://doi.org/10.1007/s11356-012-1094-7>.
- Cantoni B., Delli Compagni R., Turolla A., Epifani I. & Antonelli M., 2020 — *Cantoni B., Delli Compagni R., Turolla A., Epifani I. & Antonelli M.* A statistical assessment of micropollutants occurrence, time trend, fate and human health risk using left-censored water quality data. *Chemosphere*, 257, 127095. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127095>.
- De Toni L., De Rocco Ponce M., Petre G.C., Rtibi K., Di Nisio A. & Foresta C., 2020 — *De Toni L., De Rocco Ponce M., Petre G.C., Rtibi K., Di Nisio A. & Foresta C.* Bisphenols and Male Reproductive Health: From Toxicological Models to Therapeutic Hypotheses. *Frontiers in endocrinology*, 11, 301. <https://doi.org/10.3389/fendo.2020.00301>.
- Diamanti-Kandarakis E., Bourguignon J.-P., Giudice L.C., Hauser R., Prins G.S., Soto A.M., Gore A.C., 2009 — *Diamanti-Kandarakis E., Bourguignon J.-P., Giudice L.C., Hauser R., Prins G.S., Soto A.M., Gore A.C.* Endocrine-Disrupting Chemicals: An Endocrine Society Scientific Statement. *Endocrine Reviews*, 30(4), 293–342. <https://doi.org/10.1210/er.2009-0002>.
- Ebele A.J., Abou-Elwafa Abdallah M. & Harrad S., 2017 — *Ebele A.J., Abou-Elwafa Abdallah M. & Harrad S.* Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the freshwater aquatic environment. *Emerging Contaminants*, 3(1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2016.12.004>.
- Ginter-Kramarczyk D., Zembrzuska J., Kruszelnicka I., Zajac-Woźnialis A. & Ciślak M., 2022 — *Ginter-Kramarczyk D., Zembrzuska J., Kruszelnicka I., Zajac-Woźnialis A. & Ciślak M.* Influence



of Temperature on the Quantity of Bisphenol A in Bottled Drinking Water. *International journal of environmental research and public health*, 19(9), 5710. <https://doi.org/10.3390/ijerph19095710>.

Gonsioroski A., Mourikes V.E. & Flaws J.A., 2020. — *Gonsioroski A., Mourikes V.E. & Flaws J.A.* Endocrine Disruptors in Water and Their Effects on the Reproductive System. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(6), 1929. <https://doi.org/10.3390/ijms21061929>.

Kovarova J., Blahova J., Divisova L. & Svobodova Z., 2013 — *Kovarova J., Blahova J., Divisova L. & Svobodova Z.* Alkylphenol ethoxylates and alkylphenols – update information on occurrence, fate and toxicity in aquatic environment. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 16(4), 762–771. <https://doi.org/10.2478/pjvs-2013-0111>.

Morin-Crini N., Lichtfouse E. & Crini G., 2021. — *Morin-Crini N., Lichtfouse E. & Crini G.* Emerging Contaminants Vol. 2. *Environmental Chemistry for a Sustainable World*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-69090-8>.

Penserini L., Cantoni B., Vries D., Turolla A., Smeets P.W.M.H., Bokkers B.G.H. & Antonelli M., 2022 — *Penserini L., Cantoni B., Vries D., Turolla A., Smeets P.W.M.H., Bokkers B.G.H. & Antonelli M.* Quantitative chemical risk assessment for mixtures: Application to alkylphenol mixtures and phthalate mixtures in tap and bottled water. *Environment international*, 165, 107294. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107294>.

Pironti C., Ricciardi M., Proto A., Bianco P.M., Montano L. & Motta O., 2021 — *Pironti C., Ricciardi M., Proto A., Bianco P.M., Montano L. & Motta O.* Endocrine-Disrupting Compounds: An Overview on Their Occurrence in the Aquatic Environment and Human Exposure. *Water*, 13(10), 1347. <https://doi.org/10.3390/w13101347>.

Priac, A., Morin-Crini N., Druart C., Gavaille S., Bradu C., Lagarrigue C., Crini G., 2017 — *Priac A., Morin-Crini N., Druart C., Gavaille S., Bradu C., Lagarrigue C., Crini G.* Alkylphenol and alkylphenol polyethoxylates in water and wastewater: A review of options for their elimination. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S3749–S3773. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.05.011>.

Risticevic, S., Lord, H., Górecki, T., Arthur, C. L., & Pawliszyn, J., 2010 — *Risticevic, S., Lord, H., Górecki, T., Arthur, C. L., & Pawliszyn, J.* Protocol for solid-phase microextraction method development. *Nature Protocols*, 5(1), 122–139. <https://doi.org/10.1038/nprot.2009.179>

Rizzo, L., 2011 — *Rizzo, L.* Bioassays as a tool for evaluating advanced oxidation processes in water and wastewater treatment. *Water Research*, 45(15), 4311–4340. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.05.035>

Soares, A., Guieysse, B., Jefferson, B., Cartmell, E., & Lester, J. N., 2008 — *Soares, A., Guieysse, B., Jefferson, B., Cartmell, E., & Lester, J. N.* Nonylphenol in the environment: A critical review on occurrence, fate, toxicity and treatment in wastewaters. *Environment International*, 34(7), 1033–1049. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2008.01.004>

Zhou, X., Peng, F., Luo, Z., Li, Y., Li, H., & Yang, Z., 2020 — *Zhou, X., Peng, F., Luo, Z., Li, Y., Li, H., & Yang, Z.* Assessment of water contamination and health risk of endocrine disrupting chemicals in outdoor and indoor swimming pools. *The Science of the total environment*, 704, 135277. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135277>

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY  
OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227  
Volume 345, Number 1 (2023), 282–292  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.201>

UDC 541.182+546.111

© **S.S. Mendigaliyeva<sup>1</sup>, I.S. Irgibaeva<sup>1\*</sup>, N.N. Barashkov<sup>2</sup>, T.V. Sakhno<sup>3</sup>,  
A.A. Aldongarov<sup>1</sup>, 2023**

<sup>1</sup>Laboratory of Physical and Quantum Chemistry, L.N. Gumilyov Eurasian  
National University, Astana, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Micro Tracers, Inc., San Francisco, California, USA;

<sup>3</sup>Poltava State Medical University, Poltava, Ukraine.

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

## **SYNTHESIS AND APPLICATION OF NANOTRACERS BASED ON MIXED IRON–COBALT OXIDE FOR EVALUATION OF THE QUALITY OF MIXING IN LIQUID FEED**

**Mendigaliyeva Svetlana Samiguliyena** — L.N. Gumilyov Eurasian National University. Satpayev street, 2, 010000, Astana, Kazakhstan

E-mail: [svet\\_men@mail.ru](mailto:svet_men@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-2737-7188>;

**Irgibaeva Irina Smailovna** — Doctor of science in chemistry, Professor of Chemistry Department. L.N. Gumilyov Eurasian National University, Satpayev street, 2, 010000, Astana, Kazakhstan

E-mail: [irgsm@mail.ru](mailto:irgsm@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-2408-8935>;

**Barashkov Nikolay Nikolayevich** — Doctor of science in chemistry, Director of R&D and Technical Services Micro-Tracers. Inc. 1370 Van Dyke Avenue San Francisco. CA 94124. USA

E-mail: [nikolay@microtracers.com](mailto:nikolay@microtracers.com), <https://orcid.org/0000-0003-2494-9248>;

**Sakhno Tamara Viktorivna** — Doctor of Chemical Sciences, Professor, Poltava State Medical University. Shevchenko street, 23, 36000, Poltava, Ukraine

E-mail: [sakhno2001@gmail.com](mailto:sakhno2001@gmail.com), <http://orcid.org/0000-0001-7049-4657>;

**Aldongarov Anuar Akykhanovich** — Laboratory of Physical and Quantum Chemistry. L.N. Gumilyov Eurasian National University. Satpayev street, 2, 010000, Astana, Kazakhstan

E-mail: [enu-2010@yandex.kz](mailto:enu-2010@yandex.kz), <https://orcid.org/0000-0001-7784-0524>.

**Abstract.** Nanoparticles combining iron oxide (higher 95 %) and manganese oxide (below 5 %) have been prepared by mixing aqueous solutions of ferrous chloride, ferric chloride, cobalt chloride and ammonium hydroxide following by continued stirring and heating the forming colloidal Co-containing magnetite. The possibility of forming a stable nanotracer suspensions based on prepared nanoparticles in aqueous solutions of surfactants such as ammonium oleate and dimethylamine salt of oleic acid has been demonstrated. The particle size of the nanotracer has been determined by the Nanoparticle Tracking Analysis (NTA) method based on direct visualization and analysis of nanoparticles in aqueous media containing two types of surfactants. It has been found that the medium size of nanoparticles doesn't exceed 90 nm. The possibility of using the prepared

nanotracer to assess the quality of liquid feed mixing in laboratory and industrial conditions has been shown.

**Key words:** Nanotracer, mixed iron-cobalt oxide, nanoparticle tracking analysis, stable suspension, particle size, liquid feed

© С.С. Мендіғалиева<sup>1\*</sup>, И.С. Иргібаева<sup>1\*</sup>, Н.Н. Барашков<sup>2</sup>, Т.В. Сахно<sup>3</sup>,  
А.А. Алдонгаров<sup>1</sup>, 2023

<sup>1</sup>Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана, Қазақстан;

<sup>2</sup>Micro Tracers, Inc., Сан-Франциско, Калифорния, АҚШ;

<sup>3</sup>Полтава Мемлекеттік Медицина Университеті, Полтава, Украина.

E-mail: irgsm@mail.ru

## СҰЙЫҚ АЗЫМДА АРАЛАСТЫРУ САПАСЫН БАҒАЛАУ ҮШІН АРАС ТЕМІР-КОБАЛТ ОКСИДІНІҢ НЕГІЗІНДЕГІ НАНОТРЕКЕРЛЕРДІ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ

**Мендіғалиева Светлана Самигуллиевна** — Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті 3-ші курса докторанты. Сатпаев көшесі, 2, 010000, Астана, Қазақстан  
E-mail: svet\_men@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2737-7188>;

**Иргібаева Ирина Смаиловна** — химия ғылымдарының докторы, профессор. Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті. Сатпаев көшесі, 2, 010000, Астана, Қазақстан  
E-mail: irgsm@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2408-8935>;

**Барашков Николай Николаевич** — химия ғылымдарының докторы, профессор. R&D Technical Services директоры Micro-Tracers, Inc. 1370 Van Dyke Avenue San Francisco. CA 94124, USA

E-mail: nikolay@microtracers.com, <https://orcid.org/0000-0003-2494-9248>;

**Сахно Тамара Викторовна** — химия ғылымдарының докторы, профессор. Полтава Мемлекеттік Медицина Университеті, Шевченко көшесі, 23, 36000, Полтава, Украина  
E-mail: sakhno2001@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-7049-4657>;

**Алдонгаров Ануар Ақылханович** — PhD доктор, доцент. Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті. Сатпаев көшесі, 2, 010000, Астана, Қазақстан  
E-mail: enu-2010@yandex.kz, <https://orcid.org/0000-0001-7784-0524>.

**Аннотация.** Темір оксиді (95 %-дан жоғары) мен марганец оксидін (5 %-дан төмен) біріктіретін нанобөлшектер темір хлориді, темір хлориді, кобальт хлориді және аммоний гидроксидінің сулы араластыру ерітінділері арқылы дайындалған, содан кейін коллоидты магнетит түзетін коллоидты магнетитті қыздыру және араластыру. Аммоний олеаты және олеин қышқылының диметиламин тұзы сияқты беттік белсенді заттардың сулы ерітінділерінде дайындалған нанобөлшектердің негізінде тұрақты нанотрасер суспензияларын қалыптастыру мүмкіндігі көрсетілді. Нанотазартқыштың бөлшектерінің өлшемі екі түрлі беттік белсенді заттар бар сулы ортадағы нанобөлшектерді тікелей визуализациялау мен талдауға негізделген Нанобөлшектерді бақылау талдауы (NTA) әдісімен анықталды. Ол нанобөлшектердің орташа өлшемі 90 нм-ден аспайтынын анықтады. Дайындалған нанотрасерді зертханалық

және өндірістік жағдайларда сұйық жемді араластыру сапасын бағалау үшін пайдалану мүмкіндігі көрсетілді.

**Түйінді сөздер:** Нанотрасер, аралас темір-кобальт оксиді, нанобөлшектерді бақылау талдауы, тұрақты суспензия, бөлшектердің өлшемі, сұйық жем

© С.С. Мендигалиева<sup>1</sup>, С. Иргибаява<sup>1\*</sup>, Н.Н. Барашков<sup>2</sup>, Т.В. Сахно<sup>3</sup>, 2023

<sup>1</sup>Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан;

<sup>2</sup>Micro Tracers, Inc., Сан-Франциско, Калифорния, США;

<sup>3</sup>Полтавский Государственный Медицинский университет, Полтава, Украина.

<sup>4</sup>Полтавский медицинский университет, Полтава, Украина  
E-mail: irgsm@mail.ru

## СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА И КОБАЛЬТА В КАЧЕСТВЕ НАНОТРЕЙСЕРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СМЕШИВАНИЯ В ЖИДКИХ КОРМАХ

**Мендигалиева Светлана Самигуллиевна** — Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, докторант 3-го курса, ул. Саптаева, 2, 010000, Астана, Казахстан  
E-mail: svet\_men@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2737-7188>;

**Иргибаява Ирина Смаиловна** — доктор химических наук, профессор, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, ул. Саптаева, 2, 010000, Астана, Казахстан:  
E-mail: irgsm@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2408-8935>;

**Барашков Николай Николаевич** — доктор химических наук, профессор. R&D Technical Services директор Micro-Tracers, Inc. 1370 Van Dyke Avenue Сан Франциско Калифорния, США 94124, USA

E-mail: nikolay@microtracers.com, <https://orcid.org/0000-0003-2494-9248>;

**Сахно Тамара Викторовна** — доктор химических наук, профессор. Полтавский Государственный Медицинский Университет, ул. Шевченко, 23, 36000, Полтава, Украина  
E-mail: sakhno2001@gmail.com, <http://orcid.org/0000-0001-7049-4657>;

**Алдонгаров Ануар Акылханович** — PhD доктор, доцент, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева. ул. Саптаева, 2, 010000, Астана, Казахстан  
E-mail: enu-2010@yandex.kz, <https://orcid.org/0000-0001-7784-0524>.

**Аннотация.** Наночастицы, сочетающие оксид железа (выше 95 %) и оксид марганца (ниже 5 %), были приготовлены путем смешивания водных растворов хлорида железа (II), хлорида железа (III), хлорида кобальта и гидроксида аммония с последующим постоянным перемешиванием и нагреванием образующегося коллоидного Со-содержащего магнетита. Показана возможность формирования устойчивых суспензий нанотрейсеров на основе полученных наночастиц в водных растворах поверхностно-активных веществ, таких как олеат аммония и диметиламиновая соль олеиновой кислоты. Размер частиц нанотрейсера определяли методом отслеживания наночастиц (НТА), основанным на прямой визуализации и анализе наночастиц в водных средах,

содержащих два типа поверхностно-активных веществ. Установлено, что средний размер наночастиц не превышает 90 нм. Показана возможность использования приготовленного нанотрейсера для оценки качества смешивания жидких кормов в лабораторных и промышленных условиях.

**Ключевые слова:** нанотрейсер, смешанный оксид железа и кобальта, анализ отслеживания наночастиц, стабильная суспензия, размер частиц, жидкий корм

### **Introduction**

The global feed industry produces more than 500 million tons per year. Producers waste labor, energy and capital when they mix feed longer than necessary to achieve a complete mixture (Rocha et al., 2022). Excessive mixing can also cause degradation of vitamins and drugs or lead to segregation (Sakhno et al., 2017). If the feed is not fully mixed, the feed portions will contain either too much or too little of the required ingredients. This excessive variability results in economic losses for feed users and can increase pharmaceutical residues. Test of periodic routine mixer is economically and ethically justified. The mid-1990s saw increased interest from regulators in many countries to ensure that medicated feeds are fully mixed and that all micronutrients are added as formulated.

The mixing of ingredients is an important process in feed production, as these ingredients must be combined effectively to provide the animals with a complete feed (McCoy et al., 1994). The mixing process must create a random distribution of ingredients in all mass portions to provide animals with adequate daily nutrient intake (Çiftci, Ercan 2003). With the increasing use of low inclusion ingredients such as industrial amino acids and other additives, efficient mixing has become even more important for an adequate supply of nutrients (Groesbeck et al., 2007). Furthermore, feed uniformity is desirable, if not essential, for maximum nutrient utilization, as each animal must receive a balanced feed containing nutrients and supplements in adequate concentrations to improve growth, productivity and health. Especially when animals are fed low daily intakes such as piglets and chicks.

Robinson (Robinson 2004) has proposed several types of indicators suitable for use as markers, containing information on the following: a) the designation of the crop variety associated with the agricultural product; b) a specific feature associated with the agricultural product; c) the genetic content of the agricultural product. The information contained in these markers, which may be made of paper, cardboard, plastic, rubber, metal, fiber, or other such material or materials, may be human readable, machine readable, or both. Human readable markers include alphanumeric characters, graphics, or several different color codes. This type of marker is also can be read machine. For example, an optical reader with optical reading character or other similar capabilities used to scan or display.

Over the past 30 years, ferromagnetic tracer particles, which could separate

from the bulk mixture much faster and easier than previous tracers using magnetic separators, have been successfully used in practice.

List of patents (Eisenberg 1979, 1980, 1987) describes the use of ferromagnetic Microtracers (MTs), patented and manufactured by the American company Micro-Tracers Inc. (San Francisco, USA). The composition of these MTs includes particles of iron or stainless steel (size from 150 to 350 microns), on the surface of which food dyes of various colors are adsorbed. It proposed to introduce ferromagnetic microtracers into mixing equipment as one of the microadditives at the recommended dosage of 50 g per ton of mixed feed.

The three types of existing iron-based micro tracers include the following:

1. Microtracer F (iron grits 25,000 particles per gram);
2. Microtracer FS (stainless steel, 50,000 particles per gram);
3. Microtracer RF (reduced iron powder > 1,000,000 particles per gram).

When compiling vitamin, mineral or medicinal premixes, the microtracer serves to indicate the presence of a premix in finished feeds, as well as to identify feed additives and feeds containing such additives, such as proprietary ones. In quantitative analysis, Microtracers™ can be used to document mixing efficiency as well as the adequacy of "cleaning" mixers and other feed production equipment from batch to batch.

It should be noted that iron-based microtracers are generally not applicable for validating liquid feed mixing, as well as for coding liquid additives such as enzymes and evaluating their distribution in premixes and final feeds. To meet the growing demand, we have developed and tested a magnetically retrievable nanotracer containing iron oxide nanoparticles (Barashkov et al., 2008).

An analysis of the literature shows that one of the promising methods for obtaining liquid ferromagnetic materials includes a two-stage process: 1) preparation of ferromagnetic liquids (ferrofluids); 2) dispersion of ferrofluid droplets in an aqueous medium with the participation of an appropriate surface-active substance (surfactant) (Kole, Khandeka, 2021; Irgibaeva et al., 2020; Barashkov et al., 2019).

The authors (Byland et al, 2022) report data on the magnetic properties of compounds based on cobalt with more than 33 at. % Co. They classified over 13,000 compounds by structure type, cobalt content, and ground magnetic state. Many compounds have been identified as potential ferromagnets, and the authors confirm their ferromagnetic ordering theoretically through calculations and experimentally through synthesis and characterization.

A modified procedure (Sudol, 1977) was used to prepare a ferrofluid based on mixed iron-cobalt oxides.

A mixture of 258 g of  $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$ , 21.7 g of  $\text{CoCl}_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$  and 86.8 g of  $\text{FeCl}_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$  added to 1000 ml of water and a homogeneous solution obtained while stirring with a mechanical stirrer. A mixture of 350 ml of 28% aqueous ammonia solution and 350 ml of water was added to the resulting solution over 75 seconds, which led to the formation of colloidal magnetite containing cobalt

oxide ( $\text{Fe}_x\text{Co}_y\text{O}_z$ ). The temperature of the mixture gradually brought to 90°C with constant stirring. Separately prepared a solution of 40 ml of oleic acid v 460 ml of heptane and heated to 90°C. The colloidal magnetite solution and the oleic acid solution stirred for 15 minutes. The top organic layer removed. As a result, a stable ferromagnetic fluid with a density of 1.038 g/ml and a viscosity of 4.3 cP obtained.

In the next step, the ferrofluid is dispersed in a 0.5 % aqueous solution of a surfactant: ammonium oleate or dimethylamine salt of oleic acid at a ferrofluid: surfactant solution ratio of 1:100 to 4:100 (w/w). After filtration through Whatman filter paper with a pore size of 5 microns, the stable suspension used to determine the size of the nanoparticles of the composition and colorimetric determination of the content of cobalt in the nanoparticles. The content of cobalt in prepared samples was evaluated by retrieving the nanoparticles from this suspension by neodymium magnet covered with ABC plastic, and treating it with 20 % aqueous solution of HCl. The concentration of cobalt was determined by spectrophotometric analysis of blue complex formed by  $\text{CoCl}_2$ , diethylamine,  $\text{NH}_4\text{SCN}$ , acetate ammonia in solution of dimethylsulfoxide with absorbance maximum at 667 nm (Barashkov et al., 2008).

Possible applications of the prepared stable suspension of ferromagnetic mixed iron-cobalt oxide nanoparticles related to testing the mixing quality of liquid feeds, as well as coding liquid additives such as enzymes and evaluating their distribution in premixes and finished feeds.  $\text{Fe}_x\text{Co}_y\text{O}_z$  nanoparticles combining iron oxide (above 95 %) and cobalt oxide (below 5 %) as components of a magnetically extractable liquid marker (nanotracer slurry) tested in laboratory and production tests. A laboratory test with the addition of a suspension of nanotracer (mixed with a liquid enzyme added to the feed at a concentration of 110 ppm) at a level of 100 ppm to dry food, followed by the extraction of ferromagnetic nanoparticles and analysis of their cobalt oxide content, gives approximately 75 % nanotracer recovery.

