№5

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ПРЕЗИДЕНТІНІҢ ЖАНЫНДАҒЫ ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ

ISSN 2304-3334
№05(113)2026

ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ

ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

RESEARCH, RESULTS
SCIENTIFIC JOURNAL

АЛМАТЫ

KAZAKH NATIONAL AGRARIAN RESEARCH UNIVERSITY
NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF KAZAKHSTAN UNDER THE PRESIDENT OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ҚАЗАҚ ҰЛТТЫҚ АГРАРЛЫҚ ЗЕРТТЕУ УНИВЕРСИТЕТІ
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ПРЕЗИДЕНТІНІҢ ЖАНЫНДАҒЫ
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ

КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ АГРАРНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Research, results	**Ізденістер, нәтижелер**	**Исследования, результаты**
Published since 1999.	Издается с 1999 г. Том	Издается с 1999 г.
Volume 28. No.113. 2026	28. No.113. 2026	Том 28. No.113. 2026

Зарегистрировано в Министерстве информации и общественного согласия РК. Свидетельство об учетной регистрации №482-Ж от 25 ноября 1998 года.
Зарегистрировано в Международном центре регистрации серийных изданий ISSN (ЮНЕСКО, Париж, Франция). ISSN 2304–3334.

Приказом №148 от 27.12.2022 г. Комитета по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК научный журнал «Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты» КазНАИУ включен в Перечень изданий, рекомендуемых для публикации основных результатов научной деятельности (сельскохозяйственные науки).

С целью объединения усилий, продвижения и популяризации результатов научных изысканий казахстанских ученых в мировом сообществе, согласно Соглашения №27 от 15 августа 2023 года НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет» совместно с НАО «Национальная академия наук Республики Казахстан при Президенте Республики Казахстан» издает научный журнал «Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты».

© Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты, 2026

EDITORIAL BOARD

EDITOR-IN-CHIEF:

Akhylbek Kazhigulovich Kurishbayev — Editor-in-Chief, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, President of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan under the President of the Republic of Kazakhstan, Academician; (Scopus h-9)

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

Primkul Sholpankulovich Ibragimov — Deputy Editor-in-Chief, Doctor of Veterinary Sciences, Professor; (Scopus h-3)

EDITORIAL TEAM:

Abilai Ryspaevich Sansyzbay — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kazakh National Agrarian Research University. (Scopus h-16)
Nurzhan Biltebaikyzy Sarsembayeva — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kazakh National Agrarian Research University. (Scopus h-8)
Akhmetzhan Akievich Sultanov — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kazakh National Agrarian Research University, Director of the Department of Science; (Scopus h-12)
Sobiech Przemyslaw Hubert — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland; (Scopus h-12)
Andrey Pavlinovich Bogoyavlensky — Doctor of Biological Sciences, Professor, "Research and Production Center of Microbiology and Virology" LLP; (Scopus h-16)
Iancu Ionica Mihaela — Associate Professor, PhD, Faculty of Veterinary Medicine, Banat University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine "King Michael I of Romania", Timişoara, Romania. Specialization: veterinary sciences, microbiology, infectious diseases, antimicrobial resistance; (Web of Science - 8).
Jan MICIŃSKI — PhD, University of Warmia and Mazury, Poland; (Scopus h-8)
Aibyn Adepkhanovich Torekhanov — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Chairman of the Board of "Kazakh Research Institute of Animal Husbandry and Fodder Production" LLP; (Scopus h-3)
Kairat Zhaleluly Iskhan — Candidate of Agricultural Sciences, Professor of the "Department of Animal Biology" named after Academician N.O. Bazanova, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-4)
Sholpan Rakhimbekovna Adylkanova — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Zooengineering and Biotechnology, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-5)
Koray Kırıkçı — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Department of Animal Science, Faculty of Agriculture, Ahi Evran University, Turkey; (Scopus h-6)
Temirzhan Yerkasovich Aitbayev — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician, Chairman of the Board of "Kazakh Research Institute of Fruit and Vegetable Growing" LLP; (Scopus h-5)
Sholpan Orazovna Bastaubayeva — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Chairman of the Board of "Kazakh Research Institute of Agriculture and Plant Growing" LLP; (Scopus h-8)
Bakhytzhan Alisherovich Duisembekov — Candidate of Biological Sciences, Chairman of the Board of "Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zhazken Zhiembaev" LLP; (Scopus h-7)
Erlan Bozanbayuly Dutbayev — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the "Department of Plant Protection and Quarantine", Kazakh National Agrarian Research University**;** (Scopus h-9)
Aigul Absultanovna Zhapparova — Candidate of Agricultural Sciences, Professor at the "Department of Soil Science, Agrochemistry and Ecology", Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-6)
Ashimkhan Toktasynovich Kanaev — Doctor of Biological Sciences, Professor at the "Department of Soil Science, Agrochemistry and Ecology", Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-4)
Fabián G.Fernández — PhD, Professor, University of Minnesota, USA; (Scopus h-28)
Elmira Saljnikov — PhD, Professor, University of Belgrade, Serbia; Professor at the Institute of Multidisciplinary Research; (Scopus h-14)
Askhat Khamitovich Naushabayev — PhD, Associate Professor at the "Department of Soil Science, Agrochemistry and Ecology", Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-4)
Wenfeng Liu - PhD, Professor, China Agricultural University; (Scopus h-39)
Mukhamadkhan Khamidov — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Uzbekistan; (Scopus h-14)
Ainur Yesirkepovna Aldiyarova — PhD, Associate Professor, Kazakh National Agrarian Research University;