Table 1 shows the results of industrial testing of the proposed liquid indicator, conducted with a major European manufacturer of pig feed. In this case, the addition of a 0.2 % (w/w) nanotracer stable suspension used to assess the mixing quality of several liquid ingredients in a 500 kg liquid pig feed mix.

The data presented in Table 1 interpreted using Poisson and Xi-squared statistics. Poisson statistics provides methods for determining the critical value of the response variable and the minimum detectable value in measurements of the Poisson distribution. This applies when both background noise and signal changes described by a Poisson distribution. The normal approximation used to approximate the Poisson distribution with the normal distribution according to ISO 11843-3 and ISO 11843-4. The accuracy of the normal approximation versus the exact Poisson distribution discussed in Annex C of these documents. ISO 11843-3:2003 gives a method for estimating the critical value of the response variable from the mean and standard deviation of repeated measurements of the

reference state in certain situations in which the value of the net state variable is zero, for all reasonable and foreseeable purposes (ISO11843–3: 2003).

Data presented in Table 1 consider a series of counts (optical density values) as a Poisson distribution, and estimate the probability value.

There are three types of assessment of the homogeneity of the obtained mixtures:

- a) Complete mixing (probability above 5 %);
- b) Intermediate (probability above 5 %);
- c) Incomplete mixing (probability below 1 %).

Table 1 – Results of an industrial test for the quality of mixing using a suspension of the  $Fe_xCo_yO_z$  ferromagnetic nanotracer based on mixed iron-cobalt oxide nanoparticles.

Parameter	Number of analyzed sample											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cobalt concentration in the sample (absorbance units at 667 nm) x 10 <sup>4</sup>	90	83	74	80	92	91	96	100	83	104	95	60
Average concentration value	87.33											
Standard deviation, +/-	12.18											
The coefficient of variation %, +/-	13.94											
Xi-square	18.67											
Probability, %	4.46											

*Nanoparticle Tracking Analysis (NTA)*

NTA is a newly developed method for real-time direct visualization and analysis of nanoparticles in liquids (Malloy, Carr 2006; Dragovic et al., 2011). Based on laser-illuminated microscopic technique, the Brownian motion of nanoparticles is analyzed in real time with a CCD camera, with each particle simultaneously but separately visualized and tracked by a dedicated particle-tracking image analysis program. The ability of NTA of simultaneously measure of particle size and particle scattering intensity allows separation of heterogeneous mixtures of particles, and, importantly, particle concentration directly estimated. Also the profile distribution of particle size obtained by NTA being a direct number/frequency distribution.

*NTA (Nanoparticle Tracking Analysis) Methodology*

A finely focused laser beam passes through an optical plane with a prism edge whose refractive index is such that the beam refracted at the interface between the plane and the liquid layer above it (Figure 1).



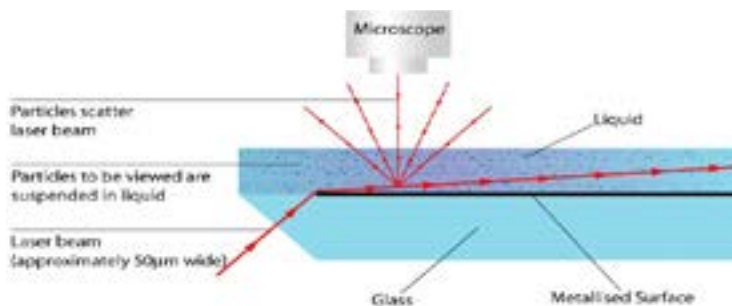


Fig. 1. – Methodology of the NTA method [Enfrin et al., 2021; Hole et al., 2013]

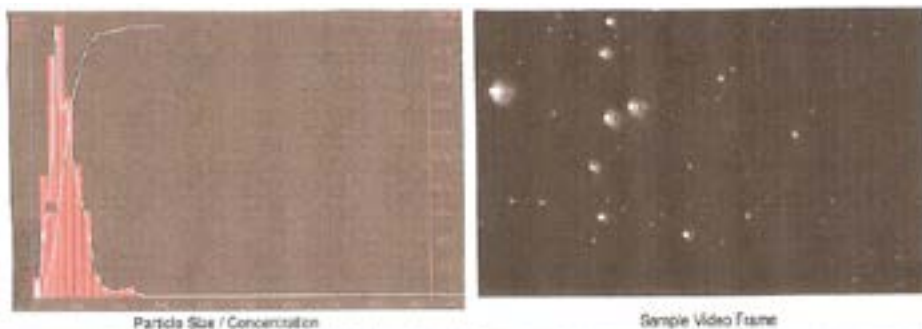
Due to refraction, the beam is concentrated on a low-profile area of intense illumination, in which the nanoparticles present in the liquid film can easily be visualized using a microscope objective with x20 magnification mounted on a conventional microscope optical chain. A CCD camera operating at 30 frames per second is used to capture video images with a field of view of approximately  $100\ \mu\text{m} \times 80\ \mu\text{m}$ .

The camera shows that the particles in the scattering volume move rapidly in Brownian motion. The NTA program simultaneously determines and tracks the center of each particle frame by frame. The average distance each particle moves along the x and y axes in the image is calculated automatically. From this value, the particle diffusion coefficient  $Dt$  can be obtained and, knowing the temperature of the sample and the viscosity of the solvent, the particle size can be calculated.

The hydrodynamic diameter ( $d_h$ ) is calculated using the Stokes-Einstein equation.

Samples should contain between  $10^7$  and  $10^9$  particles/mL to be able to analyze a sufficient number of particles within a reasonable period (e.g., <60 seconds) from which a statistically significant and reproducible particle size distribution profile can be obtained, sample dilution is often required to achieve this concentration.

Fig. 2 – shows the results of an NTA analysis of a dispersion of the  $\text{Fe}_x\text{Co}_y\text{O}_z$  nanotracer in a 0.5 % aqueous solution of dimethylamine salt of oleic acid (DMAOA).



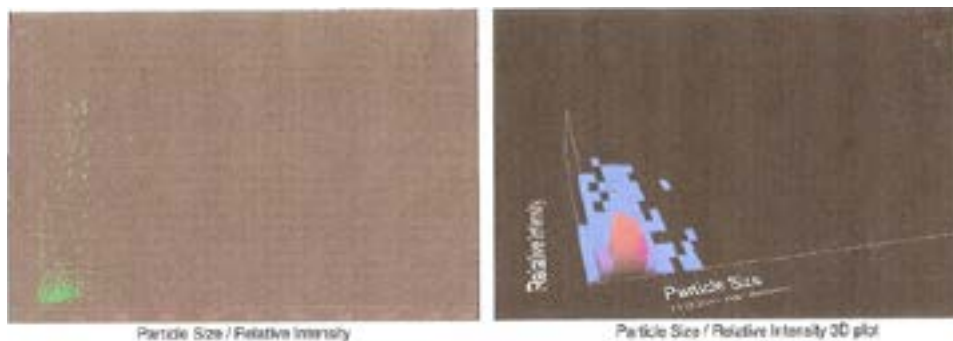


Fig. 2. – Results of NTA analysis of  $Fe_xCo_yO_z$  nanotracer dispersion in 0.5% aqueous solution of dimethylamine salt of oleic acid.

Table 2 – Particle size distribution in nanotracer suspension dispersed in solutions with two different surfactants.

D Values *	Sample A (0.5% DMAOA solution)		Sample B (0.5 % ammonium oleate solution)	
	found	normalized to 100 %	found	normalized to 100 %
D10	41	12.1	76	13.9
D50	76	22.4	118	21.6
D90	128	37.6	210	38.5
D70	95	27.9	142	26.0
Total number of analyzed particles				
	340		546	

\*) D10, D50, D70 и D90 are average particle sizes less than 10, 50, 70 and 90 nm, respectively.

The following is a description of the procedure for extracting the  $Fe_xCo_yO_z$  ferromagnetic nanotracer from a sample of dry calf feed.

1000 g of dry calf food from a commercial supplier was mixed with 10 ml of a suspension containing nanotracer in 0.5 % ammonium oleate aqueous solution (Co content 80 mg/1000 ml). The mixture divided into 4 equal portions of 250 g each. Each portion placed in a 1000 ml plastic container with a mixture of 400 ml of deionized water and 20 g of a surfactant solution prepared by dissolving 1.79 g of oleic acid in 100 ml of 2.5 % ammonium hydroxide solution. A powerful neodymium magnet, 3.8 cm in diameter and 1.9 cm in height, was placed under the bottom of the plastic container. The mixture was mechanically stirred for 30 minutes with a stirrer (Arrow Engineering, Inc.). The contents of the plastic container were then carefully transferred (during this procedure, a Ne-magnet was kept under the container) into a beaker. The next portion of 250 g of food and liquid microtracer placed in the same container and the procedure repeated again. The same procedure used for the third and fourth servings. After processing the

fourth portion, the bottom of the container washed with 50-80 ml of deionized water. The black-brown ring of ferromagnetic sediment at the bottom of the plastic container contains the  $\text{Fe}_x\text{Co}_y\text{O}_z$  nanotracer extracted from the feed sample along with the iron-containing particles originally present in the feed.

A mixture of 70 ml of deionized water and 10 g of a surfactant solution which was prepared by dissolving 1.79 g of oleic acid in 100 ml of 2.5 % ammonium hydroxide solution was added to a plastic container (with a mixture of ferromagnetic products extracted from the feed). The contents of the container mechanically stirred for 30 min using a stirrer, which resulted in dispersion of the nanotracer in the surfactant solution. The prepared suspension filtered from insoluble iron particles through Whatman No.1 filter paper.

Potential applications for the prepared stable suspension of the  $\text{Fe}_x\text{Co}_y\text{O}_z$  nanotracer include the validation of liquid feed mixing, as well as the coding of liquid additives such as enzymes and the evaluation of their distribution in premixes and final feeds.

### **Conclusions**

1. A method for obtaining a ferromagnetic nanotracer based on iron and cobalt oxides  $\text{Fe}_x\text{Co}_y\text{O}_z$  has developed and the possibility of forming a stable nanotracer suspension in aqueous solutions of surfactants was shown.

2. The particle size of the nanotracer was determined by the NTA method based on direct visualization and analysis of nanoparticles in aqueous media containing two types of surfactants.

3. The possibility of using the  $\text{Fe}_x\text{Co}_y\text{O}_z$  nanotracer to assess the quality of liquid feed mixing in laboratory and industrial conditions was demonstrated.

### **REFERENCES**

Barashkov N., Eisenberg D., Irgibayeva I., Mendigaliyeva S., Barashkova I., 2019 — *Barashkov N., Eisenberg D., Irgibayeva I., Mendigaliyeva S., Barashkova I.* Ferromagnetic nano-sized microtracers and method of their identification, US Provisional patent application, 2019.

Barashkov N., Eisenberg D., Eisenberg S., Mohnke J., 2008 — *Barashkov N., Eisenberg D., Eisenberg S., Mohnke J.* Ferromagnetic microtracers and their use in feed applications, XII Int. Feed Technol. Symp. Novi Sad, 2008.

Byland J.K., Shi Y., Parker D.S., Zhao J., Ding S., Mata R., Magliari H.E., Palasyuk A., Bud'ko S.L., Canfield P.C., Klavins P., Taufour V., 2022 — *Byland J.K., Shi Y., Parker D.S., Zhao J., Ding S., Mata R., Magliari H.E., Palasyuk A., Bud'ko S.L., Canfield P.C., Klavins P., Taufour V.* Statistics on magnetic properties of Co compounds: A database-driven method for discovering Co-based ferromagnets, *Phys. Rev. Materials*, 6:063803. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevMaterials.6.063803>.

Çiftci I., Ercan A., 2003 — *Çiftci I., Ercan A.* Effects of diets of different mixing homogeneity on performance and carcass traits of broilers. *Journal of Animal and Feed Sciences*, 12(1): 163–171. <https://doi.org/10.22358/jafs/67693/2003>.

Dragovic R.A., Gardiner C., Brooks A.S., Tannetta D.S., Ferguson D. J. P., Hole P., Carr R.J.G., Redman C.W.G., Harris A.L., Dobson P.J., Harrison P., Sargent I.L., 2011 — *Dragovic R.A., Gardiner C., Brooks A.S., Tannetta D.S., Ferguson D. J. P., Hole P., Carr R.J.G., Redman C.W.G., Harris A.L., Dobson P.J., Harrison P., Sargent I.L.* Sizing and phenotyping of cellular vesicles using Nanoparticle Tracking Analysis, *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine*, 7(6):780–788. DOI: [10.1016/j.nano.2011.04.003](https://doi.org/10.1016/j.nano.2011.04.003).

- Eisenberg S., 1987 — *Eisenberg S.* Microingredient containing tracer, US Pat.4,654,165, 1987.
- Eisenberg S., 1980 — *Eisenberg S.* Protected iron tracer composition and method of making, US Pat. 4,188,408, 1980.
- Eisenberg S., 1979 — *Eisenberg S.* Tracer-containing composition, US Pat.4,152,271, 1979.
- Enfrin M., Hachemi C., Hodgson P.D., Jegatheesan V., Vrouwenvelder J., Callahan D.L., Dumée L.F., 2021 — *Enfrin M., Hachemi C., Hodgson P.D., Jegatheesan V., Vrouwenvelder J., Callahan D.L., Dumée L.F.* Nano/micro plastics – Challenges on quantification and remediation: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 42:102128. doi: 10.1016/j.jwpe.2021.102128.
- Groesbeck C.N., Goodband R.D., Tokach M.D., Dritz S.S., Nelssen J.L., DeRouche J.M., 2007 — *Groesbeck C.N., Goodband R.D., Tokach M.D., Dritz S.S., Nelssen J.L., DeRouche J.M.* Diet mixing time affects nursery pig performance, *Journal of Animal Science*, 85(7):1793–1798. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0019>.
- Hole P., Sillence K., Hannell C., Maguire M.C., Roesslein M., 2013 — *Hole P., Sillence K., Hannell C., Maguire M.C., Roesslein M.* Interlaboratory comparison of size measurements on nanoparticles using nanoparticle tracking analysis (NTA), *J. Nanoparticle Res.* 15 (12):2101. DOI: 10.1007/s11051-013-2101-8
- Irgibaeva I., Barashkov N., Mantel A., Mendigaliyeva S., 2020 — *Irgibaeva I., Barashkov N., Mantel A., Mendigaliyeva S.* Способ получения ферромагнитных наночастиц Патент.
- ISO 11843-3:2003. Capability of detection — Part 3: Methodology for determination of the critical value for the response variable when no calibration data are used.
- Kole M., Khandeka S., 2021 — *Kole M., Khandeka S.* Engineering applications of ferrofluids: A review, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 537(1)168222. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2021.168222>.
- Malloy A., Carr B., 2006 — *Malloy A., Carr B.* NanoParticle Tracking Analysis - The Halo™ System. *Particle & Particle Systems Characterization*, 23(2):197–204. doi:10.1002/ppsc.200601031.
- McCoy R.A., Behnke K.C., Hancock J.D., McCellhiney R.R., 1994 — *McCoy R.A., Behnke K.C., Hancock J.D., McCellhiney R.R.* Effect of mixing uniformity on broiler chick performance, *Poultry Science*, 73(3):443–451. <https://doi.org/10.3382/ps.0730443>.
- Robinson M.C., 2004 — *Robinson M.C.* System, apparatus and method for marking and tracking bulk flowable material, US Pat. 6,796,504, 2004.
- Rocha A.G., Dilkin P., Neto R.M., Schaefer C., Mallmann C.F., 2022 — *Rocha A.G., Dilkin P., Neto R.M., Schaefer C., Mallmann C.F.* Growth performance of broiler chickens fed on feeds with varying mixing homogeneity, *Veterinary and Animal Science*, 17:100263, <https://doi.org/10.1016/j.vas.2022.100263>.
- Sakhno T., Korotkova I., Barashkov N., 2017 — *Sakhno T., Korotkova I., Barashkov N.* The investigation of segregation of ferromagnetic microtracers from premixes: results of testing in model conditions and during of delivery and storage, *Grain Products and Mixed Fodder's*, 17(2):28–33. <https://doi.org/10.15673/gpmf.v17i2.527>.
- Sudol J.J., 1977 — *Sudol J.J.* Superparamagnetic wax compositions useful in magnetic levitation separations, US Pat 4,025,448, 1977.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY  
OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227  
Volume 345, Number 1 (2023), 293–303  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.202>  
UDC 637.146.34

© **Zh.D. Tanatarova<sup>1\*</sup>, E.K. Assembayeva<sup>1</sup>, Z.Zh. Seidakhmetova<sup>1</sup>,  
D.E. Nurmukhanbetova<sup>2</sup>, A.B. Toktamyssova<sup>3</sup>, 2023**

<sup>1</sup>Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Narxoz University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Kazakh-Russian Medical University, Almaty, Kazakhstan.

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

## STUDY OF QUALITY AND SAFETY OF PROBIOTIC DAIRY PRODUCTS

**Tanatarova Zh.D.** — master's student, 2nd year. Almaty Technological University. Department of Food Biotechnology. Almaty, Kazakhstan

E-mail: [tanatarrova@gmail.com](mailto:tanatarrova@gmail.com). ORCID: 0000-0003-1858-1950;

**Assembayeva E.K.** — PhD. Almaty Technological University. Department of Food Biotechnology. Almaty, Kazakhstan

E-mail: [elmiraasembaeva@mail.ru](mailto:elmiraasembaeva@mail.ru). ORCID: 0000-0001-7964-7736;

**Seidakhmetova Z.Zh.** — doctor of biological sciences. Almaty Technological University. Department of Food Biotechnology. Almaty, Kazakhstan

E-mail: [s.zaure@bk.ru](mailto:s.zaure@bk.ru). ORCID: 0000-0002-9213-7391;

**Nurmukhanbetova D.E.** — candidate of Technical Sciences. Narxoz University. Almaty, Kazakhstan

E-mail: [dinara.nurmukhanbetova@narxoz.kz](mailto:dinara.nurmukhanbetova@narxoz.kz). ORCID: 0000-0002-8939-6325;

**Toktamyssova A.B.** — candidate of biological sciences. Kazakh-Russian Medical University. Almaty, Kazakhstan

E-mail: [a.toktamys@mail.ru](mailto:a.toktamys@mail.ru). ORCID: 0000-0001-9215-8291.

**Abstract.** Creating conditions for improving the well-being of people is a priority in the socio-economic policy of any state. The quality and safety of food raw materials and food is an important means of maintaining and promoting health, preventing the development of non-communicable diseases and increasing life expectancy. Goat milk as a raw material for the industrial production of dairy products has not been studied enough. Science-based technologies for the production of products based on goat's milk have not been sufficiently developed in the country. The main raw material in the production of fermented milk products is cow's milk. However, at present, goat breeding is developing rapidly. According to a number of authors, goat's milk has anti-anemic properties and is used in the treatment of gastrointestinal diseases and metabolic disorders. In this regard, the creation of special fermented milk products from goat's milk containing beneficial intestinal microflora is an urgent problem of great medical and national economic importance. The purpose of the research work is to expand the range of dairy

products with probiotic properties obtained from goat milk, to analyze the quality and safety. Therefore, in this work, the quality and safety of probiotic dairy products derived from goat's milk were studied. The results of experimental studies have shown that it is possible to obtain valuable, easily digestible, safe, diverse probiotic lactic acid products with high nutritional and biological value from goat's milk.

**Keywords:** goat milk, probiotic, yogurt, narine, quality, microbiological safety, food safety

© **Ж.Д. Танатарова<sup>1\*</sup>, Э.К. Асембаева<sup>1</sup>, З.Ж. Сейдахметова<sup>1</sup>, Д.Е. Нурмуханбетова<sup>2</sup>, А.Б. Токтамысова<sup>3</sup>, 2023**

<sup>1</sup>Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Нархоз университеті, Алматы, Қазақстан;

<sup>3</sup>Қазақстан-Ресей медициналық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: tanatarrova@gmail.com

## ПРОБИОТИКАЛЫҚ СҮТ ӨНІМДЕРІНІҢ САПАСЫ МЕН ҚАУІПСІЗДІГІН ЗЕРТТЕУ

**Танатарова Ж.Д.** — 2 курс магистранты. Алматы технологиялық университеті. «Тағамдық биотехнология» кафедрасы. Алматы, Қазақстан

Электрондық пошта: tanatarrova@gmail.com. ORCID: 0000-0003-1858-1950;

**Асембаева Э.К.** — PhD. Алматы технологиялық университеті. «Тағамдық биотехнология» кафедрасы. Алматы, Қазақстан

E-mail: elmiraasembaeva@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7964-7736;

**Сейдахметова З.Ж.** — биология ғылымдарының докторы. Алматы технологиялық университеті. «Тағамдық биотехнология» кафедрасы, Алматы, Қазақстан

E-mail: s.zaure@bk.ru. ORCID: 0000-0002-9213-7391;

**Нурмуханбетова Д.Е.** — техника ғылымдарының кандидаты. Нархоз университеті. Алматы, Қазақстан

E-mail: dinara.nurmukhanbetova@narхоз.kz. ORCID: 0000-0002-8939-6325;

**Токтамысова А.Б.** — биология ғылымдарының кандидаты. Қазақстан-Ресей медициналық университеті. Алматы, Қазақстан

E-mail: a.toktamys@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9215-8291.