(Scopus h-4)
Kanat Kurmanovich Anuarbekov — PhD, Associate Professor, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-5)
Azamat Sansyzbayevich Madibekov — PhD, Associate Professor, Head of the Laboratory "Hydrochemistry and Environmental Toxicology", Institute of Geography and Water Security; (Scopus h-8)
Dani Nurgisaevna Sarsekova — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Forestry and Land Resources, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-8)
Aizhan Naskenovna Zhildikbayeva — PhD, Associate Professor, Department of Land Resources and Cadastre, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-7)
Daniyar Akhmetovich Dosmanbetov — PhD, Associate Professor, Leading Researcher at the Almaty Branch of the "Kazakh Research Institute of Forestry and Agroforestry named after A.N. Bokeikhan" LLP; (Scopus h-10)
Sezgin AYAN — Professor, PhD, Kastamonu University, Faculty of Forestry, Head of the Department of Silviculture, Turkey (Scopus h-14)
Roman Vladimirovich Shults — PhD, Professor, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Saudi Arabia; (Scopus h-11)
Komil Dullievich Astanakulov — Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Agricultural Machinery and Technologies, National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers", Uzbekistan; (Scopus h-20)
Sayakhat Orazovich Nukeshov — Doctor of Technical Sciences, Professor at S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University, Department of Technical Mechanics; (Scopus h-8)
Marat Zhalelovich Khazimov — Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Energy and Electrical Engineering, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-5)
Daskalov Plamen — PhD, Professor, University of Ruse "Angel Kanchev", Vice-Rector for Development Coordination and Continuing Education, Bulgaria; (Scopus h-10)
Abdurakhim Suleimanovich Berdyshev — Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Energy and Electrical Engineering, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-8)
Anatoly Nikolaevich Ostrikov — Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State University of Engineering Technologies, Head of the Department of Processes and Apparatus of Chemical and Food Production;(Scopus h-7)
Liviu Gaceu - Professor, Transilvania University of Braşov, Romania; (Scopus h-9)
Aigul Kulakhmetovna Timurbекova — Candidate of Technical Sciences, Professor of the Department of Food Technology and Safety, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-9)
Maksat Risbekovich Toyshimanov — PhD, Senior Lecturer in the Department of Food Technology and Safety, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-8)
Gulmira Serikbaykyzy Kenenbai — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, "Kazakh Research Institute of Processing and Food Industry" LLP (Scopus h-5)

Scientific Journal "Research, Results"
Publication frequency: 6 issues per year
Languages: Kazakh, Russian, English
DOI prefix: 10.37884
ISSN: 2304-3334.
Scope: "Stock-Raising and Veterinary"; "Agriculture, Agrochemical, Feed Production, Agroecology"; "Water, Land, and Forest Resources"; "Agriculture Mechanization and Electrification".
Distribution: Materials are distributed under the Creative Commons Attribution 4.0
Website: https://journal.kaznaru.edu.kz
Founder/Publisher: Kazakh National Agrarian Research University; National Academy of Sciences of Kazakhstan under the President of the Republic of Kazakhstan
Copyright: © Research, Results, 2026

РЕДАКЦИЯ

БАС РЕДАКТОР:

Куришбаев Ахылбек Кажигулович — бас редактор, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, ҚР Президенті жанындағы ҚР Ұлттық ғылым академиясының президенті, академик; (Scopus h-9)

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

Ибрагимов Примкул Шолпанкулович — бас редактордың орынбасары, ветеринария ғылымдарының докторы, профессор; (Scopus h-3)

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

Сансызбай Абылай Рыспаевич — ветеринария ғылымдарының докторы, профессор. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті; (Scopus h-16)

Сарсембаева Нуржан Білтебайқызы — ветеринария ғылымдарының докторы, профессор. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті; (Scopus h-8)

Султанов Ахметжан Акиевич — ветеринария ғылымдарының докторы, профессор, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Ғылым департаментінің директоры; (Scopus h-12)

Sobiech Przemyslaw Hubert — ветеринария ғылымдарының докторы, профессор. Ольштындағы Вармин-Мазур университеті, Польша; (Scopus h-12)

Богоявленский Андрей Павлинович — биология ғылымдарының докторы, профессор. «Микробиология және вирусология ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС; (Scopus h-16)

Iancu Ionica Mihaela — доцент, PhD., Король Михай I атындағы Банат ауылшаруашылық ғылымдары және ветеринарлық медицина университетінің Ветеринарлық медицина факультеті (Тимишоара, Румыния). Мамандану салалары: ветеринария ғылымдары, микробиология, жұқпалы аурулар, микробқа қарсы төзімділік; (Web of Science-8).

Jan MICIŃSKI — PhD, Вармин-Мазур университеті, Польша; (Scopus h-8)

Тореханов Айбын Адепханович — ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, «Қазақ мал шаруашылығы және жемшөп өндіру ғылым-зерттеу институты» ЖШС Басқарма төрағасы; (Scopus h-3)

Исхан Кайрат Жәлелұлы — ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты. Қазақ ұлттық аграрлық зерт-теу университеті, академик Н.О. Базанова атындағы «Жануарлар биологиясы» кафедрасының профессоры; (Scopus h-4)

Адылканова Шолпан Рахимбековна — ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, зооинженерия және биотехнология кафедрасының профессоры; (Scopus h-5)

Корай Кырыкчы — ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы. Ахи Эвран университетінің ауыл шаруашылығы факультетінің зоотехния кафедрасының профессоры (Түркия); (Scopus h-6)

Айтбаев Темиржан Еркасович — ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, академик, «Қазақ жеміс-көкөніс шаруашылығы ҒЗИ» ЖШС Басқарма төрағасы; (Scopus h-5)

Бастаубаева Шолпан Оразовна — ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор. «Қазақ егіншілік және Өсімдік шаруашылығы ҒЗИ» ЖШС басқарма төрағасы; (Scopus h-8)

Дуйсембеков Бахытжан Әлішерович — биология ғылымдарының кандидаты, «Жазкен Жиембаев атындағы өсімдіктерді қорғау және карантин Қазақ ғылыми-зерттеу институты» ЖШС Басқарма төрағасы; (Scopus h-7)

Дутбаев Ерлан Бозанбайұлы — ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті. Бау-бақша, өсімдіктерді қорғау және карантин кафедрасының қауымдастырылған профессоры; (Scopus h-9)

Жаппарова Айгул Абсултановна — ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, профессор. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті. Топырақтану, агрохимия және экология кафедрасының профессоры; (Scopus h-6)

Канаев Ашимхан Токтасынович — биология ғылымдарының докторы, профессор. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті. Топырақтану, агрохимия және экология кафедрасының профессоры; (Scopus h-4)

Fabián G.Fernández — философия докторы, профессор. Миннесота университетінің профессоры (Америка Құрама Штаттары); (Scopus h-28)

Elmira Saljnikov — философия докторы, профессор. Белград Университеті, Белград, Сербия. Көпсалалы зерттеулер институтының ғылыми қызметкері (профессор). (Scopus h-14)

Наушабаев Асхат Хамитович — PhD, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті. «Топырақтану, агрохимия және экология» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; (Scopus h-4)

Wenfeng Liu — PhD, профессор. Қытай ауылшаруашылық университеті (China Agricultural University); (Scopus h-39)
Хамидов Мухамадхан — ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор. Ташкент суару және ауыл шаруашылығын механикаландыру инженерлері институты, Өзбекстан; (Scopus h-14)
Алдиярова Айнур Есиркеповна — PhD, қауымдастырылған профессор. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті; (Scopus h-4)
Ануарбеков Канат Курманович — PhD, қауымдастырылған профессор. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті; (Scopus h-5)
Мадибеков Азамат Сансызбаевич — PhD, қауымдастырылған профессор. «Гидрохимия және экологиялық токсикология» зертханасының жетекшісі, География және су қауіпсіздігі институты; (Scopus h-8)
Сарсекова Дани Нургисаевна — ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, «Орман шаруашылығы және жер ресурстары» факультетінің деканы; (Scopus h-8)
Жилдикбаева Айжан Наскеновна — PhD, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, «Жер ресурстары және кадастр» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; (Scopus h-7)
Досманбетов Данияр Ахметович — PhD, қауымдастырылған профессор, «Ә. Н. Бөкейхан атындағы орман шаруашылығы және агроорман шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС Алматы филиалының жетекші ғылыми қызметкері; (Scopus h-10)
Sezgin AYAN — доктор профессор, Кастамону университеті, орман шаруашылығы факультеті, орман шаруашылығы бөлімінің меңгерушісі (Түркия); (Scopus h-14)
Шульц Роман Владимирович — PhD, профессор. Король Фадх атындағы Мұнай және минералдар университеті, Сауд Арабиясы; (Scopus h-11)
Астанакулов Комил Дуллиевич — техника ғылымдарының докторы. Өзбекстанның «Ташкент ирригация және ауыл шаруашылығын механикаландыру инженерлері институты» Ұлттық зерттеу университетінің «Ауыл шаруашылығы техникасы және технологиясы» кафедрасының меңгерушісі; (Scopus h-20)
Нукешов Саяхат Оразович — техника ғылымдарының докторы, профессор. С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті. «Техникалық механика» кафедрасының профессоры; (Scopus h-8)
Хазимов Марат Жалелович — техника ғылымдарының кандидаты. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, «Энергетика және электротехника» кафедрасының профессоры; (Scopus h-5)
Daskalov Plamen — PhD, профессор, Ангел Кънчев атындағы Русе Университеті, даму, үйлестіру және білікті тілікті арттыру жөніндегі проректор, Болгария; (Scopus h-10)
Бердышев Абдурахим Сулейманович — техника ғылымдарының докторы, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, «Энергетика және электротехника» кафедрасының профессоры; (Scopus h-8)
Остриков Анатолий Николаевич — техника ғылымдарының докторы, профессор. Воронеж мемлекеттік инженерлік технологиялар университеті (РФ), «Химиялық және тамақ өндірісінің процестері мен аппараттары» кафедрасының меңгерушісі; (Scopus h-7)
Ливию Гачео — профессор Трансильван университетінің профессоры (Брашов қ., Румыния); (Scopus h-9)
Тимурбекова Айгуль Кулахметовна — техника ғылымдарының кандидаты. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, «Тамақ өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының профессоры; (Scopus h-9)
Тойшиманов Максат Рисбекович — PhD, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, «Тамақ өнімдерінің технологиясы және қауіпсіздігі» кафедрасының аға оқытушысы; (Scopus h-8)
Кененбай Гүлмира Серікбайқызы — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор (доцент). «Қазақ қайта өңдеу және тамақ өнеркәсібі ғылыми-зерттеу институты» ЖШС; (Scopus h-5)