**Аннотация.** Халықтың әл-ауқатын арттыруға жағдай жасау кез келген мемлекеттің әлеуметтік-экономикалық саясатының басым бағыты болып табылады. Азық-түлік шикізаты мен тағам өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігі денсаулықты сақтау мен нығайтудың, жұқпалы емес аурулардың дамуын болдырмаудың және өмір сүру ұзақтығын арттырудың маңызды құралы болып табылады. Ешкі сүті, сүт өнімдерінің өнеркәсіптік өндірісі үшін шикізат ретінде, жеткілікті зерттелмеген. Ешкі сүтіне негізделген өнімдердің ғылыми негізделген технологиялары жасалған жоқ. Сүтқышқылды өнімдерді өндіруде негізгі шикізат сиыр сүті болып табылады. Алайда қазіргі таңда ешкі шаруашылығы қарқынды дамып келеді. Бірқатар авторлардың пікірінше, ешкі сүтінің анемияға қарсы қасиеттері бар және ол асқазан-ішек аурулары мен зат алмасу бұзылыстарын емдеуде қолданылады. Осыған байланысты,

құрамында пайдалы ішек микрофлорасының түрлері бар ешкі сүтінен арнайы сүт өнімдерін жасау маңызды медициналық және ұлттық экономикалық маңызы бар өзекті мәселе болып табылады. Зерттеу жұмысының мақсаты ешкі сүтінен алынатын пробиотикалық қасиеттері бар сүт өнімдерінің ассортиментін көбейту, олардың сапасы мен қауіпсіздік көрсеткіштеріне талдаулар жүргізу. Тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері, ешкі сүтінен бағалы, жеңіл сіңетін тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары, қауіпсіз әртүрлі пробиотикалық сүтқышқылды өнімдер алуға болатынын көрсетті.

**Түйін сөздер:** ешкі сүті, пробиотик, йогурт, наринэ, сапа, микробиологиялық қауіпсіздік, азық-түлік қауіпсіздігі

© **Ж.Д. Танатарова<sup>1\*</sup>, Э.К. Асембаева<sup>1</sup>, З.Ж. Сейдахметова<sup>1</sup>, Д.Е. Нурмуханбетова<sup>2</sup>, А.Б. Токтамысова<sup>3</sup>, 2023**

<sup>1</sup>Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Университет Нархоз, Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Казахстанско-Российский медицинский университет,  
Алматы, Казахстан.

E-mail: tanatarrova@gmail.com

## **ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОБИОТИЧЕСКИХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ**

**Танатарова Ж.Д.** — магистрант 2 курса. Алматинский технологический университет, кафедра «Пищевая биотехнология». Алматы, Казахстан

E-mail: tanatarrova@gmail.com. ORCID: 0000-0003-1858-1950;

**Асембаева Э.К.** — PhD. Алматинский технологический университет, кафедра «Пищевая биотехнология». Алматы, Казахстан

E-mail: elmiraasembaeva@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7964-7736;

**Сейдахметова З.Ж.** — доктор биологических наук. Алматинский технологический университет, кафедра «Пищевая биотехнология». Алматы, Казахстан

E-mail: s.zaure@bk.ru. ORCID: 0000-0002-9213-7391;

**Нурмуханбетова Д.Е.** — кандидат технических наук. Университет Нархоз. Алматы, Казахстан

E-mail: dinara.nurmukhanbetova@narхоз.kz. ORCID: 0000-0002-8939-6325;

**Токтамысова А.Б.** — кандидат биологических наук. Казахстанско-Российский Медицинский Университет. Алматы, Казахстан

E-mail: a.toktamys@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9215-8291.

**Аннотация.** Создание условий для повышения благосостояния людей является приоритетным направлением социально-экономической политики любого государства. Качество и безопасность продовольственного сырья и продуктов питания является важным средством сохранения и укрепления здоровья, предупреждения развития неинфекционных заболеваний и увеличения продолжительности жизни. Козье молоко как сырье для промышленного производства молочной продукции изучено недостаточно. Не разработаны научно обоснованные технологии производства продуктов на

основе козьего молока. Основным сырьем при производстве кисломолочных продуктов является коровье молоко. Однако в настоящее время козоводство стремительно развивается. По данным ряда авторов, козье молоко обладает антианемическими свойствами и применяется при лечении желудочно-кишечных заболеваний и нарушений обмена веществ. В связи с этим создание специальных кисломолочных продуктов из козьего молока, содержащих полезную микрофлору кишечника, является актуальной проблемой, имеющей важное медицинское и народнохозяйственное значение. Цель научно-исследовательской работы расширить ассортимент молочных продуктов с пробиотическими свойствами, получаемых из козьего молока, провести анализ качества и безопасности. Результаты экспериментальных исследований показали, что из козьего молока можно получать ценные, легкоусвояемые, безопасные, разнообразные пробиотические кисломолочные продукты с высокой пищевой и биологической ценностью.

**Ключевые слова:** козье молоко, пробиотик, йогурт, наринэ, качество, микробиологическая безопасность, безопасность пищевых продуктов

### Кіріспе

Халықты функционалды азық-түлікпен қамтамасыз ету мәселесін шешуде жетекші рөлді сүт өнеркәсібі алады. Сүт теңдестірілген құрамы бар, тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары өнімдерді жасауға, сүт өнімдерінің ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді. Ең кең таралған және танымал функционалдық тамақ өнімдеріне, ең алдымен, адамның микробтық экологиясын, ең алдымен оның асқазан-ішек жолдарының микрофлорасын сақтауға және қалпына келтіруге көмектесетін өнімдер жатады. Бүгінгі күні азық-түлік өнімдерінің кең ассортименті ішінен сатып алушы көбінесе табиғилығы, денсаулыққа пайдасы, әдеттен тыс дәмі, ыңғайлылығы және т.б. сияқты қосымша қасиеттері мен артықшылығы барларын тандайды. Көптеген әлемдік өндірушілер осы үрдістерді ұстануға тырысады және адамдар үшін жаңа шешімдер ұсынады (Канарейкин и др., 2016).

Сүт өнімдерін өндірудің негізгі шикізаты – сыыр сүті. Дүние жүзінде ол бірінші орында және 83,5 % құрайды, ал ешкі сүті 3 орында және 2,2 % құрайды. Ешкі сүті қоректік заттардың сапалық және сандық арақатынасына деген қажеттілікті қанағаттандырады. Оның антиаллергиялық қасиеттері бар, бұл ең алдымен оның ақуыздық құрамына байланысты (Щетинина и др., 2020; Гаврилова и др., 2019; Маханбетова және т.б., 2022; Гаврилова и др., 2019).

Жоғары тұтынушылық сапалар, оны геронтологияда қолданудың тиімділігі, ешкі сүтін ана сүтін алмастырғыш ретінде пайдаланудың дәлелденген тиімділігі көпжылдық тәжірибемен және соңғы зерттеулермен расталған, бұл өнімді нарықта иммуномодуляциялық қасиеттері бар емдік-профилактикалық өнім ретінде ұсыныстар жасауға мүмкіндік береді (Мироненко и др., 2015; Скиба и др., 2017; Боровик и др., 2017; Shao et al., 2014).

Ешкі сүтін өңдеу өнімдері өндірісінің тұрақты жұмыс істеуі үшін оның



сыыр сүтінен ерекшеленетін физика-химиялық қасиеттерін ескеру қажет. Ешкі сүті сыыр сүтінен май фракциясының дисперсиясының жоғарылауымен (май түйіршіктерінің мөлшері 10–15 есе аз) және майының құрамында қысқа тізбекті қанықпаған қышқылдардың (линол және линолен қышқылдары) көп болуымен ерекшеленетіні белгілі. Ешкі сүтінің ақуызының негізгі фракциясы  $\beta$ -казеинмен (сыыр –  $\alpha$ s-казеиндер), ал сарысу ақуыздары  $\alpha$ -лактоальбуминмен (сыыр сүтінде –  $\beta$ -лактоглобулин) болуымен ерекшеленеді (Гетманец, 2016; Скидан и др., 2015). Бұл физика-химиялық айырмашылықтарды технологиялық үрдісте ескеру қажет, өйткені олар сүттің технологиялық процестерінде болатын биохимиялық және реологиялық өзгерістердің айырмашылығын тудырады.

Азық-түлік өнімдерінің сапасын және оны өндіру процесін бақылау сапаны басқарудың құрамдас бөлігі болып табылады және жоғары сапалы өнім өндірудің негізі болып табылады.

Зерттеу жұмысының мақсаты ешкі сүтінен алынатын пробиотикалық қасиеттері бар сүт өнімдерінің ассортиментін көбейту, олардың сапасы мен қауіпсіздік көрсеткіштеріне талдаулар жүргізу.

#### **Зерттеу нысаны мен әдістері**

Зерттеу нысаны ретінде ешкі сүті үлгілері, Украинада «VIVO» компаниясында шығарылған құрамы *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis* тұратын йогурт және *Lactobacillus acidophilus* *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* *Streptococcus thermophilus* *Bifidobacterium lactis* (2 штамм) тұратын наринэ сүтқышқылды өнімдерін алуға алынған ұйытқылар; ешкі сүтінен дайындалған йогурт пен наринэ алынды.

№1 – йогурт;

№2 – наринэ.

Осы дайын ұйытқыларды ешкі сүтіне қосып,  $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$  температурада 9–10 сағат ашытылып, пробиотикалық сүтқышқылды өнімдер алынып, осы өнімдердің сапалық көрсеткіштері анықталды.

Зерттеу барысында келесі классикалық әдістер қолданылды:

Сүтқышқылды өнімдердегі ақуыздың массалық үлесі МЕМСТ 34454 бойынша Къельдал әдісімен анықталды (ГОСТ 34454–2018, 2018).

Майдың массалық үлесі МЕМСТ 5867 сәйкес қышқылдық әдіспен анықталды (ГОСТ 5867–90, 2009).

Лактозаның массалық үлесі МЕМСТ Р 54760–2011 өнімділігі жоғары сұйық хроматография әдісімен анықталды (ГОСТ Р 54760–2011, 2019).

Титрлеу қышқылдығы МЕМСТ 3624 бойынша анықталды. Әдіс фенолфталеин индикаторының қатысуымен өнімнің құрамындағы қышқылдар мен олардың тұздарын күйдіргіш сілтінің ерітіндісімен бейтараптандыруға негізделген (ГОСТ 3624–92, 2011).

Фосфотаза МЕМСТ 3623 бойынша анықталды (ГОСТ 3623–2015, 2019).

Зерттеу жұмыстары Алматы технологиялық университетінің «Тағамдық

биотехнология» кафедрасының және «Тамақ қауіпсіздігі» ғылыми зерттеу институтының зертханасында жүргізілді.

Тәжірибелік зерттеулер 5–7 рет қайталана отырып орындалып, орташа арифметикалық мәндері алынды.

### **Зерттеу нәтижелері және оны талдау**

Талдаудың бастапқы кезеңінде ешкі сүтінен дайындалған пробиотикалық сүтқышқылды өнімдердің сапалық көрсеткіштерін анықтау мақсатында кейбір физика-химиялық көрсеткіштеріне талдаулар жүргізілді, нәтижесі төмендегі 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1. Пробиотикалық сүтқышқылды өнімдердің физика-химиялық көрсеткіштері

Көрсеткіштер	№1	№2
Ақуыздың массалық үлесі, %	3,46±0,03	3,42±0,02
Майдың массалық үлесі, %	4,34±0,02	4,30±0,04
Лактозаның массалық үлесі, %	3,0±0,03	2,6±0,02
Титрлеу қышқылдығы, °Т	78,5±0,5	87,2±0,5
Фосфатаза	табылмады	табылмады

Кестедегі нәтижелерден йогурт үлгісінде ақуыздың массалық үлесі – 3,46±0,03%, майдың массалық үлесі – 4,34±0,02 %, лактозаның массалық үлесі – 3,0±0,03 %; наринэ үлгісінде ақуыздың массалық үлесі – 3,42±0,02 %, майдың массалық үлесі – 4,30±0,04 %, лактозаның массалық үлесі – 2,6±0,02 % болды. Титрлеу қышқылдығы йогуртта 78,5±0,5°Т көрсетсе, наринэде 87,2±0,5 °Т көрсетті.

Зерттелген үлгілерде фосфатаза ферменті табылмады, бұл термиялық өңдеу режимінің сақталуын, яғни пастерлеу үрдісінің дұрыс жүргендігін айқындайды.

Тамақтанудың халық денсаулығына әсері тұтынылатын тамақ өнімдерінің түрі мен массасымен ғана емес, сонымен бірге олардың құрамындағы улы заттардың (ауыр металдар, пестицидтер, микотоксиндер, антибиотиктер) болатын қауіптілігімен де анықталады.

Шикізат пен азық-түлік өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігі, халықтың денсаулығы, еңбек белсенділігі және сайып келгенде, ел экономикасының даму қарқыны химиялық-технологиялық, органолептикалық және микробиологиялық көрсеткіштермен бағаланады.

Микробиологиялық көрсеткіштер тағамдық өнімнің сапасын ғана емес, ең алдымен оның қауіпсіздігін де бағалауға мүмкіндік береді. Олар зерттелетін өнімдегі микроорганизмдердің сандық және сапалық құрамын қамтиды. Көбінесе зиянсыз болып көрінетін тағам өнімдері ауыр тамақтан улануды немесе тіпті тамақ инфекциясын тудыруы мүмкін. Азық-түлік өнімінде кездесетін микроорганизмдер оған шикізаттан бастап дайын өнімге дейін, оның ішінде өнімді орау, сақтау және тасымалдауды қоса алғанда,

дайындаудың бүкіл технологиялық тізбегі бойына ене алады (Мойсеяк и др., 2022).

Жұмысты орындау барысында ешкі сүтінен алынған пробиотикалық сүтқышқылды өнімдердің микробиологиялық қауіпсіздігін анықтау мақсатында олардың құрамындағы мезофильді аэробты және факультативті анаэробты микроорганизмдер мөлшері (МАФАНММ), ішек таяқшасы тобындағы бактериялар (ІТТБ; колиформдар), патогенді бактериялардың, соның ішінде сальмонеллалар, *Staphylococcus aureus*, ашытқылар, зендердің болуына талдаулар жүргізілді, нәтижесі 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2. Пробиотикалық сүтқышқылды өнімдердің микробиологиялық көрсеткіштері

Микробиологиялық көрсеткіштер	Норма	№1	№2	Талдау әдістері
МАФАНММ, КТБ/см <sup>3</sup> (г)	1x10 <sup>5</sup>	1,2x10 <sup>3</sup>	1,4x10 <sup>3</sup>	МЕМСТ 1044.15.94
1г өнімдегі ішек таяқшасы тобындағы бактериялар (колиформдар)	Рұқсат етілмейді	Табылмады	Табылмады	МЕМСТ 32901–2014
Зең саңырауқұлақтарының мөлшері, 1 г өнімдегі КТБ/см <sup>3</sup> (г), көп емес	50	28	27	МЕМСТ 33566–2015
Ашытқы мөлшері, 1 г өнімдегі КТБ/ см <sup>3</sup> (г), көп емес	100	52	51	МЕМСТ 33566–2015
Патогенді микроорганизмдер, соның ішінде сальмонелла, 25 г өнімде	Рұқсат етілмейді	Табылмады	Табылмады	МЕМСТ 31659–2012
<i>Staphylococcus aureus</i> 1 г өнімде	Рұқсат етілмейді	Табылмады	Табылмады	МЕМСТ 30347–2016

Микробиологиялық зерттеу нәтижелерінен пробиотикалық сүтқышқылды өнімдерде ішек таяқшасы тобындағы бактериялар, патогенді микроорганизмдер, соның ішінде сальмонеллалар, *Staphylococcus aureus* табылмады, ал мезофильді аэробты факультативті анаэробты микроорганизмдер, ашытқы мен зең саңырауқұлақтары рұқсат етілген шектен аспады.

ФАО/ДДСҰ біріккен комиссиясы әзірлеген халықаралық талаптарға сәйкес, ең алдымен, азық-түлік өнімдеріндегі уытты элементтер – Pb, Cd, As, Hg, Zn, Cu құрамын бақылау қажет. Қазіргі уақытта азық-түлік шикізаты мен азық-түлік өнімдерінің әртүрлі топтарындағы улы элементтер құрамының рұқсат етілген деңгейлері анықталды. Бұл жұмыста пробиотикалық сүтқышқылды өнімдердің құрамындағы барлық улы элементтерден қорғасын, кадмий, мышьяк және сынап мөлшері анықталды.

Афлатоксиндер тіпті кішігірім дозаларда да өте қауіпті: өткір улануды тудырмай, олар бауырдың және басқа органдардың қатерлі ісіктерін қоздыруға қабілетті, өйткені бұл токсиндер канцерогендік әсерге ие. Бүгінгі күні бір-бірінен канцерогендік дәрежесі бойынша ерекшеленетін афлатоксиндердің 10 изомері белгілі.

Пестицидтер – өсімдіктердің зиянкестерімен және ауруларымен, арамшөптермен, сақталған ауыл шаруашылығы өнімдерінің зиянкестерімен,

үй зиянкестерімен және жануарлардың сыртқы паразиттерімен күресу үшін, сондай-ақ өсімдіктердің өсуін реттеу, егін жинау алдында жою және жапырақтарды кептіру үшін қолданылатын химиялық немесе биологиялық препараттардың үлкен тобы.

Жұмыстың барысында сонымен қатар пробиотикалық сүтқышқылды өнімдердің кейбір қауіпсіздік көрсеткіштері; уытты элементтер, микотоксиндер, пестицидтер анықталды, нәтижесі төмендегі 3-кестеде келтірілген.

Кесте 3. Пробиотикалық сүтқышқылды өнімдердің қауіпсіздік көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Аттары	Рұқсат етілген деңгейлер, мг/кг (л), артық емес	№ 1	№2	Талдау әдістері
Уытты элементтер:	қорғасын	0,1	0,002	0,002	МЕМСТ 30178–96
	мышьяк	0,05	табылмады		МЕМСТ Р 51766–2011
	кадмий	0,03	0,003	0,002	МЕМСТ 30178–96
	сынап	0,005	табылмады		МЕМСТ 26927–86
Микотоксиндер:	афлатоксин М1	0,0005	табылмады		МЕМСТ 30711–2011
Пестицидтер:	гексахлорциклогексан (α, β, γ - изомерлер)	0,05	табылмады		МЕМСТ 23452–2015
	ДДТ және оның метаболиттері	0,05	табылмады		МЕМСТ 23452–2015

3-кестедегі алынған нәтижелерден сүт өнімдерінде қорғасын, кадмий рұқсат етілген деңгейде болғанын, ал мышьяк, сынап, афлатоксин М1, гексахлорциклогексан, ДДТ және оның метаболиттері табылмағанын көруге болады.

Көбінесе антибиотиктер азық-түлік өнімдеріне жануарлардан алынатын шикізаттан түседі. Сүтте стрептомицин, пенициллин және басқа антибиотиктердің болуы осы препараттарды жануарларды емдеуге қолданумен байланысты болуы мүмкін. Антибиотиктерді профилактикалық және өсуді ынталандыратын агенттер ретінде интенсивті қолдану және жануарларды емдегеннен кейін сүтті қабылдамау мерзімдерін бұзу нәтижесінде алынған шикі сүтте осы препараттардың қалдық мөлшері жиі болуының себебі болып табылады, бұл: адам ағзасында аллергиялық реакцияларды тудырады, ас қорыту жүйесін бұзады, дисбактериоз тудырады; сүтті өңдеудің технологиялық процесін бұзады (ірімшік және ашытылған сүт өнімдерін өндіру); сүт өңдеу кәсіпорындарына экономикалық зиян келтіреді; бактериологиялық зерттеулер жүргізуде қиындықтар туғызады. Белгілі бір ауылшаруашылық өніміндегі антибиотиктердің қалдық мөлшерін анықтап қана қоймай, олардың азық-түлік өнімдері мен шикізатқа түсу себептерін анықтап, кейіннен осы себептерді жою үшін қажетті шараларды қабылдау қажет.

Жұмыста пробиотикалық сүтқышқылды өнімдердің құрамындағы антибиотиктер мөлшерін анықтау үшін талдаулар жүргізілді, нәтижесі төмендегі 4-кестеде келтірілген.

Кесте 4. Пробиотикалық сүтқышқылды өнімдердің құрамындағы антибиотиктер мөлшері

Антибиотиктер	Норма	№1	№2	Талдау әдістері
Левомецетин	Рұқсат етілмейді (0,003 бірлік/г аз)	табылмады	табылмады	МЕМСТ 33526–2015
Тетрациклин тобы	Рұқсат етілмейді (0,01 бірлік/г аз)	табылмады	табылмады	МЕМСТ 33526–2015
Стрептомицин	Рұқсат етілмейді (0,5 бірлік/г аз)	табылмады	табылмады	МЕМСТ 33526–2015
Пенициллин	Рұқсат етілмейді (0,004 бірлік/г аз)	табылмады	табылмады	МЕМСТ 33526–2015

Алынған талдау нәтижелерінен ешкі сүтінен дайындалған пробиотикалық сүтқышқылды өнімдердің құрамынан антибиотиктер табылмады.

### Қорытынды

Тәжірибелік зерттеулердің нәтижелері, ешкі сүтінен бағалы, жеңіл сіңетін, тағамдық және биологиялық құндылығы жоғары, қауіпсіз әртүрлі пробиотикалық сүтқышқылды өнімдер алып, ешкі сүтінен алынатын өнімдердің ассортиментін көбейтуге болатынын көрсетті.

### ӘДЕБИЕТТЕР

Канарейкин В.И., Ребезов М.Б., Бикбова Р.А., 2016 - *Канарейкин В.И., Ребезов М.Б., Бикбова Р.А.* Новый функциональный молочно-растительный йогурт // Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства, 19 (2), 255–260.

Щетинина Е.М., Гаврилова Н.Б., Чернопольская Н.Л., 2020 - *Щетинина Е.М., Гаврилова Н.Б., Чернопольская Н.Л.* Разработка технологии обогащенного йогурта на основе козьего молока-сырья // Ползуновский вестник, (2), 75–77.

Гаврилова Н.Б., Щетинина Е.М., 2019 - *Гаврилова Н.Б., Щетинина Е.М.* Козье молоко – биологически полноценное сырьё для специализированной пищевой продукции // Хранение и переработка сельхозсырья, (1), 66–75.