«Зерттеулер, нәтижелер» ғылыми журналы
Жиілігі: жылына 6 шығарылым.
Басылым тілі: қазақ, орыс, ағылшын.
Префикс DOI: 10.37884
ISSN: 2304-3334.
Тақырыптық бағыты: «мал шаруашылығы және ветеринария»; «егіншілік, агрохимия, жемшөп өндірісі, агроэкология»; «су, жер және орман ресурстары»; «ауыл шаруашылығын механикаландыру және электрлендіру».
Тарату: материалдар Creative Commons Attribution 4.0 лицензиясы бойынша таратылады
Веб-сайт: https://journal.kaznaru.edu.kz
Құрылтайшысы / баспагері: Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті; Қазақстан Республикасы Президентінің жанындағы Қазақстан Республикасының Ұлттық Ғылым академиясы
Авторлық құқық: © Зерттеулер, нәтижелер, 2026

РЕДАКЦИЯ

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Куришбаев Ахылбек Кажигулович — главный редактор, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Президент Национальной академии наук РК при Президенте РК, академик; (Scopus h-9)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Ибрагимов Примкул Шолпанкулович — заместитель главного редактора, доктор ветеринарных наук, профессор; (Scopus h-3)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Сансызбай Абылай Рыспаевич — доктор ветеринарных наук, профессор. Казахский национальный аграрный исследовательский университет; (Scopus h-16)

Сарсембаева Нуржан Білтебайқызы — доктор ветеринарных наук, профессор. Казахский национальный аграрный исследовательский университет; (Scopus h-8)

Султанов Ахметжан Акиевич — доктор ветеринарных наук, профессор, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, директор департамента науки; (Scopus h-12)

Sobiech Przemyslaw Hubert — доктор ветеринарных наук, профессор. Варминьско-Мазурский университет в Ольштыне, Польша; (Scopus h-12)

Богоявленский Андрей Павлинович — доктор биологических наук, профессор. ТОО «Научно-производственный центр микробиологии и вирусологии»; (Scopus h-16)

Iancu Ionica Mihaela — доцент, PhD. Факультет ветеринарной медицины Университета сельскохозяйственных наук и ветеринарной медицины Баната имени короля Михая I (г. Тимишоара, Румыния). Области специализации: ветеринарные науки, микробиология, инфекционные заболевания, антимикробная резистентность; (Web of Science – 8).

Jan MICIŃSKI — PhD, Варминско-Мазурский университет, Польша; (Scopus h-8)

Тореханов Айбын Адепханович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Председатель правления ТОО «Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства»**;** (Scopus h-3)

Исхан Кайрат Жәлелұлы — кандидат сельскохозяйственных наук. Казахский национальный аграрный исследовательский университет, профессор кафедры «Биология животных» имени академика Н. О. Базановой; (Scopus h-4)

Адылканова Шолпан Рахимбековна — доктор сельскохозяйственных наук. Казахский национальный аграрный исследовательский университет, профессор кафедры зооинженерии и биотехнологии; (Scopus h-5)

Корай Кырыкчы – доктор сельскохозяйственных наук. Профессор кафедры зоотехнии факультета сельского хозяйства Университета Ахи Эвран (Турция); (Scopus h-6)

Айтбаев Темиржан Еркасович — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик, Председатель Правления ТОО «Казахский НИИ плодоовощеводства»; (Scopus h-5)

Бастаубаева Шолпан Оразовна — кандидат сельскохозяйственных наук, ассоциированный профессор. Председатель правления ТОО «Казахский НИИ земледелия и растениеводства»; (Scopus h-8)

Дуйсембеков Бахытжан Әлішерович — кандидат биологических наук, Председатель правления ТОО «Казахский научно-исследовательский институт защиты и карантина растений имени Жазкена Жиембаева»; (Scopus h-7)

Дутбаев Ерлан Бозанбайұлы — кандидат сельскохозяйственных наук. Казахский национальный аграрный исследовательский университет. Ассоциированный профессор кафедры плодоовощеводства, защиты и карантина растений; (Scopus h-9)