Маханбетова К.М., Асембаева Э.К., Нурмуханбетова Д.Е., Габдуллина Е.Ж., Илияқызы М., 2022 - *Маханбетова К.М., Асембаева Э.К., Нурмуханбетова Д.Е., Габдуллина Е.Ж., Илияқызы М.* Ешкі сүті – биологиялық толыққұнды шикізат // ҚР ҰҒА жаңалықтары. Химия және технология ғылымдарының сериясы. (4), 96–106. <https://doi.org/10.32014/2518-1491.138>.

Гаврилова Н.Б., Щетинина Е.М., 2019 - *Гаврилова Н.Б., Щетинина Е.М.* Перспективы производства специализированной пищевой продукции на основе молока коз Алтайского края // Молочная промышленность. (6), 56–57.

Мироненко И.М. Усатюк Д.А., Бондаренко Н.И., 2015 - *Мироненко И.М. Усатюк Д.А., Бондаренко Н.И.* Козье молоко. Как сказку сделать былью // Сыроделие и маслоделие. (6), 19–22.

Скиба Е.А., Шавыркина Н.А., Кукарина Е.А., 2017 - *Скиба Е.А., Шавыркина Н.А., Кукарина Е.А.* Биотехнологические особенности получения йогурта из козьего молока // Ползуновский вестник. (4), 36–41.

Боровик Т.Э., Семёнова Н.Н., Лукоянова О.Л., 2017 - *Боровик Т.Э., Семёнова Н.Н., Лукоянова*

О.Л. Эффективность использования адаптированной смеси на основе козьего молока в питании здоровых детей первого полугодия жизни: результаты многоцентрового перспективного сравнительного исследования // Вопросы современной педиатрии. 16 (3), 226–234.

Shao J. Zhou, Thomas Sullivan, Robert A. Gibson, Bo Lo`nnerdal, Colin G. Prosser, Dianne J. Lowry6 and Maria Makrides, 2014 - *Shao J. Zhou, Thomas Sullivan, Robert A. Gibson, Bo Lo`nnerdal, Colin G. Prosser, Dianne J. Lowry6 and Maria Makrides* Nutritional adequacy of goat milk infant formulas for term infants: a doubleblind randomised controlled trial // *British Journal of Nutrition* 111, 1641–1651. doi:10.1017/S0007114513004212.

Гетманец В.Н., 2016 - *Гетманец В.Н.* Кисломолочные напитки из козьего молока // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 11(145), 169–172.

Скидан И.Н., Гуляев А.Е., Казначеев К.С., 2015 - *Скидан И.Н., Гуляев А.Е., Казначеев К.С.* Жировые глобулы как детерминанты пищевой и биологической ценности козьего молока // *Вопросы питания*. 84( 2), 81–95.

ГОСТ 34454–2018 Продукция молочная. Определение массовой доли белка методом Кьельдаля. – Москва: Стандартинформ, 2018. – 12 с.

ГОСТ 5867–90 Молоко и молочные продукты. Методы определения жира. - Москва: Стандартинформ, 2009. – 14 с.

ГОСТ Р 54760–2011 Продукты молочные составные и продукты детского питания на молочной основе. Определение массовой концентрации моно- и дисахаридов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 11 с.

ГОСТ 3624–92. Молоко и молочные продукты. Титриметрические методы определения кислотности. – Москва: Издательство стандартов, 2001. – 10 с.

ГОСТ 3623–2015 Молоко и молочные продукты. Метод определения пастеризация. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 11 с.

Мойсеяк М.Б., Ильяшенко Н.Г., Гришин А.Г., 2022 - *Мойсеяк М.Б., Ильяшенко Н.Г., Гришин А.Г.* Микробиологическая безопасность при производстве пищевых продуктов. *Вестник Медицинского института непрерывного образования*. (3) 64–67. DOI 10.46393/27821714\_2022\_3\_64.

## REFERENCES

Kanareykin V.I., Rebezov M.B., Bikbova R.A., 2016 - *Kanareykin V.I., Rebezov M.B., Bikbova R. A.* New functional dairy-vegetable yogurt // *Actual problems of intensive animal development*, (19 (2)), 255–260.

Shchetinina E.M., Gavrilova N.B., Chernopolskaya N.L., 2020 - *Shchetinina E.M., Gavrilova N.B., Chernopolskaya N.L.* Development of technology for enriched yogurt based on raw goat milk // *Polzunovskiy vestnik*, (2), 75–77.

Gavrilova N.B., Shchetinina E.M., 2019 - *Gavrilova N.B., Shchetinina E.M.* Goat milk is a biologically valuable raw material for specialized food products // *Storage and processing of agricultural raw materials*, (1), 66–75.

Makhanbetova K.M., Assembayeva E.K., Nurmukhanbetova D.E, Gabdullina E.Zh., Iliyaskyzy M., 2022 - *Makhanbetova K.M., Assembayeva E.K., Nurmukhanbetova D.E, Gabdullina E.Zh., Iliyaskyzy M.* Goat's milk – whole biological raw material // *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Chemistry and technology sciences* (4), 96–106. <https://doi.org/10.32014/2518-1491.138>.

Gavrilova N.B., Shchetinina E.M., 2019 - Prospects for the production of specialized food products based on the milk of goats of the Altai Territory // *Dairy industry*. (6), 56–57.

Mironenko I.M., Usatyuk D.A., Bondarenko N.I., 2015 - *Mironenko I.M., Usatyuk D.A., Bondarenko N.I.* Goat milk. How to make a fairy tale come true // *Cheese making and butter making*. (6), 19–22.

Skiba E.A., Shavyrkina N.A., Kukarina E.A., 2017 - *Skiba E.A., Shavyrkina N.A., Kukarina E.A.* Biotechnological features of obtaining yogurt from goat's milk // *Polzunovskiy vestnik*.(4), 36–41.

Borovik T.E., Semenova N.N., Lukoyanova O.L., 2017 - *Borovik T.E., Semenova N.N., Lukoyanova O.L.* The effectiveness of the use of an adapted mixture based on goat's milk in the nutrition of healthy children in the first six months of life: results of a multicenter prospective comparative study // *Questions of modern pediatrics.* (16 (3)), 226–234.

Shao J. Zhou, Thomas Sullivan, Robert A. Gibson, Bo Lønnerdal, Colin G. Prosser, Dianne J. Lowry and Maria Makrides, 2014 - *Shao J. Zhou, Thomas Sullivan, Robert A. Gibson, Bo Lønnerdal, Colin G. Prosser, Dianne J. Lowry and Maria Makrides* Nutritional adequacy of goat milk infant formulas for term infants: a double-blind randomised controlled trial // *British Journal of Nutrition.* (111), 1641–1651. doi:10.1017/S0007114513004212.

Getmanets V.N., 2016 - *Getmanets V.N.* Sour-milk drinks from goat's milk // *Bulletin of the Altai State Agrarian University.* (11(145)), 169–172.

Skidan I.N., Gulyaev A.E., Kaznacheev K.S., 2015 - *Skidan I.N., Gulyaev A.E., Kaznacheev K.S.* Fat globules as determinants of nutritional and biological value of goat's milk // *Food Issues.* (84( 2)), 81–95.

GOST 34454–2018 Production thrush. Determination of mass protein by the Kjeldahl method. - Moscow: Standartinform, 2018. - 12 p.

GOST 5867–90 Milk and dairy products. Methods for determining fat. - Moscow: Standartinform, 2009. - 14 p.

GOST R 54760–2011 Dairy products and milk-based baby food products. Determination of the mass concentration of mono- and disaccharides by the method of high-performance liquid chromatography. - Moscow: Standartinform, 2019. - 11 p.

GOST 3624–92. Milk and dairy products. Titrimetric methods for determining acidity. - Moscow: Publishing house of standards, 2001. - 10 p.

GOST 3623–2015 Milk and dairy products. The method of determining pasteurization. - Moscow: Standartinform, 2019. - 11 p.

Moiseyak M.B., Ilyashenko N.G., Grishin A.G., 2022 - *Moiseyak M.B., Ilyashenko N.G., Grishin A.G.* Microbiological safety in food production // *Bulletin of the Medical Institute of Continuing Education.* (3), 64–67. DOI 10.46393/27821714\_2022\_3\_64.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY  
OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227  
Volume 345, Number 1 (2023), 304–313  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.203>

UDC 547.9

**A. Tukibayeva<sup>1\*</sup>, R. Pankiewicz<sup>2</sup>, A. Zhylysbayeva<sup>3</sup>, G. Adyrbekova<sup>1</sup>,  
D. Asylbekova<sup>1</sup>, 2023**

<sup>1</sup>M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Adam Mickiewicz University in Poznan, Poznan, Poland;

<sup>3</sup>South Kazakhstan State Pedagogical University.

E-mail: [ainur\\_tukibaeva@mail.ru](mailto:ainur_tukibaeva@mail.ru)

### **SPECTROSCOPIC AND SEMIEMPIRICAL INVESTIGATIONS OF LASALOCID ESTER WITH 2,2'-TRITHIOETHANOL (LasTio) AND ITS COMPLEXES WITH MONOVALENT CATIONS**

**Tukibayeva Ainur** — candidate of Chemistry, associate professor. M. Auezov South Kazakhstan University. Department of Chemistry and pharmaceutical engineering. Shymkent, Kazakhstan  
E-mail: [ainur\\_tukibaeva@mail.ru](mailto:ainur_tukibaeva@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0002-6648-5253>;

**Pankiewicz Radosław** — PhD Chemistry, associate professor. Adam Mickiewicz University in Poznań. Department of Chemistry, Poznan, Poland  
E-mail: [radek@px.pl](mailto:radek@px.pl), <http://orcid.org/0000-0002-0929-6018>;

**Zhylysbayeva Akkongyr** — candidate of Chemistry, associate professor. South Kazakhstan State Pedagogical University. Department of Chemistry, Shymkent, Kazakhstan  
E-mail: [akkonyr@mail.ru](mailto:akkonyr@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9114-7582>;

**Adyrbekova Gulmira** — candidate of Chemistry. Associate Professor. M. Auezov South Kazakhstan University. Department of Chemistry, Shymkent, Kazakhstan  
E-mail: [adyrbekova.gulmira@mail.ru](mailto:adyrbekova.gulmira@mail.ru), <http://orcid.org/0000-0003-4411-7713>;

**Asylbekova Dina** — candidate of Chemistry, associate professor. M. Auezov South Kazakhstan university. Department of Chemistry and pharmaceutical engineering, Shymkent, Kazakhstan  
E-mail: [asylbekova.dina@inbox.ru](mailto:asylbekova.dina@inbox.ru), <http://orcid.org/0000-0001-8099-0662>.

**Abstract.** Lasalocid is the commonly used veterinary antibiotics, where it has found widespread application as an anticoccidial and to improve feed efficiency. The mechanism of action of lasalocid is clearly attributed to its ionophoric properties. Ionophore lasalocid is isolated by Berger from a strain of *Streptomyces lasaliensis* in the form of sodium salt. From among all homologues of lasalocid acid, lasalocid A, the main product of biosynthesis, shows the greatest antibacterial activity. In work, Lasalocid, necessary for experimental works was prepared in 1:1 ratio as complex of lasalocid with ethanol from sodium salt of lasalocid. We prepared the complexes of LasTio with monovalent cations by dissolving the lasalocid ester and NaClO<sub>4</sub> in equimolar quantities in acetonitrile. Perkin Elmer CHN 240 was used for the elementary analysis. In paper the results of the spectroscopic, semiempirical



investigations of lasalocid ester with 2,2'-trithioethanol (LasTio) and its complexes with monovalent cations are given. The heat of formation (HOF, kJ/mol) of LasTio and its complexes with sodium cations was calculated using the semiempirical calculations. Transmission FT-IR spectra of the ester and its complex were recorded as films on the same spectrometer. The RAIRS spectra and potentiodynamic measurements show strong chemisorption of lasalocid ester on the surface of silver. Additionally, the FT-IR study indicates that the adsorption of the LasTio molecule has no influence on its complexation ability.

**Keywords:** antibiotics, lasalocid, lasalocid ester, NMR, FT-IR spectroscopy, quantum-mechanical calculations

**А.С. Тукибаева<sup>1\*</sup>, Р. Панкевич<sup>2</sup>, А. Жылысбаева<sup>3</sup>, Г. Адырбекова<sup>1</sup>,  
Д. Асылбекова<sup>1</sup>, 2023**

<sup>1</sup>М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті,  
Шымкент, Қазақстан;

<sup>2</sup>Познаньдағы Адам Мицкевич университеті, Познань, Польша;

<sup>3</sup>Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық университеті,  
Шымкент, Қазақстан.

E-mail: ainur\_tukibaeva@mail.ru

## **ЛАЗАЛОЦИДТІҢ 2,2'-ТРИТИОЭТАНОЛМЕН ЭФИРИН (LasTio) ЖӘНЕ ОНЫҢ МОНОВАЛЕНТТІ КАТИОНДАРМЕН КОМПЛЕКСТЕРІН СПЕКТРОСКОПИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЖАРТЫЛАЙ ЭМПИРИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ**

**Түкібаева Айну́р** — химия ғылымдарының кандидаты, доцент. М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті. «Химия және фармацевтикалық инженерия» кафедрасы, Шымкент, Қазақстан

E-mail: ainur\_tukibaeva@mail.ru, [orcid.org/0000-0002-6648-5253](https://orcid.org/0000-0002-6648-5253);

**Панкевич Радослав** — PhD, доцент. Познань қаласындағы Адам Мицкевич университеті. Химия кафедрасы. Познань, Польша

E-mail: radek@px.pl, [orcid.org/0000-0002-0929-6018](https://orcid.org/0000-0002-0929-6018);

**Жылысбаева Аққоңыр** — химия ғылымдарының кандидаты, доцент. Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық университеті. Химия кафедрасы, Шымкент, Қазақстан

E-mail: akkonur@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9114-7582>;

**Адырбекова Гүлмира** — химия ғылымдарының кандидаты, доцент. М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті. Химия кафедрасы, Шымкент қ., Қазақстан

E-mail: adyrbekova.gulmira@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4411-7713>;

**Асылбекова Дина** — химия ғылымдарының кандидаты, доцент. М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті. «Химия және фармацевтикалық инженерия» кафедрасы, Шымкент, Қазақстан

E-mail: asylbekova.dina@inbox.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8099-0662>.

**Аннотация.** Лазалоцид — көп қолданылатын ветеринарлық антибиотиктердің бірі, ол антикоцидий ретінде және жемшөп тиімділігін арттыру үшін кең таралған. Лазалоцидтің әсер ету механизмі, оның

ионофорлық қасиеттеріне байланысты. Ионофор лазалоцидті Бергер *Streptomyces lasaliensis* штаммынан натрий тұзы түрінде бөліп алады. Лазалоцид қышқылының барлық гомологтарының ішінен биосинтездің негізгі өнімі лазалоцид А бактерияға қарсы анағұрлым белсенділік көрсетеді. Бұл жұмыста тәжірибелік жұмыстарға қажетті лазалоцид 1:1 қатынасында лазалоцидтің натрий тұзынан этанолмен лазалоцид кешені ретінде дайындалды. Лазалоцидті эфирді және  $\text{NaClO}_4$ -ті эквимоллярлы мөлшерде ацетонитрилде еріту арқылы бір валентті катиондармен  $\text{LasTiO}$  комплекстерін дайындадық. Элементарлы талдау үшін Perkin Elmer CHN 240 пайдаланылды. Бұл жұмыста 2,2'-третиоэтанолмен ( $\text{LasTiO}$ ) лазалоцидті эфирді және оның моновалентті катиондары бар комплекстерін спектроскопиялық, жартылай эмпирикалық зерттеу нәтижелері келтірілген.  $\text{LasTiO}$  және оның натрий катиондарымен комплекстерінің түзілу жылуы (НОФ, кДж/моль) жартылай эмпирикалық есептеулер арқылы есептелді. Күрделі эфирдің және оның комплексінің трансмиссиялық FT-IR спектрлері сол спектрометрде пленкалар түрінде жазылды. RAIRS спектрлері мен потенциодинамикалық өлшемдер күміс бетіндегі лазалоцидтік эфирдің күшті хемосорбциясын көрсетеді. Сонымен қатар, FT-IR зерттеуі  $\text{LasTiO}$  молекуласының адсорбциясы оның комплекс құру қабілетіне әсер етпейтінін көрсетеді.

**Түйін сөздер:** антибиотиктер, лазалоцид, лазалоцид эфирі, ЯМР, ИҚ-Фурье спектроскопия, кванттық механикалық есептеулер

**А.С. Тукибаева<sup>1\*</sup>, Р. Панкевич<sup>2</sup>, А. Жылысбаева<sup>3</sup>, Г. Адырбекова<sup>1</sup>,  
Д. Асылбекова<sup>1</sup>, 2023**

<sup>1</sup>М. Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова,  
Шымкент, Казахстан;

<sup>2</sup>Университет Адама Мицкевича в Познани, Польша;

<sup>3</sup>Южно-Казахстанский государственный педагогический университет,  
Шымкент, Казахстан.

E-mail: ainur\_tukibaeva@mail.ru

**СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ И ПОЛУЭМПИРИЧЕСКИЕ  
ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФИРА ЛАЗАЛОЦИДА С  
2,2'-ТРИТИОЭТАНОЛОМ (LasTio) И ЕГО КОМПЛЕКСОВ С  
ОДНОВАЛЕНТНЫМИ КАТИОНАМИ**

**Тукибаева А.С.** — к.х.н., доцент, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Кафедра химии и фармацевтической инженерии, г. Шымкент, Казахстан

E-mail: ainur\_tukibaeva@mail.ru, orcid.org/0000-0002-6648-5253;

**Панкевич Радослав** — PhD, доцент, Университет Адама Мицкевича в Познани, кафедра Химии, Познань, Польша

E-mail: radek@px.pl, orcid.org/0000-0002-0929-6018;

**Жылысбаева Акконгыр** — кандидат химических наук, доцент, Южно-Казахстанский государственный педагогический университет, кафедра «Химия», г. Шымкент, Казахстан

E-mail: akkonyr@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9114-7582>;

**Адырбекова Гულмира** — кандидат химических наук, доцент, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, кафедра «Химия», г. Шымкент, Казахстан

E-mail: adyrbekova.gulmira@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0003-4411-7713>;

**Асылбекова Дина** — кандидат химических наук, доцент, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, кафедра химии и фармацевтической техники, Шымкент, Казахстан

E-mail: asylbekova.dina@inbox.ru, <http://orcid.org/0000-0001-8099-0662>.

**Аннотация.** Лазалоцид является одним из наиболее часто используемых ветеринарных антибиотиков, где он нашел широкое применение в качестве антикокцидийного средства и для повышения эффективности корма. Механизм действия лазалоцида четко объясняется его ионофорными свойствами. Ласалоцидная кислота была впервые выделена из *Streptomyces lasaliensis* в 1951 году Бергером. Из всех гомологов лазалоцидной кислоты ласалоцид А является главным продуктом биосинтеза проявляет наибольшую антибактериальную активность. В работе ласалоцид был приготовлен в виде комплекса ласалоцида с этанолом 1:1 из натриевой соли ласалоцида. Комплексы LasTio с одновалентными катионами получали растворением эфира ласалоцида и NaClO<sub>4</sub> в эквимольных количествах в ацетонитриле. Элементарный анализ выполнен на PerkinElmer CHN 240. Приведены результаты спектроскопических, полуэмпирических исследований эфира ласалоцида с 2,2'-тритиоэтанолом (LasTio) и его комплексов с одновалентными катионами. Рассчитана теплота образования (HOF, кДж/моль) LasTio и его комплексов с катионами Na<sup>+</sup> методом PM5. Спектры пропускания FT-IR

сложного эфира и его комплекса зарегистрированы в виде пленок на том же спектрометре. Спектры RAIRS и потенциодинамические измерения указывают на сильную хемосорбцию эфира ласалоцида на поверхности серебра. Кроме того, исследование FT-IR показывает, что адсорбция молекулы LasTio не влияет на ее способность к комплексообразованию.

**Ключевые слова:** антибиотики, ласалоцид, эфир ласалоцида, ЯМР, ИК-Фурье спектроскопия, квантово-механические расчеты

### Introduction

Changes in the molecule structure caused by the introduction of substituents significantly affect the compound reactivity. The character of changes introduced by substituents is most often related to the induction, mesomeric or steric effect. A new effective method of modification of the chemical compounds' reactivity involves introduction of substituents capable of complex formation. Finding the methods of synthesis of molecules with macrocyclic substituents, capable of forming stable complexes with metal cations has opened new possibilities of modifications of the reactivity of many biologically active compounds. The formation of complexes of metal ions with ionophores being the host molecules, changes the activity and selectivity of the metal ions and the ligand molecule. Moreover, this process often involves conformational changes in the host molecule because of the electron interactions or the process of charge transfer onto the guest molecule.

One of the better-known carboxylic ionophore antibiotics is lasalocid (Huczyński et al., 2012). Despite the many desirable properties, it is characterized by high toxicity. In order to overcome the problems related this property, a study has been undertaken aimed at a modification of its chemical and hence also biological properties.

The study of biosynthesis, structure, properties and reactivity of lasalocid acid have led to the application of this compound as an ionophoric antibiotic in animal breeding (Pressman et al., 1967; Schroeder et al., 2005; 1999; Hilgenfeld et al., 1982; Westley et al., 1970; Sherman et al., 1987; Pointud et al., 1988; Antonio et al., 1991). Sodium salt of lasalocid acid is added to the fodder of cattle, sheep, poultry.

One of the most important problems of contemporary agricultural chemistry is the search for new types of compounds showing biological activity and determination of the interactions of such compounds with metal ions in order to establish a correlation between the complex structure and its biological activity.