Жаппарова Айгул Абсултановна — кандидат сельскохозяйственных наук, профессор. Казахский национальный аграрный исследовательский университет. Профессор кафедры почвоведения, агрохимии и экологии; (Scopus h-6)

Канаев Ашимхан Токтасынович — доктор биологических наук, профессор. Казахский национальный аграрный исследовательский университет. Профессор кафедры почвоведения, агрохимии и экологии; (Scopus h-4)

Fabián G.Fernández — доктор философии, профессор. Профессор Университета Миннесоты (Соединённые Штаты Америки); (Scopus h-28)

Elmira Saljnikov — доктор философии, профессор. Университет Белграда, Белград, Сербия. Научный сотрудник (профессор) Института многопрофильных исследований; (Scopus h-14)

Наушабаев Асхат Хамитович — PhD, Казахский национальный аграрный исследовательский университет. Ассоциированный профессор кафедры «Почвоведение, агрохимия и экология»; (Scopus h-4)

Wenfeng Liu — PhD, профессор. Китайский сельскохозяйственный университет (China Agricultural University); (Scopus h-39)

Хамидов Мухамадхан — доктор сельскохозяйственных наук, профессор. Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Узбекистан; (Scopus h-14)

Алдиярова Айнур Есиркеповна — PhD, ассоциированный профессор. Казахский национальный аграрный исследовательский университет; (Scopus h-4)
Ануарбеков Канат Курманович — PhD, ассоциированный профессор. Казахский национальный аграрный исследовательский университет; (Scopus h-5)
Мадибеков Азамат Сансызбаевич — PhD, ассоциированный профессор. Руководитель лаборатории «Гидрохимия и экологическая токсикология», Институт географии и водной безопасности; (Scopus h-8)
Сарсекова Дани Нургисаевна — доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Декан факультета «Лесное хозяйство и земельные ресурсы»; (Scopus h-8)
Жилдикбаева Айжан Наскеновна — PhD, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, ассоциированный профессор кафедры «Земельные ресурсы и кадастр»; (Scopus h-7)
Досманбетов Данияр Ахметович — PhD, ассоциированный профессор, ведущий научный сотрудник Алматинского филиала ТОО «Научноисследовательский институт лесного хозяйства и агролесомелиорации имени Ә.Н. Бөкейхана»; (Scopus h-10)
Sezgin AYAN — доктор профессор, Кастамону университет, факультет лесного хозяйства, заведующий отделом лесоводства (Турция); (Scopus h-14)
Шульц Роман Владимирович — PhD, профессор. Университет нефти и минералов имени короля Фадха, Саудовская Аравия; (Scopus h-11)
Астанакулов Комил Дуллиевич — доктор технических наук. Заведующей кафедры «Сельскохозяйственные техники и технологии» Национального исследовательского университета «Ташкентского института инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства», Узбекистан; (Scopus h-20)
Нукешов Саяхат Оразович — доктор технических наук, профессор. Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина. Профессор кафедры «Техническая механика»; (Scopus h-8)
Хазимов Марат Жалелович — кандидат технических наук. Казахский национальный аграрный исследовательский университет, профессор кафедры «Энергетика и электротехника»; (Scopus h-5)
Daskalov Plamen — PhD, профессор, Университет Русе имени Ангела Кънчева, проректор по вопросам развития, координации и повышения квалификации, Болгария; (Scopus h-10)
Бердышев Абдурахим Сулейманович — доктор технических наук, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, профессор кафедры «Энергетика и электротехника»; (Scopus h-8)
Остриков Анатолий Николаевич — доктор технических наук, профессор. Воронежский государственный университет инженерных технологий (РФ), заведующий кафедрой «Процессы и аппараты химических и пищевых производств»; (Scopus h-7)
Ливию Гачео — профессор Трансильванского университета (г. Брашов, Румыния); (Scopus h-9)
Тимурбекова Айгуль Кулахметовна — кандидат технических наук. Казахский национальный аграрный исследовательский университет, профессор кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов»; (Scopus h-9)
Тойшиманов Максат Рисбекович — PhD, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, старший преподаватель кафедры «Технология и безопасность пищевых продуктов»; (Scopus h-8)
Кененбай Гүлмира Серікбайқызы — кандидат технических наук, ассоциированный профессор (доцент). ТОО «Казахский научноисследовательский институт перерабатывающей и пищевой промышленности»; (Scopus h-5)

Научный журнал «Исследования, результаты»
Периодичность: 6 выпусков в год.
Язык издания: казахский, русский, английский.
Префикс DOI: 10.37884
ISSN: 2304-3334.
Тематическая направленность: «животноводство и ветеринария»; «земледелие, агрохимия, кормопроизводство, агроэкология»; «водные, земельные и лесные ресурсы»; «механизация и электрификация сельского хозяйства».
Распространение: материалы распространяются по лицензии Creative Commons Attribution 4.0
Веб-сайт: https://journal.kaznaru.edu.kz
Учредитель/издатель: Казахский национальный аграрный исследовательский университет; Национальная академия наук Республики Казахстан при Президенте Республики Казахстан
Авторские права: © Исследования, результаты, 2026