Lasalocid belongs to linear molecules. Lasalocid acid is biologically active against gram positive bacteria, mycobacteria and coccidia (Safran et al., 1993). Poor resorption of the antibiotic from the alimentary track makes it an excellent drug against *coccidia*, especially those of the genus *Eimeria*, living in the alimentary tract of birds and mammals. Its prophylactic use as a fodder additive (20–100 g/t) for domestic birds and bred animals increases the effective ness of the fodder. Selective antibiotic activity of lasalocid acid changes the microflora of the alimentary tract leading to an increasing concentration of propionic acid at the expense of acetic

acid and butyric acid. These conditions favor more effective energy conversions in metabolic processes. The unfavorable feature of lasalocid acid is its high toxicity. The high toxicity of lasalocid acid and the ensuing limitations of its use have prompted investigation aimed at a desired modification of its chemical and hence also biological properties. The starting point was to block the acid group by ester formation, to prevent the molecule closing into a pseudo-ring by a hydrogen bond through the oxygen from the carboxyl group and the hydrogen from the hydroxyl group 027H (Pankiewicz et al., 2002; 2009; Akkurt et al., 2008).

Thereby, research on the methods for preparation of a new class of ionophores is the important directions of modern agricultural chemistry.

In previous research, we studied the synthesis of lasalocid ester with pentadecafluoro-1-octanol (LasF) and the results of semi-empirical study of its ability to form complexes with certain monovalent cations.

*The aim of the research* is the investigation of obtaining lasalocid ester with 2,2'-Trithioethanol (LasTio) and spectroscopic, semiempirical study of its complexes with monovalent cations.

*The novelty of results obtained* is the lasalocid ester with 2,2'-trithioethanol (LasTio) was synthesized for the first time and formation of its complexes with sodium cations was studied by spectroscopic and semiempirical methods.

### **Methods and materials**

*Preparation of Lasalocid ester with 2,2'-Trithioethanol.* Lasalocid was prepared as a 1:1 complex of lasalocid with ethanol from the lasalocid sodium salt following the procedure: at first, we dissolved the 1:1 complex of lasalocid-ethanol (0.01 mole) twice in 100 cm<sup>3</sup> benzene. Subsequently the solvent was evaporated. In order to remove the traces of benzene, it was evaporated under reduced pressure. Then the yellow oily residue (including about 5 % ethanol, NMR) was dissolved in 200 cm<sup>3</sup> absolute diethyl ether including 0.011 (10 % excess) mole of 2,2'-trithioethanol (Aldrich). A portion of 0.012 mole of DCC (1,3-dicyclohexylcarbodiimide) was added to the solution and the mixture was refluxed for 10h. The precipitated dicyclohexylurea was filtered off and the solvent was evaporated under reduced pressure at room temperature. The residue was transferred to a chromatographic column filled with silica gel (Fluka type 60). The column was first eluted with hexane to separate the traces of DCC and then with the hexane-ether (2:1) solvent mixture. For the evaporation of the combined fractions were used reduced pressure. The yield of oily colourless lasalocid ester with 2,2'-trithioethanol (Aldrich) (LasTio), showing tendency to form a glass state, was 78 %.

*Preparation of complex of non-adsorbed ester.* The sodium perchlorate was dehydrated by several (6-10 times) evaporations from a 1:5 mixture of acetonitrile and absolute ethanol. The FT-IR spectra in acetonitrile was used for the detection of the perchlorate dehydration.

The complexes of LasTio with monovalent cations were obtained by dissolving lasalocid ester and NaClO<sub>4</sub> in equimolar quantities in acetonitrile.

*Elementary analysis.* The elementary analysis of products was carried out on

Perkin Elmer CHN 240: for the ester of lasalocid with 2,2'-trithioethanol (Aldrich) (C<sub>38</sub>H<sub>62</sub>O<sub>9</sub>S<sub>2</sub>) (calculated: C 62.78 %, H 8.60 %, S 8.82 %, found: C 62.51 %; H 8.55 %; S 8.83 %).

### Results and discussion

The ability of complex formation of lasalocid ester with 2,2'-trithioethanol (LasTio) with Na<sup>+</sup> cations was studied.

*<sup>1</sup>H NMR measurements.* The NMR spectra were recorded in CD<sub>3</sub>CN using a Varian Gemini 300 MHz spectrometer. All spectra were locked to deuterium resonance of CD<sub>3</sub>CN. The error in ppm values was 0.01. All <sup>1</sup>H NMR measurements were carried out at the operating frequency 300.075 MHz; flip angle, pw = 450; spectral width, sw = 4500 Hz; acquisition time, at = 2.0 s; relaxation delay, d1=1.0 s; T = 293.0 K and TMS as the internal standard. No window function or zero filling was used. Digital resolution = was 0.2 Hz/point. The signals in the <sup>1</sup>H NMR spectrum of LasTrio were assigned using one or two-dimensional (COSY) spectra: δ (5) 7.20 dd; (6) 6.71 d; (8) 2.99 t; (9) ~2.0; (10) ~1.8; (11) 3.9 dd; (12) 2.92 m; (14) 2.85 m; (15) 4.08 dd; (16) 1.70 m; (17) 1.60, 1.90; (19) 3.45 dd; (20) 1.60 dt; (21) 1.50, 1.80; (23) 3.84 q; (24) 1.12 d; (25) 1.23 q; (26) 0.92 t; (27) 3.20 s; (28) 1.51 q; (29) 0.82 t; (30) 1.05 d, (31) 1.5, 1.9; (32) 0.87 t; (33) 0.88 d; (34) 3.60 s; (35) 0.89 d; (36) 2.2 s; (37) 11.2 s; (1') 4.52 m; (2') 2.98 m; (3') 2.82 m; (4') 3.59 m; (5') 3.1 s.

*Adsorption procedure.* Silver strips (99.999%) were polished with aluminium slurries (Buehler) of successively final grades (down to 0.05 m) on polishing cloths (Buehler), rinsed carefully with a dry solvent (acetonitrile or propylene carbonate). The LasTio adsorbates were formed on the silver strips from their acetonitrile solutions (0.2 M). After taking out from the liquid phase, the adsorbate was rinsed with a pure and dried acetonitrile and allowed to dry for 12h in the water free argon atmosphere. Furthermore, the complexation process on the surface layer was initiated by immersing the LasTio modified sample in acetonitrile NaClO<sub>4</sub> solution (0.2 M) for 4h. After taking out from the liquid phase the adsorbate was rinsed according to the method described previously. We proposed that in the adsorbance process the S-S bonds were broken and the new S-Ag bonds were formed. Thus, means that the monolayer is form between the Ag surface and new 2-thioethyl lasalocid ester (LasTio) (Fig.1.).

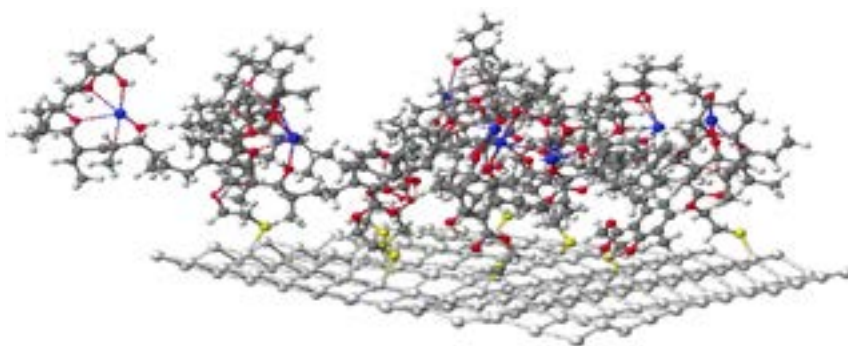


Fig. 1. Calculated structure of LasTio, adsorbed on Ag surface

*FT-IR spectroscopy.* Transmission FT-IR spectra of the ester and its complex were recorded as films on the same spectrometer.

The reflection-absorption spectra (RAIRS) for adsorbates on smooth silver strips were obtained in an N<sub>2</sub> atmosphere on a Bruker 113V FT-IR spectrometer with an FT-80 grazing angle infrared reflection accessory and a liquid N<sub>2</sub> cooled TGS detector. Typically, 2048 scans with 1 cm<sup>-1</sup> resolution were performed (Fig. 2.).

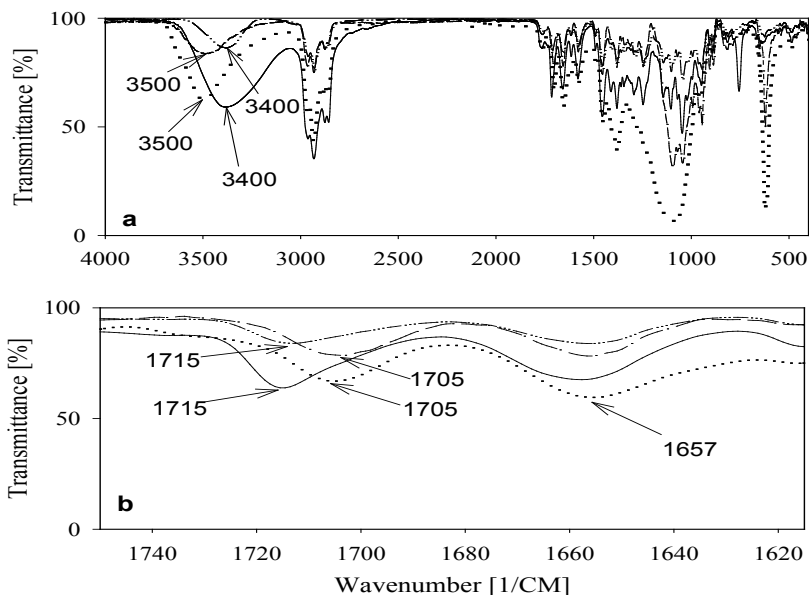


Fig. 2. The FT-IR spectra (film) of (—) LasTio and its (····) 1:1 complexes with Na<sup>+</sup> and the ATR spectra of (- - -) LasTio adsorbed on a silver surface and its (- · - ·) complexes with Na<sup>+</sup> cations (a) 4000–400 cm<sup>-1</sup>. The same spectra in the extended scale (b) 1750–1615 cm<sup>-1</sup>

*AM1d and PM5 semiempirical calculation.* The semi-empirical calculations of the maximum surface packing density, Heat of Formation (HOF) and the geometric optimization were made using the WinMopac 2002 program (Pankiewicz et al., 2018) (Table-2., Fig. 3.).

Table 2. Heat of formation (HOF, kJ/mol) of LasTio and its complexes with Na<sup>+</sup> cations calculated by PM5 method

Compound	HOF (kJ/mol)	ΔHOF
LasTio	-1947.20	-
LasTio:Na <sup>+</sup> (complexed)	-1706.09	-
LasTio + Na <sup>+</sup> (uncomplexed)	-1352.81	353.28
LasTio:2Na <sup>+</sup> (complexed)	-874.58	-
LasTio + 2Na <sup>+</sup> (uncomplexed)	-758.42	116.16
	$\Delta\text{HOF} = \text{HOF}_{(\text{complexed})} - \text{HOF}_{(\text{uncomplexed})}$	

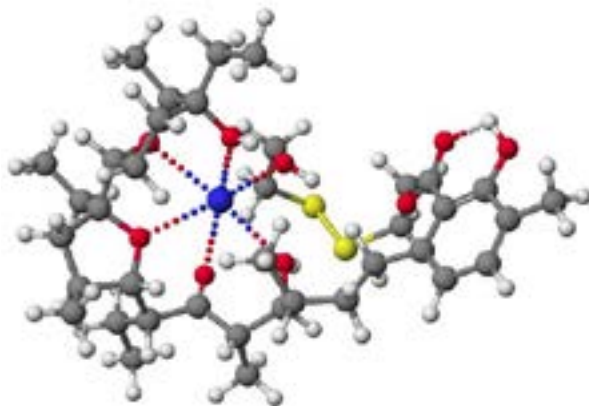


Fig. 3. Calculated structure of LasTio with Na<sup>+</sup> cation

### Conclusions

The synthesis of lasalocid acid ester with 2,2'-Trithioethanol were obtained for the first time. The complexes of LasTio with sodium cations were obtained by dissolving lasalocid ester and NaClO<sub>4</sub> in equimolar quantities in acetonitrile. The ability of complex formation of lasalocid ester with 2,2'-trithioethanol (LasTio) with Na<sup>+</sup> cations was studied. The RAIRS spectra and potentiodynamic measurements indicate strong chemisorption of lasalocid ester on silver surface. Additionally, the FT-IR study demonstrates that the adsorption of the LasTio molecule has no influence on its complexation ability.

### REFERENCES

- Huczyński A., Janczak J., Antoszczak M., Wietrzyk J., Maj E., Brzezinski B., 2012 — *Huczyński A., Janczak J., Antoszczak M., Wietrzyk J., Maj E., Brzezinski B.* Antiproliferative activity of salinomycin and its derivatives, *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 22: 7146–7150.
- Pressman B.C., Harris E.J., Jagger W.S., Johnson J.H., 1967 — *Pressman B.C., Harris E.J., Jagger W.S., Johnson J.H.* Antibiotic-mediated transport of alkali ions across lipid barriers, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 58: 1949–1956.
- Schroeder G., Gierczyk B., 2005 — *Schroeder G., Gierczyk B.* Syntetyczne receptory jonowe – jonofory, *Syntetyczne receptory jonowe. BETAGRAF* P.U.H.: Poznań.
- Hilgenfeld R., Saenger W., 1982 — *Hilgenfeld R., Saenger W.* Structural chemistry of natural and synthetic ionophores and their complexes with cations, *Host Guest Complex Chemistry II, Topics in Current Chemistry*, 101: 1–82.
- Westley J.W., Evans R.H., Williams J.T., Stempel A., 1970 — *Westley J.W., Evans R.H., Williams J.T., Stempel A.* Structure of antibiotic X-537A, *Chem. Comm.*, 2: 71–72.
- Sherman M.M., Hutchinson C.R., 1987 — *Sherman M.M., Hutchinson C.R.* Biosynthesis of lasalocid A: biochemical mechanism for assembly of the carbon framework, *Biochemistry*, 26(2): 438–445. DOI: 10.1021/bi00376a015.
- Sherman M.M., Yue S., Hutchinson C.R., 1986 — *Sherman M.M., Yue S., Hutchinson C.R.* Biosynthesis of lasalocid A Metabolic interrelationships of carboxylic acid precursors and polyetherantibiotics. *J. Antibiotics*, 39(8): 1135–1143.
- Pointud Y., Passelaigue E., Juillard J., 1988 — *Pointud Y., Passelaigue E., Juillard J.* Interactions between metal cations and the ionophore lasalocid. Part 4.— $\Delta H^\ominus$  and  $\Delta S^\ominus$  for formation of 1–1 and 2–1



complexes of the lasalocid anion and salicylate with alkaline-earth metal cations in methanol, *J.Chem.Soc., Faraday Trans*, 84(5): 1713–1722. <https://doi.org/10.1039/F19888401713>.

Antonio R.V., da Silva L.P., Vercesi A.E., 1991 — *Antonio R.V., da Silva L.P., Vercesi A.E.* Alterations in mitochondrial Ca<sup>2+</sup> flux by the antibiotic X-537A (lasalocid-A), *Biochimica et Biophysica Acta*, 1056(3): 250–258. DOI: 10.1016/s0005-2728(05)80056-8.

Schroeder G., Łęska B., Gierczyk B., Eitner K., Wojciechowski G., Rozalski B., Bartł F., Brzezinski B., 1999 — *Schroeder G., Łęska B., Gierczyk B., Eitner K., Wojciechowski G., Rozalski B., Bartł F., Brzezinski B.* Studies of complexation of metal cations by tris(3,6-dioxaheptyl)amine in solution. *Mol J. Struct.*, 508(1-3): 129–138. [https://doi.org/10.1016/S0022-2860\(99\)00011-3](https://doi.org/10.1016/S0022-2860(99)00011-3).

Safran N., Aizenberg D.V.M., Bark H., 1993 — *Safran N., Aizenberg D.V.M., Bark H.* Paralytic syndrome attributed to lasalocid residues in a commercial ration fed to dogs. *J. Am. Vet Med Assoc.*, 202(8): 1274–1275.

Pankiewicz R., Schroeder G., Gierczyk B., Brzezinski B., Bartł F., 2002 — *Pankiewicz R., Schroeder G., Gierczyk B., Brzezinski B., Bartł F.* Multinuclear NMR and FTIR studies of new polyoxaalkyl esters of lasalocid and their complexes with lithium and sodium cations. *Biopolymers: Biospectroscopy*, 65(2): 95–110. DOI: 10.1002/bip.10194.

Pankiewicz R., Schroeder G., Brzezinski B., 2009 — *Pankiewicz R., Schroeder G., Brzezinski B.* FT-IR, semi-empirical and electrochemical studies of lasalocid ester with 2,2'-dithiodiethanol adsorbed on silver surface, *Supramol. Chem.* 21: 202–206. <https://doi.org/10.1080/10610270802527010>.

Akkurt M., Öztürk Yıldırım S., Khardli F-Z., Mimouni M., McKee V., Ben Hadda T., 2008 — *Akkurt M., Öztürk Yıldırım S., Khardli F-Z., Mimouni M., McKee V., Ben Hadda T.* Crystal structure of a new polymeric thallium-lasalocid complex: lasalocid anion-thallium(I) containing aryl-Tl interactions, *ARKIVOC*, 15: 121–132.

Pankiewicz P., Nowak A., Górska A., Łęska B., Kabyłbekova B., Tukibayeva A.S., 2016 — *Pankiewicz P., Nowak A., Górska A., Łęska B., Kabyłbekova B., Tukibayeva A.S.* Spectroscopic, spectrometric and semiempirical investigation of lasalocid dodecyl ester and its complexes with monovalent cations, *Industrial Technology and Engineering*, 4(21): 41–49.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY  
OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
ISSN 2224-5227  
Volume 345, Number 1 (2023), 314–331  
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.204>

UDC 544.7

© **A.A. Sharipova<sup>1</sup>, A.B. Isaeva<sup>1,2\*</sup>, M. Lotfi<sup>3</sup>, M.O. Issakhov<sup>2</sup>, A.A. Babayev<sup>2</sup>,  
S.B. Aidarova<sup>2</sup>, G.M. Madybekova<sup>4</sup>, 2023**

<sup>1</sup>Satbayev University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup>Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran;

<sup>4</sup>South Kazakhstan State Pedagogical University, Shymkent, Kazakhstan.

E-mail: isa-asev@mail.ru

## ANTI-TURBULENT MATERIALS BASED ON SURFACTANTS AND NANOPARTICLES

**Sharipova Altynai Azigarovna** — PhD. Research professor. Satbayev university. 050013. Almaty, Kazakhstan

E-mail: a\_sharipova85@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-2217-9975>;

**Isaeva Asem Bolatbekovna** — PhD. Scientific researcher. Kazakh-British Technical University. 050000 Almaty, Kazakhstan

E-mail: isa-asev@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0001-6727-0257>;

**Marzieh Lotfi** — assistant professor of Jundi-Shapur university of Technology. Dezful, Iran.

E-mail: marzyeh.lotfi@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0001-7381-7343>;

**Issakhov Miras Orynbasaruly** — PhD-student. Kazakh-British Technical University. 050000. Almaty, Kazakhstan

E-mail: mir001@gmail.com;

**Babaev Alpamys Altayevich** — PhD-student. Kazakh-British Technical University. 050000. Almaty, Kazakhstan

E-mail: a\_babayev@mail.ru. <https://orcid.org/0000-0002-9375-2206>;

**Aidarova Saule Baylyarovna** — Doctor of chemical sciences, professor. Kazakh-British Technical University. 050000 Almaty, Kazakhstan

E-mail: ainano9999@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5115-5879>;

**Madybekova Galiya Madybekovna** — candidate of chemical sciences, associate professor. South Kazakhstan State Pedagogical University. 160012. Shymkent, Kazakhstan

E-mail: galiya56@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1970-8143>.

**Abstract.** An urgent problem of the oil and gas industry in terms of trunk oil pipelines is the presence of turbulent flow in pipelines that require more energy to transport liquids, which leads to inefficiency in pipeline conversion. Reducing the formation of turbulence leads not only to an increase in energy efficiency but also to an increase in the capacity of pipelines. One of the most effective methods of increasing the capacity of trunk pipelines is the use of certain chemicals, namely anti-turbulent additives that reduce friction resistance, or PTP. The presence of small amounts of PTP can lead to a significant reduction in friction in the turbulent

flow in the pipeline and, therefore, can reduce the injection capacity and increase the throughput of the pipeline system. Additives that reduce hydraulic resistance are very important both when drilling oil wells and when servicing pumping equipment in pipelines. Today, many PTP products from various manufacturers are available. One of the biggest problems is that modern calculation methods do not provide an accurate determination of the effect of the hydrodynamic efficiency of the additive on its concentration. To determine this value, only the results of pilot testing of additives on the pipeline section where they are supposed to be used are used. In this regard, there is considerable interest in the comprehensive research and development of new additives that reduce fluid resistance, which can effectively save energy during the transportation of oil and other fluids. This article provides a brief overview of this topic and discusses methods for improving anti-turbulent materials based on surfactants and nanoparticles.

**Key words:** anti-turbulent material, surfactants, nanoparticles, anti-turbulent additives, pipelines

**Financing:** The work was carried out within the framework of the project of the Committee of Science of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan under the project: AP13068028 “Colloid-chemical approach to the creation of anti-turbulent materials based on surfactants with nanoparticles for oil pipelines”.

**Conflict of interest:** The authors declare that there is no conflict of interest.

© А.А. Шарипова<sup>1</sup>, А.Б. Исаева<sup>1,2\*</sup>, М. Лотфи<sup>3</sup>, М.О. Исахов<sup>2</sup>,  
А.А. Бабаев<sup>2</sup>, С.Б. Айдарова<sup>2</sup>, Г.М. Мадыбекова<sup>4</sup>, 2023

<sup>1</sup>Satbayev university, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан.

<sup>3</sup>Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran;

<sup>4</sup>Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық университеті,  
Шымкент, Қазақстан.