CONTENTS
STOCK-RAISING AND VETERINARY

D.Sh. Akhmedov, B.E. Bekmukhamedov, D.M. Nurmakhanbetov, E.N. Savelyev
DEVELOPMENT OF A SOFTWARE AND TECHNICAL COMPLEX. FOR SEMI–AUTOMATIC HORSE MEASUREMENTS BY PHOTOGRAPHING A SINGLE IMAGE 8
A.M. Ombayev, E. Razuan, S.A.Dauletov, L.B. Mukanova
CHARACTERISTICS OF AGE AND SEX-RELATED CHANGES IN BODY DIMENSIONS OF CAMEL CALVES 19
Y.A. Talzhanov, A.M. Aitaly, U.A. Akhmetov, D.M. Nurmahanbetov
WHOLE-GENOME SCREENING OF PUBLISHED OMIA ALLELES IN FOUR KAZAKH HORSE POPULATIONS 33
Zh.E. Sheralieva, U.A. Nuralieva, A.M. Musoev, M. Toishimanov
COMPARATIVE PHYSICO-CHEMICAL AND ORGANOLEPTIC ANALYSIS OF HONEY FROM VARIOUS CLIMATIC ZONES OF KAZAKHSTAN 45

AGRICULTURE, AGROCHEMICAL, FEED PRODUCTION, AGROECOLOGY

L.T. Dauletova, S.Zh. Kazybayeva
ASSESSMENT OF PROMISING DOMESTIC AND FOREIGN GRAPE VARIETIES IN SOUTHERN KAZAKHSTAN 55
M.V. Kobernitsky, T.V. Savin, V.I. Kobernitsky, V.A. Volobaeva, I.A. Zhirnova
THE EFFECT OF FOREST BUFFER ZONES ON CROP YIELDS IN THE STEPPE REGION OF THE AKMOLA REGION 69
A. Naushabayev, T. Vassilina, N. Seitkali, A. Balgabayev, Donwei Guo
THERMODYNAMIC MODELING OF SOLONETZ PASTURES IN THE AKMOLA REGION TO DETERMINE THE ROLE OF MAGNESIUM IN THE PROCESS OF PEDOGENESIS AND SOLONETZIZATION 81
R. Ramazanova, M. Zhumagulova, M. Poshanov, A. Tursinbayeva, P. Pancová Šimková
SOIL CONSTRAINTS FOR ORGANIC FARMING IN THE ALMATY REGION: SPATIAL VARIABILITY IN SOC, SALINITY, AND NUTRIENT AVAILABILITY 97
N.A. Sarbassova, A.B. Rysbekova, E.N. Dyussibayeva, I.T. Kulbaeva
CREATION OF INITIAL MATERIAL COMMON BUCKWHEAT (FAGOPYRUM ESCULENTUM MOENCH.) USING OF METHOD OF INTER-VARIETAL HYBRIDISATION 108
A.V. Yuzyuk, S.B. Kokusheva, I.V. Chilimova
BREEDING OF SPRING BARLEY IN THE STEPPE CONDITIONS OF AKMOLA REGION 119

WATER, LAND AND FOREST RESOURCES

A. Azimov, Kamil Kayode Katibi, Zh. Yertayeva, G.M. Iztleuov
COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE WATER RETENTION PROPERTIES AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF BIOCOMPOSITE HYDROGELS 130
S. Anapyanova, V. Kolpakova, M. Nabiollina, Yu. Yeremeyeva, A.G. Sherov
ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON THE YERTIS RIVER 140
N. Ilyassova, A. Meshyk, L .Ryskulbekova, A. Tangirbergenova, Zh. Zhakupova
INVESTIGATION OF HYDRAULIC PARAMETERS OF TUBELESS GROUNDWATER LIFTING TECHNOLOGY 150
L.T. Ismukhanova, A.S. Madibekov, A.O. Zhadi, A.M. Madibekova, Christian Opp
INTEGRATION OF HYDROCHEMICAL, GEOCHEMICAL AND SOCIO-ENVIRONMENTAL INDICATORS IN ASSESSING THE STATE OF THE BUKHTARMA RESERVOIR 167
A.E. Koigeldina, O.T. Aliyev, Zh.S. Usembaeva, G.Zh. Mengdibayeva
EFFICIENCY OF PROTECTIVE AND STIMULATING FORMULATIONS IN REDUCING PHYTOPATHOGENIC LOAD AND INCREASING OIL FLAX YIELD 178
N. Omirzak, A. Utebekova, B. Maisupova, N. Kazangapova, Li Qiang
CURRENT STATE OF SAXAUL FORESTS IN THE KYZYLORDA REGION (CASE STUDY OF ZHALAGASH AND SYRDARYA DISTRICTS) 187

AGRICULTURE MECHANIZATION AND ELECTRIFICATION

K. Kalym, A.D. Berdimurat, Sh.T. Duissenova, B.D. Amirkulov
DEVELOPMENT OF A MICROPROCESSOR SYSTEM FOR REGULATING THE PERFORMANCE OF A SMALL FEED PREPARATION UNIT 203
N.A. Umbetaliev, M.S.Toilybayev, A. Bozzhiqit, Zh.T. Sydykbaev
EXPERIMENTAL STUDY OF A DRYING PLANT FOR DRYING MELON RAW MATERIALS 214

МАЗМҰНЫ

МАЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ЖӘНЕ ВЕТЕРИНАРИЯ

Д.Ш. Ахмедов, Б.Э. Бекмұхамедов, Д.М. Нұрмаханбетов, Е.Н. Савельев
БІР СУРЕТКЕ ТҮСІРУ ӘДІСІМЕН ЖЫЛҚЫЛАРДЫ ЖАРТЫЛАЙ АВТОМАТТЫ ӨЛШЕУДІҢ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ-ТЕХНИКАЛЫҚ КЕШЕНІН ӘЗІРЛЕУ 8
А.М. Омбаев, Е. Разуан, С.А. Дәулетов, Л.Б. Мұканова
ТҮЙЕ ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ ДЕНЕ ӨЛШЕМДЕРІНІҢ ЖАСЫНА ЖӘНЕ ЖЫНЫСЫНА БАЙЛАНЫСТЫ ӨЗГЕРУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ 19
Е.А. Талжанов, А.М. Айталы, У.А. Ахметов, Д.М. Нұрмаханбетов
ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ТӨРТ ЖЫЛҚЫ ПОПУЛЯЦИЯСЫНДА ОМІА-ДА ЖАРИЯЛАНҒАН АЛЛЕЛЬДЕРДІ ТОЛЫҚ ГЕНОМДЫҚ СКРИНИНГТЕУ 33
Ж.Е. Шералиева, У.А. Нуралиева, А.М. Мусоев, М. Тойшиманов
ҚАЗАҚСТАННЫҢ ӘРТҮРЛІ ТАБИҒИ-КЛИМАТТЫҚ АЙМАҚТАРЫНАН АЛЫНҒАН БАЛДЫҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ОРГАНОЛЕПТИКАЛЫҚ ТАЛДАУЫ 45

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ, АГРОХИМИЯ, АЗЫҚ ӨНДІРУ, АГРОЭКОЛОГИЯ

Л.Т. Даулетова, С.Ж. Казыбаева
ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІГІНДЕ ОТАНДЫҚ ЖӘНЕ ШЕТЕЛДІК СЕЛЕКЦИЯДАҒЫ БОЛАШАҒЫ ЗОР ЖҮЗІМ СОРТТАРЫН ЗЕРТТЕУ 55
М.В. Коберницкий, Т.В. Савин, В.И. Коберницкий, В.А. Волобаева, И.А. Жирнова
АҚМОЛА ОБЛЫСЫНЫҢ ДАЛА АЙМАҒЫНЫҢ ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІНЕ ПАЙДАЛЫ ОРМАН БЕЛДЕУЛЕРІНІҢ ӘСЕРІ 69
А. Наушабаев, Т. Василина, Н. Сейткали, А. Балгабаев, Donwei Guo
АҚМОЛА ОБЛЫСЫНЫҢ ЖАЙЫЛЫМДЫҚ СОРТАҢ ТОПЫРАҚТАРЫНДА МАГНИЙДІҢ ТОПЫРАҚ ТҮЗІЛУ ЖӘНЕ СОРТАҢДАНУ ҮДЕРІСТЕРІНДЕГІ РӨЛІН АНЫҚТАУ МАҚСАТЫНДАҒЫ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ 81
Р.Х. Рамазанова, М.К. Жумагулова, М.Н. Пошанов, А.Е. Турсинбаева, П. Панцова Шимкова
АЛМАТЫ ОБЛЫСЫ ТОПЫРАҚТАРЫНДА ОРГАНИКАЛЫҚ ЕГІНШІЛІК ЖҮРГІЗУДЕГІ ШЕКТЕУЛЕР: SOC, ТҰЗДЫҚ РЕЖИМ ЖӘНЕ ҚОРЕКТІК ЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ КЕҢІСТІКТІК ӨЗГЕРГІШТІГІ 97
Н.Ә. Сарбасова, А.Б. Рысбекова, Э.Н. Дюсибаева, И.Т. Кульбаева
СОРТТАРДЫ ӨЗАРА БУДАНДАСТЫРУ ӘДІСІМЕН КӘДІМГІ ҚАРАҚҰМЫҚТЫҢ (FAGOPYRUM ESCULENTUM MOENCH) БАСТАПҚЫ СЕЛЕКЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛЫН ШЫҒАРУ 108
А.В. Юзюк, С.Б. Кокушева, И.В. Чилимова
АҚМОЛА ОБЛЫСЫНЫҢ ДАЛА ЖАҒДАЙЫНДА ЖАЗДЫҚ АРПА СЕЛЕКЦИЯСЫ 119