E-mail: isa-asev@mail.ru

## БЕТТІК БЕЛСЕНДІ ЗАТТАР МЕН НАНОБӨЛШЕКТЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ТУРБУЛЕНТКЕ ҚАРСЫ МАТЕРИАЛДАР

**Шарипова Алтынай Азигаровна** — PhD, зерттеуші профессор. Satbayev University. 050013. Алматы, Қазақстан

E-mail: a\_sharipova85@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2217-9975>;

**Исаева Асем Болатбекқызы** — PhD. Қазақстан-Британ техникалық университетінің ғылыми қызметкері. 050000. Алматы, Қазақстан

E-mail: isa-asev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6727-0257>;

**Лотфи Марзи** — PhD. Джунди Шапур технологиялық университетінің ассистенті. Дезфул, Иран

E-mail: marzyeh.lotfi@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7381-7343>;

**Исахов Мирас Орынбасарұлы** — PhD докторант. Қазақстан-Британ техникалық университеті. 050000. Алматы, Қазақстан

E-mail: mir001@gmail.com;

**Бабаев Алпамыс Алтайұлы** — PhD докторант. Қазақстан-Британ техникалық университеті. 050000 Алматы, Қазақстан

E-mail: a\_babayev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9375-2206>;

**Айдарова Сауле Байляровна** — химия ғылымдарының докторы, профессор. Қазақстан-Британ техникалық университеті. 050000. Алматы, Қазақстан

E-mail: ainano9999@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5115-5879>;

**Мадыбекова Галия Мадыбековна** — химия ғылымдарының кандидаты, доцент. Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық университеті. 160012. Шымкент, Қазақстан

E-mail: galiya56@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1970-8143>.

**Аннотация.** Магистральдық мұнай құбырлары бөлігінде мұнай-газ өнеркәсібінің өзекті проблемасы сұйықтықты тасымалдау үшін көбірек энергияны қажет ететін құбырларда турбулентті ағынның болуы болып табылады, бұл құбырларды түрлендірудің тиімсіздігіне әкеледі. Турбуленттіліктің азаюы энергия тиімділігінің жоғарылауына ғана емес, сонымен қатар құбырлардың өткізу қабілеттілігінің артуына әкеледі. Магистральдық құбырлардың өткізу қабілетін арттырудың ең тиімді әдістерінің бірі-белгілі бір химиялық заттарды, атап айтқанда үйкеліске төзімділікті төмендететін турбулентке қарсы қоспаларды немесе РТР қолдану. Аз мөлшерде РТР болуы құбырдағы турбулентті ағындағы үйкелістің айтарлықтай төмендеуіне әкелуі мүмкін, сондықтан айдау қуатын төмендетіп, құбыр жүйесінің өткізу қабілетін арттыруы мүмкін. Гидравликалық кедергіні төмендететін қоспалар мұнай ұңғымаларын бұрғылау кезінде де, құбырлардағы

сорғы жабдықтарына қызмет көрсету кезінде де өте маңызды. Бүгінгі таңда әртүрлі өндірушілердің көптеген РТР өнімдері бар. Ең үлкен проблемалардың бірі-қазіргі есептеу әдістері қоспаның гидродинамикалық тиімділігінің оның концентрациясына әсерін дәл анықтауды қамтамасыз етпейді. Бұл мәнді анықтау үшін оларды қолдану болжанатын құбыр учаскесіндегі қоспаларды пилоттық тестілеу нәтижелері ғана пайдаланылады. Осыған байланысты, мұнай мен басқа сұйықтықтарды тасымалдау кезінде энергияны тиімді үнемдей алатын сұйықтыққа төзімділікті төмендететін жаңа қоспаларды жан-жақты зерттеу және әзірлеу үлкен қызығушылық тудырады. Бұл мақалада осы тақырып бойынша қысқаша шолу жасалады және беттік белсенді заттар мен нанобөлшектерге негізделген турбулентке қарсы материалдарды жақсарту әдістері қарастырылады.

**Түйін сөздер:** турбулентке қарсы материал, беттік белсенді заттар, нанобөлшектер, турбулентке қарсы қоспалар, құбырлар

**Қаржыландыру:** Жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі Ғылым комитетінің АР13068028 «БАЗ бар беттік-белсенді заттар негізінде антитурбуленттік материалдарды құруға коллоидты-химиялық тәсіл» жобасы бойынша жүзеге асырылды. мұнай құбырларына арналған нанобөлшектер».

**Мүдделер қақтығысы:** Авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдемейді.

© А.А. Шарипова<sup>1</sup>, А.Б. Исаева<sup>1,2\*</sup>, М. Лотфи<sup>3</sup>, М.О. Исахов<sup>2</sup>,  
А.А. Бабаев<sup>2</sup>, С.Б. Айдарова<sup>2</sup>, Г.М. Мадыбекова<sup>4</sup>, 2023

<sup>1</sup>Satbayev university. Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup>Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran;

<sup>4</sup>Южно-Казахстанский государственный педагогический университет,  
Шымкент, Казахстан.

E-mail: isa-asev@mail.ru

## ПРОТИВОТУРБУЛЕНТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПАВ И НАНОЧАСТИЦ

**Шарипова Алтынай Азигаровна** — PhD, профессор-исследователь. Satbayev University. 050013. Алматы, Казахстан

E-mail: a\_sharipova85@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2217-9975>;

**Исаева Асем Болатбекқызы** — PhD, научный сотрудник. Казахстанско-Британский Технический Университет. 050000. Алматы, Казахстан

E-mail: isa-asev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6727-0257>;

**Лотфи Марзи** — PhD, ассистент-профессор Технологического университета Джунди-Шапур. Дезфул, Иран

E-mail: marzyeh.lotfi@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7381-7343>;

**Исахов Мирас Орынбасарұлы** — PhD докторант. Казахстанско-Британский Технический Университет. 050000. Алматы, Казахстан

E-mail: mir001@gmail.com;

**Бабаев Алпамыс Алтайұлы** — PhD докторант. Казахстанско-Британский технический университет. 050000. Алматы, Казахстан

E-mail: a\_babayev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9375-2206>;

**Айдарова Сауле Байляровна** — доктор химических наук, профессор. Казахстанско-Британский Технический Университет. 050000. Алматы, Казахстан

E-mail: ainano9999@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5115-5879>;

**Мадыбекова Галия Мадыбековна** — кандидат химических наук, доцент. Южно-Казахстанский государственный педагогический университет. 160012. Шымкент, Казахстан

E-mail: galiya56@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1970-8143>.

**Аннотация.** Актуальной проблемой нефтегазовой промышленности в части магистральных нефтепроводов является наличие турбулентного потока в трубопроводах, в которых требуется больше энергии для транспортировки жидкости, что приводит к неэффективности преобразования трубопроводов. Уменьшение образования турбулентности приводит не только к повышению энергоэффективности, но и к увеличению пропускной способности трубопроводов. Одним из наиболее эффективных методов увеличения пропускной способности магистральных трубопроводов является применение определенных химических веществ, а именно противотурбулентных присадок, уменьшающих сопротивление трения, или противотурбулентных присадок. Присутствие небольших количеств противотурбулентных присадок может привести к значительному снижению трения в турбулентном потоке в трубопроводе и, следовательно, может

снизить мощность нагнетания и увеличить пропускную способность системы трубопроводов. Присадки, снижающие гидравлическое сопротивление, очень важны как при бурении нефтяных скважин, так и при обслуживании насосного оборудования в трубопроводах. Сегодня доступно множество продуктов противотурбулентных присадок от различных производителей. Одна из самых больших проблем заключается в том, что современные методы расчета не обеспечивают точного определения влияния гидродинамической эффективности добавки на ее концентрацию. Для определения этого значения используются только результаты пилотного тестирования добавок на участке трубопровода, где предполагается их применение. В этой связи представляет значительный интерес всестороннее исследование и разработки новых присадок, снижающих сопротивление жидкости, которые могут эффективно сэкономить энергию при транспортировке нефти и других флюидов. В данной статье представлен краткий обзор по данной тематике и рассматриваются методы улучшения противотурбулентных материалов на основе поверхностно-активных веществ и наночастиц.

**Ключевые слова:** противотурбулентный материал, поверхностно-активные вещества, наночастицы, противотурбулентные присадки, трубопроводы

**Финансирование:** Работа выполнена в рамках проекта КН МНиВО РК по проекту: AP13068028 «Коллоидно-химический подход к созданию противотурбулентных материалов на основе поверхностно-активных веществ с наночастицами для нефтепроводов».

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

## **Введение**

Современные трубопроводы протяженностью в десятки, сотни и тысячи километров транспортируют огромные объемы жидкости. В условиях постоянно растущего спроса мировой экономики на энергоносители важной задачей является увеличение пропускной способности нефтепроводов. До сегодняшнего дня эта проблема решалась за счет строительства более крупных трубопроводов, а также за счет увеличения количества и производительности насосов и, следовательно, увеличения давления на выходе нефтеперекачивающих станций. Однако на современном этапе развития отрасли трубопроводного транспорта нефти для этого метода возникают ограничения. Это происходит из-за необходимости обеспечения безопасности на определенных участках системы, где ограничения на давление в трубопроводе создают ограничение на пропускную способность всего трубопровода (De Sousa и др., 2017; Priyanka и др., 2016).

Как известно, доля трубопроводного транспорта, особенно для основной транспортировки углеводородов, составляет около 56 % для доставки природного газа, 41 % для транспортировки нефти и 4 % для

транспортировки нефтепродуктов (De Sousa и др., 2017). Учитывая, что углеводороды являются одним из стратегически важных носителей энергии в топливно-энергетическом комплексе (ТЭК), роль магистрального транспорта в обеспечении функционирования различных секторов экономики становится очевидной.

По мнению исследователей, снижение энергопотребления может быть достигнуто за счет экономии (уменьшения) электроэнергии для привода магистральных насосов, а именно (De Sousa и др., 2017):

- снижение гидравлического сопротивления трубопровода посредством периодической очистки или применения противотурбулентных присадок;
- оптимизация режимов перекачки с использованием современных методов регулирования производительности насоса;
- снижение потерь электроэнергии в распределительных сетях и действующем оборудовании;
- перевод энергоснабжения на современные энергосберегающие технологии. Между тем, существуют также способы снижения потерь электроэнергии при трубопроводной транспортировке газа и нефти за счет (Priyanka и др., 2016).

Таким образом, на сегодняшний день одной из основных задач в области трубопроводного транспорта нефти является увеличение пропускной способности трубопровода без повышения давления на выходе из насосной станции. Использование так называемых антитурбулентных присадок сегодня становится средством решения этой проблемы. Эти добавки представляют собой соединения высокомолекулярных полимеров, которые при введении в поток нефти приводят к уменьшению турбулентных завихрений в пристенном слое потока. За счет этого снижается коэффициент гидравлического сопротивления и, следовательно, при поддержании давления на выходе из маслонасосной станции увеличивается пропускная способность масла в системе (Japper-Jaafar и др., 2010; Manzhai и др., 2014).

Однако использование таких веществ влечет за собой ряд сопутствующих задач по определению оптимальной концентрации добавки в зависимости от параметров системы и антитурбулентных агентов. Природа эффекта снижения коэффициента гидравлического сопротивления является сложной. Поэтому уравнения, описывающие влияние концентрации и свойств полимерных добавок на поток жидкости, часто являются эмпирическими, и их решение требует использования численных методов расчета (Abubakar и др., 2014; Karami и др., 2012). В (Han и др., 2017) рассматривается природа эффекта, и в качестве возможных антитурбулентных агентов предлагаются различные соединения. Рассматривались как природные, так и синтетические полимерные соединения, такие как поли (окись этилена), поли (акриловая кислота), полиакриламид, поли (N-винилформамид) и камеди. В ходе работы также были предложены некоторые перспективные области применения таких веществ. В исследовании (Dai и др., 2015) рассматривается эффект



деградации молекулы полимера, приводящий к снижению турбулентных свойств добавки. В качестве альтернативы полимерным агентам предлагается использование поверхностно-активных веществ, которые могут действовать как антитурбулентные агенты. Комбинации поверхностно-активных веществ с полиолефином были исследованы на чувствительность к деградации при движении в турбулентном потоке. Было показано, что такие комбинации снижают износ антитурбулентных агентов.

Использование противотурбулентных присадок (ПТП) на основе высокомолекулярных линейных полимеров может повысить производительность трубопровода, сократить количество насосных станций, снизить рабочие давления и снизить энергозатраты на перекачку за счет предотвращения возникновения турбулентностей в потоке перекачиваемой жидкости. Полимерные макромолекулы в составе противотурбулентной добавки сглаживают пульсации давления в потоке, обратимо накапливая энергию за счет упругой деформации. Чем больше молярная масса макромолекул, тем больше энергии они могут накапливать, что приводит к повышению эффективности добавки с увеличением молекулярной массы полимера. Следует отметить, что эффективность снижения гидродинамического сопротивления зависит не только от молекулярной массы, но и от длины макромолекулы (Николаев и др., 2021).

#### **Материалы и основные методы**

В работе авторов (Abubakar и др., 2014) на основе проведенных исследований был сделан вывод о том, что при разработке объектов трубопроводного транспорта одним из основных критериев является эксплуатационная надежность. Последнее, по мнению авторов, становится все более ответственной и важной задачей в современной промышленности. Эксплуатационная надежность способствует внедрению инноваций в систему добычи нефти и газа, а также улучшению параметров надежности технологических систем.

Анализ работ в зарубежных рецензируемых научных журналах показал, что многие исследования направлены на предотвращение и минимизацию коррозии в стальных трубопроводах и резервуарах. Так, в (Karati и др., 2012) предложено применение времяпролетной дифракции (TOFD) для исследования сварных соединений с неравномерной толщиной стенок вертикальных стальных резервуаров. В данной работе научно обоснован один из метрологических методов повышения надежности трубопроводов и резервуаров для транспортировки и хранения нефти. Авторы следующей работы (Нап и др., 2017) провели полный анализ возможности использования супергидрофобных покрытий для защиты стальных трубопроводов в нефтегазовой промышленности.

В исследовании (Dai и др., 2015) рассматривается эффект деградации молекулы полимера, приводящий к снижению турбулентных свойств добавки. В качестве альтернативы полимерным агентам предлагается

использование поверхностно-активных веществ, которые могут действовать как антитурбулентные агенты. Комбинации поверхностно-активных веществ с полиолефином были исследованы на чувствительность к деградации при движении в турбулентном потоке. Было показано, что такие комбинации снижают износ антитурбулентных агентов. В диссертации (Русинов и др., 2016) всесторонне рассматривается проблема движения как однофазного, так и двухфазного потока нефть-вода по трубам различного диаметра. Основным применением этого исследования является, прежде всего, возможность повышения коэффициента извлечения нефти из месторождения, поскольку поверхностно-активные вещества в настоящее время активно используются с этой целью при добыче нефти. С точки зрения трубопроводной транспортировки нефти представленные зависимости не позволяют провести математическое моделирование процесса.

В (Edomwonyi-Otu и др., 2015) рассмотрена эффективность применения современной противотурбулентной присадки “M FLOWTREAT” марки С. Было проведено экспериментальное исследование эффективности добавки в зависимости от снижения давления на выходе насоса и увеличения расхода жидкости в системе. Эксперимент проводился в четырех рабочих режимах с концентрацией добавки 0, 10, 20, 30 частей на миллион. Результаты исследований показали целесообразность использования противотурбулентных агентов. Однако задача математического моделирования для расчета наиболее эффективной концентрации добавки в зависимости от параметров системы и трубопровода не решена. Задача математического моделирования процесса транспортировки нефти по трубопроводу с использованием противотурбулентных присадок рассмотрена в (Nikolaev и др., 2018). Была изучена эффективность современных добавок в зависимости от их концентрации. В качестве математической модели была предложена система нелинейных уравнений, которые были решены с использованием численного метода Ньютона-Рафсона. Получены зависимости коэффициента полезного действия от концентрации добавки. Однако представленные уравнения выведены для рассматриваемых типов добавок и не являются универсальными.

Эффект возникает в слоях потока жидкости вблизи стенки трубы, где происходит так называемое слоение движения частиц жидкости, т.е. уменьшение турбулентности пристенного слоя. Это приводит к увеличению пропускной способности трубопровода при постоянном давлении насосов или к снижению энергопотребления насосов при сохранении первоначальной производительности трубопровода. Механизм этого эффекта показан на рисунке 1 (Bogdevičius и др., 2013).

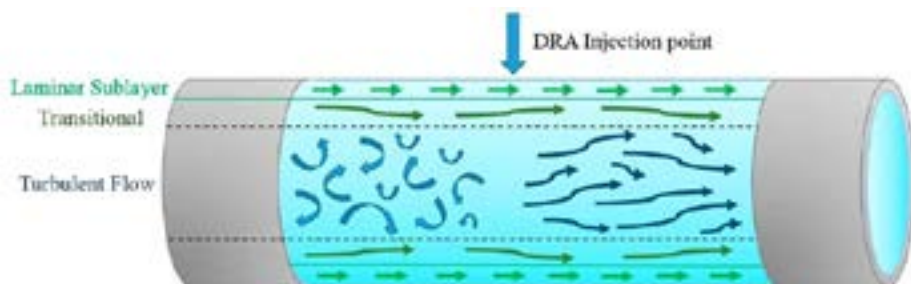


Рис 1. Схематическое изображение эффекта снижения турбулентности потока при введении полимерных добавок (Bogdevičius и др., 2013)  
(Fig. 1. Schematic representation of the effect of reducing flow turbulence with the introduction of polymer additives (Bogdevičius and others, 2013))

Существуют различные теории, объясняющие природу процессов, происходящих при введении полимерных добавок в поток жидкости:

- Ориентация молекул жидкости вокруг макромолекул полимеров с образованием структур, снижающих гидравлическое сопротивление внутри потока за счет гашения турбулентных вихрей.

- Адсорбция молекул полимера стенками трубопровода и сглаживание шероховатости стенок с образованием пленки.

- Придание свойств неньютоновских жидкостей растворам высокомолекулярных полимеров, таких как псевдопластичность. Эффективная вязкость таких жидкостей уменьшается с увеличением объемов перекачки. Кроме того, концентрация антитурбулентных полимерных агентов составляет миллионные доли от общего объема раствора. Поэтому взаимодействие полимерных макромолекул не проявляется. Однако, если концентрация активного компонента повышена, может произойти слипание, что приведет к снижению эффективности таких веществ (Jubran и др., 2005).

Эффективность применения противотурбулентных присадок определяется молекулярной массой активного полимера и рабочими параметрами трубопровода (расход, диаметр трубопровода, температура, вязкость перекачиваемой нефти и т.д.). В случае применения противотурбулентных присадок в трубопроводах возникает проблема определения его эффективности, которая рассчитывается по формуле (1)

$$\Psi = \frac{\lambda_0 - \lambda_f}{\lambda_0} \cdot 100 \% = \left( 1 - \frac{\Delta P_f \cdot Q_0^2}{\Delta P_0 \cdot Q_f^2} \right) \cdot 100 \% \quad (1)$$

где  $\lambda_f$ ,  $\lambda_0$  – коэффициенты гидравлического сопротивления при подаче масла с присадкой и без нее,  $\Delta P_f$ ,  $\Delta P_0$  – потери давления при подаче масла с присадкой и без нее,  $Q_f$ ,  $Q_0$  – расход масла с присадкой и без нее (Hong и др., 2015).

Таким образом, эффективность противотурбулентной добавки определяется после ее применения на определенном участке трубопровода в зависимости от увеличения производительности и/или снижения давления на выходе насосной станции.

Современные полимерные добавки должны в первую очередь отвечать требованиям экономической эффективности. Поэтому в разных странах используются разные противотурбулентные присадки. Но во всех случаях лидерами в этой области являются специализированные растворы высокомолекулярных соединений с линейной молекулярной структурой. Например, бренды FLO-XL, FLOMXA, M- FLOWTREAT, PT-Flyde и др. В таких добавках содержание активного полимера достигает 25 % (Balabukha и др., 2020). Влияние полимерных добавок на снижение коэффициента гидравлического сопротивления  $\lambda$  было исследовано в работах (Akhmetov и др., 2021; Алябьев и др., 2018). По данным экспериментов, с движением воды в трубопроводах с добавлением полимеров коэффициент гидравлического сопротивления  $\lambda$  при турбулентном режиме движения жидкости можно рассчитать по формуле:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -21g \left[ \left( \frac{2gv^2}{v\sqrt{\lambda}} \right)^{\beta/5.75} \left( \frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} + \frac{\Delta c}{3.701} \right) \right] \quad (2)$$

где  $V^*c$  – пороговая динамическая скорость (м/с), при которой начинается снижение потери давления,  $\beta$  – коэффициент, зависящий от типа полимера и его концентрации.

Например, для полиакриламида рекомендуется принимать  $V^*c = 0,05$  м/с, а  $\beta$  при  $(0,005 \% < C < 0,012 \%)$  вычислять по эмпирической формуле:

$$\beta = 1000C \quad (3)$$

где  $C$  – объемная концентрация полимера (%). Когда  $C = 0$ ;  $\beta = 0$ , т.е. в отсутствие полимерной добавки, уравнение (2) преобразуется в хорошо известную формулу Колбрука – Уайта:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -21g \left( \frac{2.51}{Re\sqrt{\lambda}} + \frac{\Delta c}{3.701} \right) \quad (4)$$

т.е. одно из уравнений гидравлики для определения  $\lambda$  при движении жидкости без полимерных добавок.

Уравнение (2) позволяет включить в расчет как параметры трубопроводной системы, так и параметры полимерной добавки. Поэтому он перспективен для расчета оптимальной концентрации добавки. Однако вычисление по этому уравнению осложняется тем фактом, что из-за его эмпирического характера

решение уравнения (2) включает в себя перечисление большого количества значений.

*Эффективность противотурбулентных присадок*

Современный процесс транспортировки нефти невозможно представить без использования противотурбулентных присадок (ПТП). Сегодня на рынке присутствует значительное число ПТП разных производителей. Одна из основных сложностей для заказчика заключается в том, что современные методы расчетов не позволяют точно определить зависимость гидродинамической эффективности присадки от ее концентрации. Эта величина определяется лишь по результатам опытно-промышленных испытаний присадки на том участке трубопровода, где планируется ее использование.

Так как основным показателем ПТП считается гидродинамическая эффективность, т.е. способность снижать потери на трение в пристеночной области, в таком случае непосредственно понимание четкого ее значимости, а также считается основным фактором. Однако ни имеющиеся современные методы гидравлического расчета трубопроводов, в том числе вместе с применением специальных компьютерных проектов, ни лабораторные способы оценки гидравлической эффективности не позволяют приобретать конкретных связей эффективности от концентрации присадки — с целью любого трубопровода и любой присадки данная величина устанавливается экспериментально. В практике попадаются эпизоды достаточно существенных отклонений прогнозируемых, а также подлинных научно-технических характеристик трубопроводной перекачки с вычисленных смыслов, вплотную вплоть до абсолютного недоступности результата. Данная особенность противотурбулентных добавок разъясняется многочисленными факторами: числом Рейнольдса, компонентным составом перекачиваемой жидкости, ее физико-химическими данными, протяженностью трубопровода, а также др. Из-за данного важным обстоятельством допуска добавки к промышленному применению является экспериментальное подтверждение производительности при помощи опытно-промышленных тестирований в этом месте трубопровода, где планируется ее использование (Белоусов, 1980).

Эффективность снижения турбулентного сопротивления при использовании ПТП зависит от множества различных факторов: реологических свойств, молекулярной массы полимера, структуры макромолекулы, концентрации присадки, свойств растворителя (нефтепродукта), температуры и других условий перекачки. Представляет интерес изучение закономерностей влияния указанных факторов на гидравлическую эффективность ПТП. В настоящее время исследования факторов, влияющих на эффективность ПТП, в основном проводятся экспериментальными методами. К ним относятся опытные исследования на стендовых и промышленных трубопроводах, лабораторных реометрах (Ян, 2020).

*Противотурбулентные присадки, состоящие из полимеров*

Поскольку в трубах большого диаметра даже высоковязкая нефть

транспортируется, как правило, в турбулентном режиме течения, то для снижения гидравлического сопротивления могут применяться полимерные ПТП. Кроме хорошей растворимости, полимер должен обладать высокой молекулярной массой, чтобы реализовались условия для снижения гидравлического сопротивления. Традиционные присадки на основе полимеров высших олефинов, которые используются для снижения сопротивления легкой нефти и дизельного топлива, в тяжелой нефти работают не всегда. Причина в том, что последняя содержит большое количество асфальтенов, смол и высокомолекулярных парафинов, которые препятствуют их растворению. Особенно это касается асфальтенов, которые представляют собой, по сути, мельчайшие графитовые пластинки, к которым присоединены углеводородные заместители.

Способность снижать сопротивление течения имеют многие высокомолекулярные вещества, которые условно можно разделить на три класса:

- синтетические или природные карбоцепные полимеры;
- координационные полимеры;
- высокомолекулярные нефтяные остатки.

Влияние высокомолекулярных соединений на явление снижения турбулентного трения определяется их химическим составом, строением, молекулярной массой, молекулярно-массовым распределением и конформацией.

Порядок расположения атомов в молекулах полимера основывается на общих принципах теории строения органических соединений. В частности, в полимерных цепях с ковалентными связями в большинстве случаев соблюдается постоянство межатомных расстояний и валентных углов.

Полимерная макромолекула может быть построена из симметричных звеньев, в этом случае исключается возможность изомерии. Несимметричные мономерные звенья могут соединяться в полимерную цепь упорядоченно по типу «голова к хвосту»

Успехи полимерной химии последних лет позволяют осуществлять в промышленных условиях целенаправленный синтез стереорегулярных полимеров с заранее заданным строением полимерной цепи и требуемым комплексом свойств.

Молекула любого вещества имеет химическое строение, которому соответствует строго определенное пространственное расположение атомов (конфигурация). Устойчивыми конфигурациями являются цепи стереорегулярных полимеров синдиотактического, изотактического, цис или транс-строения. Превращение одной конфигурации этих полимеров в другую простым поворотом звеньев без разрыва химических связей невозможно.

Изменение формы макромолекул под влиянием теплового движения или под действием внешнего поля, не сопровождающееся разрывом химических связей, называется конформационным превращением. Формы молекул,

переходящие друг в друга без разрыва химических связей, называются конформациями (поворотными изомерами).

На эксплуатационные показатели противотурбулентных присадок, из числа которых наиболее часто применяются FLO MXA, Necadd-477, M-FLOWTREAT, PT FLYDE-H и др., могут влиять:

- режим течения потока;
- молекулярные и теплофизические свойства рабочего тела (вязкость);
- температура перекачиваемой среды;
- диаметр трубопровода;
- содержание в потоке асфальтосмолопарафиновых веществ (АСПВ) и проч. Стоит также отметить, что присадки эффективны только в турбулентном потоке, т. е. при значениях числа Рейнольдса больше критического.

В настоящее время используются следующие методы исследования для изучения факторов, влияющих на эффективность снижения сопротивления в турбулентном потоке с небольшими добавками агентов, снижающих сопротивление полимеров, а также на разрушение пути последних из-за воздействия касательных напряжений:

- теоретические исследования механизма подавления турбулентности на основе совместного решения уравнения Навье-Стокса и определяющей модели вязкоупругости полимера;

- экспериментальные исследования механизма подавления турбулентности на основе совместного решения уравнения Навье-Стокса и определяющей модели вязкоупругости полимера;

- численное моделирование с использованием прямого численного моделирования (DNS), уравнения Навье-Стокса со средним числом Рейнольдса (RANS) или данных о внутренней микроструктуре раствора с антитурбулентной добавкой, основанных на данных, полученных в результате реологических экспериментов и лазерной технологии.

#### *Ламинарные и турбулентные режимы*

Первый вид движения, при котором частицы следуют по отчетливо видимым траекториям, представляющим плавные, лишь слегка изменяющиеся со временем, кривые, называется ламинарным, этот вид движения был рассмотрен в предыдущей главе.

Более распространен второй вид движения с хаотически переплетенными и быстро изменяющимися во времени траекториями, с поперечными и, даже, попятными по отношению к общему движению жидкости перемещениями отдельных малых объемов. Такое нерегулярное, имеющее в малых своих частях случайный характер движение называется турбулентным.

На самом деле, как показывают многочисленные исследования, турбулентное движение, как бы ни было оно сложно по своей внутренней структуре, подчиняется общим законам динамики непрерывной среды, в частности установленным в предыдущей главе уравнениям динамики вязкой сжимаемой или несжимаемой жидкости в нестационарной их форме. В то же

время не имеет смысла точная постановка вопроса о разыскании решений этих уравнений при строго поставленных начальных и граничных условиях. Действительно, в обстановке неограниченного роста сколь угодно малых возмущений самые, ничтожные отклонения от поставленных граничных и начальных условий (неточности в изготовлении поверхности обтекаемого тела, предыдущая история потока и др.) могут привести к столь значительным изменениям решений уравнений, что за ними исчезнут все достоинства "строгой" постановки задачи. Пользоваться упрощенной геометризацией формы обтекаемых тел или каналов и не учитывать наличия начальных возмущений в потоке можно лишь в тех случаях, когда поток устойчив и существует уверенность, что сделанные малые ошибки в постановке задачи приведут к столь же малым ошибкам в ее решении; это и делалось ранее при рассмотрении ламинарных движений. Для исследования турбулентных движений приходится применять особые, характерные для существа рассматриваемого явления приемы, связанные с заменой действительного движения некоторой упрощенной схемой осредненного в пространстве и времени движения, которое примерно так же относится к истинному, как ламинарное движение - к представляющему его внутреннюю структуру хаотическому молекулярному. Эта аналогия сыграла свою роль в истории создания законов осредненного турбулентного движения жидкости.

Прежде чем перейти к выводу основных уравнений осредненного движения, рассмотрим несколько детальнее явление перехода ламинарного движения в турбулентное.

Из предыдущего вытекает, что вопрос об определении условий перехода ламинарного движения в турбулентное сводится к решению задачи об устойчивости ламинарного движения и указанию границы потери этой устойчивости. Не имея возможности останавливаться на весьма сложной математической теории устойчивости ламинарных движений, удовольствуемся изложением некоторых важных для практики выводов этой теории.

### **Выводы**

Таким образом, рассмотрены и обсуждены экспериментальные и теоретические исследования увеличения пропускной способности трубопровода с использованием антитурбулентных присадок с полимерными добавками и наночастицами. Были рассмотрены основные решения по повышению энергоэффективности нефтепроводного транспорта. На основе обзора были определены ключевые ограничивающие факторы и наиболее перспективные решения для увеличения пропускной способности магистральных нефтепроводов. Это позволило улучшить расчет эффективности противотурбулентной добавки с ПАВ и наночастицами по всей области эффективной концентрации. Разработка новых методов синтеза необходима для того, чтобы сделать противотурбулентные добавки более доступными, эффективными, прежде чем они получат широкое применение.



ЛИТЕРАТУРА

Абубакар А., Аль-Хашми А., Аль-Вахаиби Т., Аль-Вахаиби Ю., Аль-Аджди А., Эшрати М., 2014 — *Абубакар А., Аль-Хашми А., Аль-Вахаиби Т., Аль-Вахаиби Ю., Аль-Аджди А.*, Роль полимеров. Снижающих лобовое сопротивление, в однофазных и многофазных потоках. *Эшрати М.* // Adv. мех. англ. – 2014. – 6. doi.org/10.1155/2014/2020 202073.

Алябьев А.С., Дехтяр Э.Ф., Кабанов О.П., Осипов Г.В., 2018 — *Алябьев А.С., Дехтяр Э.Ф., Кабанов О.П., Осипов Г.В.* Противотурбулентная добавка. –2018. RU2667913C1. <https://patents.google.com/patent/RU2667913C1/ru>.

Ахметов С., Ахметов Н., Икласова Ж., Зайдемова Ж., 2021 — *Ахметов С., Ахметов Н., Икласова Ж., Зайдемова Ж.* Энергосберегающие технологии при транспортировке нефти и газа // E3S Web of Conferences, – 2021. – 288. – 01051. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128801051>.

Балабуха А., Зверева В., 2020 — *Балабуха А., Зверева В.* Оценка эффективности антитурбулентных присадок при нефтепроводном транспорте. Ключевые тенденции в транспортных инновациях // E3S Web Conf. – 2005. – V.157. – 02005. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015702005>.

Белоусов Ю.П., 1980 — *Белоусов Ю.П.* Противотурбулентные присадки к углеводородным жидкостям, - 1980, Новосибирск, Наука;

Богдьявичюс М., Янутене Ю., Йоникас К., Гусейновене Э., Дракиас М., 2013 — *Богдьявичюс М., Янутене Ю., Йоникас К., Гусейновене Э., Дракиас М.* // Журнал вибротехники, – 2018, с. – 15(1). – Рр. 419–427. ISSN (печать) 1392–8716.

Dai X., Li G., Li J., Xin Y., Yang G., Zhang Y., 2015 — Synthesis of graphene–transition metal oxide hybrid nanoparticles and their application in various fields. // 2-й Международный семинар по материаловедению и компьютерным наукам (в Китае).

Де Соуза К.А., Ромеро О.Дж., 2017 — *Де Соуза К.А., Ромеро О.* // Латиноамериканский журнал энергетических исследований 4(1). –Рр. 17–29. DOI: 10.21712/lajer.2017 v4.n1, (на англ.).

Edomwonyi-Otu L.C., 2015 — *Edomwonyi-Otu L.C.* Снижение сопротивления водонефтяных потоков, докторская диссертация (факультет химического машиностроения Университетского колледжа Лондона, – 2015 г. (на английском языке).

Джаппер-Джаафар А., М. Эскудые Б., Пул Р. Дж., 2010 — *Джаппер-Джаафар А., М. Эскудые Б., Пул Р.* // Journal Non-Newtonian Fluid Mechanics, – 2010. – 161. – Рр. 86–93. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015702005>.

Джубран Б.А., Зуригат Ю.Х., Гусен М.Ф.А., 2005 — *Джубран Б.А., Зуригат Ю.Х., Гусен М.Ф.А.* // Нефтяная наука и технология, – 205. – 23. DOI: 10.1081/LFT-200038223.

Карамидж. Х.Р., Маула Д., Нонньютон Дж., 2012 — *Карамидж. Х.Р., Маула Д., Нонньютон Дж.* Исследование влияния различных параметров на снижение перепада давления в трубопроводах для сырой нефти с помощью агентов, снижающих сопротивление // Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics. Гидромеханика, – 2012, – 177(178). – Рр. 37–45. <https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2012.04.001>.

DOI: 10.3390/pr5020024.

Манжай В.Н., Le Grand М.С., Абдусалимов А.В., 2014 — *Манжай В.Н., Le Grand М.С., Абдусалимов А.В.* // Конф. ИОР. Серия: Науки о Земле и окружающей среде, – 2014. – 21. DOI: 10.1088/1755-1315/21/1/012028.

Николаев А.К., Деменин Е.С., Плотникова К.И., 2021 — *Николаев А.К., Деменин Е.С., Плотникова К.И.* Исследование применения противотурбулентных и депрессорных присадок при трубопроводном транспорте высоковязкой нефти // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. – 2021, – 4(124). – Рр. 54–57. DOI: 10.33285/1999-6934-2021-4(124)-54-57.

Николаев А.К., Зарипова Н.А., Ерашов А.А., Деменин Е.С., 2018 — *Николаев А.К., Зарипова Н.А., Ерашов А.А., Деменин Е.С.* // ИОР Conf. Серия: Науки о Земле и окружающей среде. – 2018. – 194. DOI:10.1088/1755-1315/194/8/082029.

Приянка Э.Б., Махесвари К., Минакшиприя Б., 2016 — *Приянка Э.Б., Махесвари К.,*

Минакишприя Б. // Журнал прикладных исследований и технологий. – 2016. – 14. ISSN: 1665–6423. № 04-2003-041513244000-203.

Русинов П.Г., Балашов А.В., Нифантьев И.Е., 2016 — Русинов П.Г., Балашов А.В., Нифантьев И.Е. Антитурбулентная добавка и способ ее получения, патент. –2016. – № 10. RU(11)2 579 588(13)C1. 10.04.2016.

Хан В.Дж., Донг Ю.З., Чой Х.Дж., 2017 — Хань В.Дж., Донг Ю.З., Чой Х.Дж. // Процессы, – 2017. – 5(2). – С. 24. DOI:10.3390/pr5020024.

Хонг Ч.Х., Джанг Ч.Х., Чой Х.Дж., 2015 — Хонг Ч.Х., Джанг Ч.Х., Чой Х. // J.Polymers, – 2015. – 7. – Рр. 1279–1298. DOI: 10.3390/polym7071279. (на китайском).

Ян Ч., 2020 – Ян Ч. Оценка влияния разрушения пути противотурбулентными добавками на их гидравлическую эффективность, диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, – 2020.

## REFERENCES

Abubakar A., Al-Hashmi A., Al-Wahaibi T., Al-Wahaibi Y., Al-Ajmi A., Eshtrati M., 2014 — Abubakar A., Al-Hashmi A., Al-Wahaibi T., Al-Wahaibi Y., Al-Ajmi A. Roles of drag reducing polymers in single- and multi-phase flows Eshtrati M. // Adv. Mech. Eng. –2014. –6. doi.org/10.1155/2014/20202073.

Akhmetov S., Akhmetov N., Iklasova Zh., Zaydemova Zh., 2021 — Akhmetov S., Akhmetov N., Iklasova Zh., Zaydemova Zh., Energy-saving technologies for oil and gas transportation // E3S Web of Conferences –2021. –288. –01051. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202128801051.

Alyabyev A.S., Dekhtyar E.F., Kabanov O.P., Osipov G.V., 2018 — Alyabyev A.S., Dekhtyar E.F., Kabanov O.P., Osipov G.V. Anti-turbulence additive. –2018. RU2667913C1. https://patents.google.com/patent/RU2667913C1/ru.

Balabukha A., Zvereva V., 2020 — alabukha A., Zvereva V. Evaluation of the effectiveness of anti-turbulent additives in the oil pipeline transportation. Key Trends in Transportation Innovation, // E3S Web Conf., – 2005. – V.157, – 02005. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015702005.

Belousov Yu.P., 1980 — Belousov Yu.P. Anti-turbulence additives for hydrocarbon liquids, –1980, Novosibirsk, Nauka;

Bogdevičius M., Janutėnienė J., Jonikas K., Guseinoviėnė E., Drakšas M., 2013 — Bogdevičius M., Janutėnienė J., Jonikas K., Guseinoviėnė E., Drakšas M. // Journal of Vibroengineering, –2018. – 15(1). – Pp. 419–427. ISSN (Print) 1392-8716.

Dai X., Li G., Li J., Xin Y., Yang G., Zhang Y., Synthesis of graphene–transition metal oxide hybrid nanoparticles and their application in various fields 2015 — // 2nd International Workshop on Materials Engineering and Computer Sciences (in China).

De Sousa C.A., Romero O.J., 2017 — De Sousa C.A., Romero O. // atin American Journal of Energy Research 4(1). –Pp. 17–29. DOI: 10.21712/lajer 2017.v4 n1, (in Eng.).

Edomwonyi-Otu L.C., 2015 — Edomwonyi-Otu L.C. Drag reduction in oil-water flows, PhD Thesis (Department of Chemical Engineering University College London. –2015 (in Eng.).

Han W.J., Dong Y.Z., Choi H.J., 2017 — Han W.J., Dong Y.Z., Choi H.J. // Processes, –2017. – 5(2). – P.24. DOI: 10.3390/pr5020024.

Hong C.H., Jang C.H., Choi H.J., 2015 — Hong C.H., Jang C.H., Choi H. // J. Polymers. –2015. – 7. – Pp. 1279–1298. DOI: 10.3390/polym7071279. (in China).

Japper-Jaafar A., M. Escudier B., Poole R.J., 2010 — Japper-Jaafar A., M. Escudier B., Poole R. // Journal Non-Newtonian Fluid Mechanics, –2010. –161. – Pp. 86–93. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202015702005.

Jubran B.A., Zurigat Y.H., Goosen M.F.A., 2005 — Jubran B.A., Zurigat Y.H., Goosen M.F.A. // Petroleum Science and Technology. – 205, – 3. DOI: 10.1081/LFT-200038223.

Karami H.R., Mowla D., Nonnewton J., 2012 — Karami H.R., Mowla D., Nonnewton J. Investigation of the effects of various parameters on pressure drop reduction in crude oil pipelines by drag reducing agents // Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics. Fluid Mech., –2012. –177(178). –Pp. 37–45. https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2012.04.001.

Manzhai V.N., Le Grand M.C., Abdousaliyev A.V., 2014 — *Manzhai V.N., Le Grand M.C., Abdousaliyev A.V.* // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, –2014.– 21. DOI: 10.1088/1755-1315/21/1/012028.

Nikolaev A.K., Demenin E.S., Plotnikova K.I., 2021 — *Nikolaev A.K., Demenin E.S., Plotnikova K.I.* Study of the use of anti-turbulent and depressant additives in pipeline transport of high-viscosity oil, // Equipment and technologies for the oil and gas complex. – 2021. - 4(124). Pp. 54–57. DOI: 10.33285/1999-6934-2021-4(124)-54-57.

Nikolaev A.K., Zaripova N.A., Erashov A.A., Demenin E.S., 2018 — *Nikolaev A.K., Zaripova N.A., Erashov A.A., Demenin E.S.* // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. –2018. –194. DOI: 10.1088/1755-1315/194/8/082029.

Priyanka E.B., Maheswari C., Meenakshipriya B., 2016 — *Priyanka E.B., Maheswari C., Meenakshipriya B.* // Journal of Applied Research and Technology. –2016, – 14. ISSN: 1665–6423. № 04-2003-041513244000-203.

Rusinov P.G., Balashov A.V., Nifantiev I.E., 2016 — *Rusinov P.G., Balashov A.V., Nifantiev I.E.* Anti-turbulent additive and method for its production, patent. –2016. – № 10. RU (11) 2 579 588(13) C1, 04/10/2016.

Yan Ch., 2020 – *Yan Ch.* Evaluation of the influence of track destruction of anti-turbulent additives on their hydraulic efficiency, thesis for the degree of candidate of technical sciences, - 2020.

## CONTENTS

### BIOTECHNOLOGY

<b>B.Z. Abdeliev, D. Baiboz</b> STUDY OF GENETIC DIVERSITY OF PATHOGENIC MICROORGANISMS.....	5
<b>D. Zhanabergenova, Zh.Zh.Chunetova, B.A. Zhumabaeva</b> GENETIC ANALYSIS OF THE TYPES OF DEVELOPMENT OF MUTANT LINES FROM COMMON WHEAT VARIETIES.....	13
<b>M.G. Kairova, P.V. Vesselova, G.M. Kudabayeva, G.T. Sitpayeva</b> POPLAR SPECIES IN KAZAKHSTAN AND SOME GENOTYPING PROBLEMS.....	24
<b>M.T. Kargayeva, Kh.A. Aubakirov, B.I. Toktosunov, S.D. Mongush, A.Kh. Abdurasulov, D.A. Baimukanov</b> BIOLOGICAL FEATURES OF MILKING MARES OF LOCAL EURASIAN BREEDS.....	33
<b>S. Manukyan</b> ANISOTROPY OF MICROORGANISMS IN DIFFERENT PARTS OF DUTCH CHEESE MASS PRODUCED BY TWO-SIDED PRESSING.....	43
<b>A.A. Nussupova, S.B. Dauletbaeva</b> STUDY OF PRODUCTIVITY AND LEAF RUST RESISTANCE OF WHEAT ISOGENIC LINES.....	52
<b>V.G. Semenov, V.G. Tyurin, A.V. Luzova, E.P. Simurzina, A.P. Semenova</b> SCIENTIFIC AND PRACTICAL JUSTIFICATION OF THE USE OF IMMUNOTROPIC AGENTS IN THE PREVENTION AND TREATMENT OF COW MASTITIS.....	68
<b>Ye.A. Simanchuk, G.J. Sultangazina, A.N. Kuprijanov</b> NATURAL OVERGROWTH OF THE DUMP SITES OF MINING ENTERPRISES IN THE KOSTANAY REGION.....	82

### PHYSICAL SCIENCES

<b>Zh.K. Aimasheva, D.V. Ismailov, Z.A. Oman, B.G. Orynbai</b> SYNTHESIS OF FULLERENES IN ANC DISCHARGE AND THEIR PURIFICATION FROM IMPURITIES.....	96
---	----

<b>E.B. Arinov, L.R. Kundakova, N.A. Ispulov, A.K. Seitkhanova, A.Zh. Zhumabekov</b> THE SOLUTION OF DIFFERENTIAL EQUATIONS FOR ELASTIC DISTURBANCES IN THE CYLINDRICAL COORDINATE SYSTEM WITH REGARD TO THE INERTIAL COMPONENTS.....	108
<b>D.M. Zharylgapova, A.Zh. Seytmuratov</b> SHORT-RANGE RADIO COMMUNICATION SYSTEMS CALCULATION.....	125
<b>V.Yu. Kim, I.M. Izmailova, A.Z. Umirbayeva, A. Beket, B. Talgatuly</b> AN ASTRONOMICAL CALENDAR. A PROGRAM AND ALGORITHMS.....	136
<b>N.O. Koylyk, A. Dalelkhankyzy, G.A. Kaptagay, A. Kokazhaeva, N.B. Shambulov</b> GROUP-THEORETICAL RESEARCH COLLECTIVE STATES OF MULTI-NUCLEON NUCLEAR SYSTEMS.....	148
<b>A. Marasulov, I.I. Safarov, M.Kh. Tessaev, G.A. Abdraimova, A.S. Tolep</b> PROPERTIES OF SURFACE WAVES IN A VISCOELASTIC HOLLOW CYLINDER.....	164
<b>A.Zh. Omar, A.B. Manapbayeva, M.T. Kyzgarina, T. Komeshe, N.Sh. Alimgazinova</b> STUDIES OF REGIONS IN THE AQUILA MOLECULAR CLOUD BY THE METHOD OF CO SELECTIVE DISSOCIATION.....	180
<b>A.J. Ospanova, G.N. Shynykulova, N.N. Shynykulova, Y.B. Jumanov</b> ACTION OF EXTERNAL MAGNETS ON A THREE-PHASE ELECTRIC GENERATOR.....	192
<b>Shomshekova S.A.</b> A REVIEW OF MACHINE LEARNING APPLICATIONS IN ASTRONOMY AND ASTROPHYSICS.....	206

## **CHEMISTRY**

<b>G.B. Begimbayeva, R.O. Orynassar, A.K. Zhumabekova</b> ON THE IMPACT OF STORAGE TIME ON THE COMPOSITION OF TECHNOLOGICAL LIME FOR FERROALLOY PRODUCTION.....	216
---	-----

<b>N.B. Zhumadilda, N.G. Gemejiyeva, Zh.Zh. Karzhaubekova, N.A. Sultanova</b> PHYTOCHEMICAL INVESTIGATION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES OF <i>HEDYSARUM SONGORICUM</i> BONG.....	229
<b>S.A. Dzhumadullaeva, A.B. Bayeshov, A.V. Kolesnikov</b> CATALYTIC SYNTHESIS OF CARBOXYLIC ACID HYDRAZIDES OF VARIOUS STRUCTURES.....	243
<b>M.M. Zinalieva, Z.Zh. Seidakhmetova, E.K. Assembayeva, D.E. Nurmukhanbetova, A.N. Aralbaeva</b> THE STUDY OF THE BIOLOGICAL VALUE OF CURD CHEESES ENRICHED WITH HERBAL SUPPLEMENTS.....	254
<b>M.R. Mamedova, A.B. Ibraimov, K. Ashimuly, S.S. Yegemova, M.B. Alimzhanova</b> VALIDATION OF THE METHODOLOGY FOR THE ANALYSIS OF ENDOCRINE DESTRUCTORS IN WATER.....	265
<b>S.S. Mendigaliyeva, I.S. Irgibaeva, N.N. Barashkov, T.V. Sakhno, A.A. Aldongarov</b> SYNTHESIS AND APPLICATION OF NANOTRACERS BASED ON MIXED IRON-COBALT OXIDE FOR EVALUATION OF THE QUALITY OF MIXING IN LIQUID FEED.....	282
<b>Zh.D. Tanatarova, E.K. Assembayeva, Z.Zh. Seidakhmetova, D.E. Nurmukhanbetova, A.B. Toktamyssova</b> STUDY OF QUALITY AND SAFETY OF PROBIOTIC DAIRY PRODUCTS.....	293
<b>A. Tukibayeva, R. Pankiewicz, A. Zhylysbayeva, G. Adyrbekova, D. Asylbekova</b> SPECTROSCOPIC AND SEMIEMPIRICAL INVESTIGATIONS OF LASALOCID ESTER WITH 2,2'-TRITHIOETHANOL (LasTio) AND ITS COMPLEXES WITH MONOVALENT CATIONS.....	304
<b>A.A. Sharipova, A.B. Isaeva, M. Lotfi, M.O. Issakhov, A.A. Babayev, S.B. Aidarova, G.M. Madybekova</b> ANTI-TURBULENT MATERIALS BASED ON SURFACTANTS AND NANOPARTICLES.....	314

## МАЗМҰНЫ

### БИОТЕХНОЛОГИЯ

**Б.З. Абделиев, Д. Байбоз**  
ПАТОГЕНДІК МИКРООРГАНИЗМДЕРДІҢ ГЕНЕТИКАЛЫҚ  
ӘРТҮРЛІЛІГІН ЗЕРТТЕУ.....5

**Д. Жаңаберженова, Ж.Ж. Чунетова, Б.А. Жумабаева**  
ЖАЗДЫҚ ЖҰМСАҚ БИДАЙ СОРТТАРЫНАН АЛЫНҒАН МУТАНТТЫ  
ЛИНИЯЛАРДЫҢ ДАМУ ТИПТЕРІНЕ ГЕНЕТИКАЛЫҚ ТАЛДАУ.....13

**М.Ж. Каирова, П.В. Веселова, Г.М. Кудабаяева, Г.Т. Ситпаева**  
ҚАЗАҚСТАННЫҢ ТЕРЕК ТҮРЛЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ  
ГЕНОТИПТЕУ МӘСЕЛЕСІ.....24

**М.Т. Каргаева, Х.А. Аубакиров, Б.И. Токтосунов, С.Д. Монгуш,  
А.Х. Абдурасулов, Д.А. Баймуканов**  
ЕУРАЗИЯНЫҢ ЖЕРГІЛІКТІ ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ САУЫН БИЕЛЕРІНІҢ  
БИОЛОГИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....33

**С.С. Манукян**  
ЕКІ ЖАҚТЫ ПРЕСС АРҚЫЛЫ ӨНДІРІЛГЕН ГОЛЛАНДИЯ ІРІМШІГІ  
МАССАСЫНЫҢ ӘРТҮРЛІ АЙМАҚТАРЫНДАҒЫ  
МИКРООРГАНИЗМДЕРДІҢ АНИЗОТРОПИЯСЫ.....43

**А.А. Нусупова, С.Б. Даулетбаева**  
БИДАЙДЫҢ ИЗОГЕНДІ ЛИНИЯЛАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІ МЕН  
ҚОҢЫР ТАТҚА ТӨЗІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ.....52

**В.Г. Семенов, В.Г. Тюрин, А.В. Лузова, Е.П. Симурзина, А.П. Семенова**  
СИБИРЛАРДА МАСТИТЕТТІҢ АЛДЫН АЛУ ЖӘНЕ ЕМДЕУ ҮШІН  
ИММУНОТРОПТЫҚ ДӘРІЛЕРДІ ҚОЛДАНУДЫҢ  
ҒЫЛЫМИ-ПРАКТИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕУІ.....68

**Е.А. Симанчук, Г.Ж. Сұлтанғазина, А.Н. Куприянов**  
ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫНЫҢ ТАУ КЕН ӨНДІРУ ӨНЕРКӘСІБІ  
КӘСІПОРЫНДАРЫНЫҢ ҮЙІНДІЛЕРІНІҢ ТАБИҒИ ӨСУІ.....82

### ФИЗИКА

**Ж.К. Аймашева, Д.В. Исмаилов, З.Ә. Оман, Б.Ғ. Орынбай**  
ФУЛЛЕРЕННІҢ ДОҒАЛЫҚ РАЗРЯДТАҒЫ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ  
ОНЫ ҚОСПАЛАРДАН ТАЗАРТУ.....96

<b>Е.Б. Аринов, Л.Р. Кундакова, Н.А. Испулов, А.К. Сейтханова, А.Ж. Жумабеков</b> ЦИЛИНДРЛІК КООРДИНАТАЛАР ЖҮЙЕСІНДЕ ИНЕРЦИЯЛЫҚ ҚОСЫЛҒЫШТАРДЫ ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, СЕРПІМДІ АУЫТҚУЛАР ҮШІН ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕРДІ ШЕШУ.....	108
<b>Д.М. Жарылғапова, А.Ж. Сейтмұратов</b> ҚЫСҚА АРАЛЫҚТАҒЫ РАДИОБАЙЛАНЫС ЖҮЙЕЛЕРІН ЕСЕПТЕУ....	125
<b>В.Ю. Ким, И.М. Измайлова, А.Ж. Умирбаева, А. Бекет, Б. Талғатұлы</b> АСТРОНОМИЯЛЫҚ КҮНТІЗБЕ. БАҒДАРЛАМА ЖӘНЕ АЛГОРИТМДЕР.....	136
<b>Н.О. Қойлық, А. Далелханқызы, Г.Ә. Қаптағай, А.Б. Кокажаева, Н.Б. Шамбулов</b> КӨП НУКЛОНДЫ ЯДРОЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ҰЖЫМДЫҚ КҮЙІН ТЕОРИЯЛЫҚ–ТОПТЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	148
<b>А. Марасулов, И.И. Сафаров, М.Х. Тешаев, Г.А. Абдраимова, Ә.С. Төлеп</b> ТҮТҚЫР-СЕРПІМДІ ҚУЫС ЦИЛИНДРДЕГІ БЕТТІК ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ.....	164
<b>А.Ж. Омар, А.Б. Манапбаева, М.Т. Кызгарина, Т. Көмеш, Н.Ш. Алимгазинова</b> AQUILA МОЛЕКУЛАЛЫҚ БҰЛТЫНЫҢ АЙМАҚТАРЫН СО ТАҢДАМАЛЫ ДИССОЦИАЦИЯСЫ ӘДІСІМЕН ЗЕРТТЕУ.....	180
<b>А.Ж. Оспанова, Г.Н. Шиникулова, Н.Н. Шиникулова, Е.Б. Джуманов</b> ҮШФАЗАЛЫ ЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРЛАРЫНА СЫРТҚЫ МАГНИТТЕРДІҢ ӘСЕР.....	192
<b>С.А. Шомшекова</b> АСТРОНОМИЯ ЖӘНЕ АСТРОФИЗИКА САЛАЛАРЫНДА МАШИНАМЕН ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНУ БОЙЫНША ШОЛУ.....	206
<b>ХИМИЯ</b>	
<b>Г.Б. Бегимбаева, Р.О. Орынбасар, А.К. Жумабекова</b> ФЕРРОҚОРЫТПА ӨНДІРІСІНДЕГІ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ӘКТИҢ ҚҰРАМЫНА САҚТАУ УАҚЫТЫНЫҢ ӘСЕРІ.....	216
<b>Н.Б. Жұмаділда, Н.Г. Гемеджиева, Ж.Ж. Қаржаубекова, Н.А. Сұлтанова</b> <i>HEDYSARUM SONGORICUM</i> BONG. БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРЫНЫҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ.....	229



<b>С.А. Жұмаділлаева, А.Б. Баешов, А.В. Колесников</b> ҚҰРЫЛЫСЫ ӘРТҮРЛІ КАРБОН ҚЫШҚЫЛДАРЫ ГИДРАЗИДТЕРІНІҢ КАТАЛИТТІК СИНТЕЗІ.....	243
<b>М.М. Зиналиева, З.Ж. Сейдахметова, Э.К. Асембаева, Д.Е. Нурмуханбетова, А.Н. Аралбаева</b> ӨСІМДІК ТЕКТІ ҚОСПАЛАРМЕН БАЙТЫЛҒАН СҮЗБЕ ІРІМШІКТЕРДІҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ.....	254
<b>М.Р. Мамедова, А.Б. Ибраимов, К. Ашимулы, С.С. Егемова, М.Б. Алимжанова</b> СУДАҒЫ ЭНДОКРИНДЫҚ ДИСТРУКТОРЛАРДЫ ТАЛДАУ ӘДІСТЕМЕСІН ВАЛИДАЦИЯЛАУ.....	265
<b>С.С. Мендіғалиева, И.С. Иргібаева, Н.Н. Барашков, Т.В. Сахно, А.А. Алдонгаров</b> СҮЙЫҚ АЗЫМДА АРАЛАСТЫРУ САПАСЫН БАҒАЛАУ ҮШІН АРАС ТЕМІР-КОБАЛТ ОКСИДІНІҢ НЕГІЗІНДЕГІ НАНОТРЕКЕРЛЕРДІ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ.....	282
<b>Ж.Д. Танатарова, Э.К. Асембаева, З.Ж. Сейдахметова, Д.Е. Нурмуханбетова, А.Б. Токтамысова</b> ПРОБИОТИКАЛЫҚ СҮТ ӨНІМДЕРІНІҢ САПАСЫ МЕН ҚАУІПСІЗДІГІН ЗЕРТТЕУ.....	293
<b>А.С. Тукибаева, Р. Панкевич, А. Жылысбаева, Г. Адырбекова, Д. Асылбекова</b> ЛАЗАЛОЦИДТІҢ 2,2'-ТРИТИОЭТАНОЛМЕН ЭФИРИН (LasTio) ЖӘНЕ ОНЫҢ МОНОВАЛЕНТТІ КАТИОНДАРМЕН КОМПЛЕКСТЕРІН СПЕКТРОСКОПИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ЖАРТЫЛАЙ ЭМПИРИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	304
<b>А.А. Шарипова, А.Б. Исаева, М. Лотфи, М.О. Исахов, А.А. Бабаев, С.Б. Айдарова, Г.М. Мадыбекова</b> БЕТТІК БЕЛСЕНДІ ЗАТТАР МЕН НАНОБӨЛШЕКТЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ТУРБУЛЕНТКЕ ҚАРСЫ МАТЕРИАЛДАР.....	314

**СОДЕРЖАНИЕ****БИОТЕХНОЛОГИЯ**

<b>Б.З. Абделиев, Д. Байбоз</b> ИЗУЧЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПАТОГЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ.....	5
<b>Д. Жаңаберженова, Ж.Ж. Чунетова, Б.А. Жумабаева</b> ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТИПОВ РАЗВИТИЯ МУТАНТНЫХ ЛИНИЙ ОТ СОРТОВ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ.....	13
<b>М.Ж. Каирова, П.В. Веселова, Г.М. Кудабаева, Ситпаева Г.Т.</b> ВИДЫ ТОПОЛЯ В КАЗАХСТАНЕ И НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ГЕНОТИПИРОВАНИЯ.....	24
<b>М.Т. Каргаева, Х.А. Аубакиров, Б.И. Токтосунов, С.Д. Монгуш, А.Х. Абдурасулов, Д.А. Баймуканов</b> БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДОЙНЫХ КОБЫЛ МЕСТНЫХ ПОРОД ЕВРАЗИИ.....	33
<b>С.С. Манукян</b> АНИЗОТРОПИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В РАЗЛИЧНЫХ УЧАСТКАХ ГОЛЛАНДСКОЙ СЫРНОЙ МАССЫ, ВЫРАБОТАННОЙ ДВУХСТОРОННИМ ПРЕССОВАНИЕМ.....	43
<b>А.А. Нусупова, С.Б. Даулетбаева</b> ИЗУЧЕНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ К БУРОЙ РЖАВЧИНЕ ИЗОГЕННЫХ ЛИНИЙ ПШЕНИЦЫ.....	52
<b>В.Г. Семенов, В.Г. Тюрин, А.В. Лузова, Е.П. Симурзина, А.П. Семенова</b> НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ИММУНОТРОПНЫХ СРЕДСТВ В ПРОФИЛАКТИКЕ И ТЕРАПИИ МАСТИТА КОРОВ.....	68
<b>Е.А. Симанчук, Г.Ж. Султангазина, А.Н. Куприянов</b> ЕСТЕСТВЕННОЕ ЗАРАСТАНИЕ ОТВАЛОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ.....	82
<b>ФИЗИКА</b>	
<b>Ж.К. Аймашева, Д.В. Исмаилов, З.Э. Оман, Б.Ф. Орынбай</b> СИНТЕЗ Фуллеренов в дуговом разряде и их очистка от примесей.....	96

<b>Е.Б. Аринов, Л.Р. Кундакова, Н.А. Испулов, А.К. Сейтханова, А.Ж. Жумабеков</b> РЕШЕНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ДЛЯ УПРУГИХ ВОЗМУЩЕНИЙ В ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ КООРДИНАТ С УЧЕТОМ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ.....	108
<b>Д.М. Жарылгапова, А.Ж. Сейтмуратов</b> РАСЧЕТ СИСТЕМ РАДИОСВЯЗИ МАЛОЙ ДАЛЬНОСТИ.....	125
<b>В.Ю. Ким, И.М. Измайлова, А.Ж. Умирбаева, А. Бекет, Б. Талгатулы</b> АСТРОНОМИЧЕСКИЙ КАЛЕНДАРЬ. ПРОГРАММА И АЛГОРИТМЫ.....	136
<b>Н.О. Койлык, А. Далелханқызы, Г.Ә. Қаптағай, А.Б. Кокажаева, Н.Б. Шамбулов</b> ТЕОРЕТИКО–ГРУППОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЛЕКТИВНЫХ СОСТОЯНИЙ МНОГОНУКЛОННЫХ ЯДЕРНЫХ СИСТЕМ.....	148
<b>А. Марасулов, И.И. Сафаров, М.Х. Тешаев, Г.А. Абдраимова, А.С. Тулеп</b> СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОЛН В ВЯЗКО-УПРУГОМ ПОЛОМ ЦИЛИНДРЕ.....	164
<b>А.Ж. Омар, А.Б. Манапбаева, М.Т. Кызгарина, Т. Комеш, Н.Ш. Алимгазина</b> ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДИКОЙ С СЕЛЕКТИВНОЙ ДИССОЦИАЦИИ ОБЛАСТЕЙ МОЛЕКУЛЯРНОГО ОБЛАКА AQUILA.....	180
<b>А.Ж. Оспанова, Г.Н. Шиникулова, Н.Н. Шиныкулова, Е.Б. Джуманов</b> ВОЗДЕЙСТВИЕ ВНЕШНИХ МАГНИТОВ НА ТРЕХФАЗНЫЕ ГЕНЕРАТОРЫ.....	192
<b>С.А. Шомшекова</b> ОБЗОР ПО ПРИМЕНЕНИЮ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В АСТРОНОМИИ И АСТРОФИЗИКЕ.....	206

## **ХИМИЯ**

<b>Г.Б. Бегимбаева, Р.О. Орынбасар, А.К. Жумабекова</b> О ВОЗДЕЙСТВИИ СРОКОВ ХРАНЕНИЯ НА СОСТАВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИЗВЕСТИ ДЛЯ ФЕРРОСПЛАВНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	216
---	-----

<b>Н.Б. Жумадильда, Н.Г. Гемеджиева, Ж.Ж. Каржаубекова, Н.А. Султанова</b> ФИТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ <i>HEDYSARUM SONGORICUM</i> BONG.....	229
<b>С.А. Джумадуллаева, А.Б. Баешов, А.В. Колесников</b> КАТАЛИТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ГИДРАЗИДОВ КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ РАЗЛИЧНОГО СТРОЕНИЯ.....	243
<b>М.М. Зиналиева, З.Ж. Сейдахметова, Э.К. Асембаева, Д.Е. Нурмуханбетова, А.Н. Аралбаева</b> ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ТВОРОЖНЫХ СЫРОВ, ОБОГАЩЕННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ.....	254
<b>М.Р. Мамедова, А.Б. Ибраимов, К. Ашимулы, С.С. Егемова, М.Б. Алимжанова</b> ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДОЛОГИИ АНАЛИЗА ЭНДОКРИННЫХ ДЕСТРУКТОРОВ В ВОДЕ.....	265
<b>С.С. Мендигалиева, С. Иргибаетова, Н.Н. Барашков, Т.В. Сахно</b> СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ ОКСИДОВ ЖЕЛЕЗА И КОБАЛЬТА В КАЧЕСТВЕ НАНОТРЕЙСЕРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА СМЕШИВАНИЯ В ЖИДКИХ КОРМАХ.....	282
<b>Ж.Д. Танатарова, Э.К. Асембаева, З.Ж. Сейдахметова, Д.Е. Нурмуханбетова, А.Б. Токтамысова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ ПРОБИОТИЧЕСКИХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ.....	293
<b>А.С. Тукибаева, Р. Панкевич, А. Жылысбаева, Г. Адырбекова, Д. Асылбекова</b> СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ И ПОЛУЭМПИРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФИРА ЛАЗАЛОЦИДА С 2,2'-ТРИТИОЭТАНОЛОМ ( <i>LasTio</i> ) И ЕГО КОМПЛЕКСОВ С ОДНОВАЛЕНТНЫМИ КАТИОНАМИ.....	304
<b>А.А. Шарипова, А.Б. Исаева, М. Лотфи, М.О. Исахов, А.А. Бабаев, С.Б. Айдарова, Г.М. Мадыбекова</b> ПРОТИВОТУРБУЛЕНТНЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ПАВ И НАНОЧАСТИЦ.....	314

## **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>**

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 30.03.2023.

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

22,0 п.л. Тираж 300. Заказ 1.