СУ, ЖЕР ЖӘНЕ ОРМАН РЕСУРСТАРЫ

А. Азимов, Камил Кайоде Катиби, Ж.Т. Ертаева, Г.М. Изтлеуов
БИОКОМПОЗИТТІК ГИДРОГЕЛЬДЕРДІҢ СУ ҰСТАУ ҚАСИЕТІ МЕН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН КЕШЕНДІ ТАЛДАУ 130
С.Б. Анапьянова, В.П. Колпакова, М.С. Набиоллина, Ю.Н. Еремеева, А.Г. Шеров
ЕРТІС ӨЗЕНІНЕ АНТРОПОГЕНДІК ӘСЕРДІ БАҒАЛАУ 140
Н.Х. Ильясова, О.П. Мешик, Л.М. Рыскулбекова, А.С. Тангирбергенова, Ж.З. Жакупова
ҰҢҒЫМАЛАРДАН ҚҰБЫРСЫЗ СУ КӨТЕРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ 150
Л.Т. Исмуханова, А.С. Мадибеков, А.Ө. Жәди, А.А. Мадибекова, Кристиан Опп
БҰҚТЫРМА СУ ҚОЙМАСЫНЫҢ ЖАЙ-КҮЙІН БАҒАЛАУДА ГИДРОХИМИЯЛЫҚ, ГЕОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОЛОГИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРДІ ИНТЕГРАЦИЯЛАУ 167
А.Е. Койгельдина, О.Т. Алиев, Ж.С. Усембаева, Г.Ж. Мендібаева
ФИТОПАТОГЕНДІК ЖҮКТЕМЕНІ АЗАЙТУДА ЖӘНЕ МАЙЛЫ ЗЫҒЫР ӨНІМДІЛІГІН АРТТЫРУДА ҚОРҒАНЫШ ЫНТАЛАНДЫРҒЫШ ҚҰРАМНЫҢ ТИІМДІЛІГІ 178
Н.Ш. Өмірзақ, А.Д. Утебекова, Б.Ж. Майсупова, Н.Б. Казангапова, Ли Киань
ҚЫЗЫЛОРДА ОБЛЫСЫНДАҒЫ СЕКСЕУІЛ ОРМАНДАРЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫ (ЖАЛАҒАШ ЖӘНЕ СЫРДАРИЯ АУДАНДАРЫНЫҢ МЫСАЛЫНДА) 187

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН МЕХАНИКАЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРЛЕНДІРУ

К. Калым, А.Д. Бердімурат, Ш.Т. Дуйсенова, Б.Д. Амиркулов
ШАҒЫН КӨЛЕМДІ ЖЕМ ДАЙЫНДАУ АГРЕГАТЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІН РЕТТЕУДІҢ МИКРОПРОЦЕССОРЛЫҚ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ 203
Н.А. Үмбеталиев, М.С. Тойлыбаев, Бозжігіт, Ж.Т. Сыдықбаев
ҚАУЫН ШИКІЗАТЫН КЕПТІРУГЕ АРНАЛҒАН КЕПТІРУ ҚОНДЫРҒЫСЫН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ 214

СОДЕРЖАНИЕ
ЖИВОТНОВОДСТВО И ВЕТЕРИНАРИЯ

Д.Ш. Ахмедов, Б.Э. Бекмұхамедов, Д.М. Нұрмаханбетов, Е.Н. Савельев
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИХ ПРОМЕРОВ ЛОШАДЕЙ МЕТОДОМ ФОТОГРАФИРОВАНИЯ ПО ОДИНОЧНОМУ СНИМКУ 8
А.М. Омбаев, Е. Разуан, С.А. Даулетов, Л.Б. Мұканова
ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОМЕРОВ ТЕЛА ВЕРБЛЮДОВ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА И ПОЛА 19
Е.А. Талжанов, А.М. Айталы, У.А. Ахметов, Д.М. Нұрмаханбетов
ПОЛНОГЕНОМНЫЙ СКРИНИНГ ОПУБЛИКОВАННЫХ АЛЛЕЛЕЙ OMIA В ЧЕТЫРЕХ ПОПУЛЯЦИЯХ ЛОШАДЕЙ КАЗАХСТАНА 33
Ж.Е. Шералиева, У.А. Нуралиева, А.М. Мусоев, М. Тойшиманов
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЁДА ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН КАЗАХСТАНА 45

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, КОРМОПРОИЗВОДСТВО, АГРОЭКОЛОГИЯ

Л.Т. Даулетова, С.Ж. Казыбаева
ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ СЕЛЕКЦИИ НА ЮГЕ КАЗАХСТАНА 55
М.В. Коберницкий, Т.В. Савин, В.И. Коберницкий, В.А. Волобаева, И.А. Жирнова
ВЛИЯНИЕ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР СТЕПНОЙ ЗОНЫ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ 69
А. Наушабаев, Т. Василина, Н. Сейткали, А. Балгабаев, Donwei Guo
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАСТБИЩНЫХ СОЛОНЦОВ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РОЛИ МАГНИЯ В ПРОЦЕССАХ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ И ОСОЛОНЦЕВАНИЯ 81
Р.Х. Рамазанова, М.К. Жумагулова, М.Н. Пошанов, А.Е. Турсинбаева, П. Панцова Шимкова
ПОЧВЕННЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ SOC, СОЛЕВОГО РЕЖИМА И ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ 97
Н.Ә. Сарбасова, А.Б. Рысбекова, Э.Н. Дюсибаева, И.Т. Кульбаева
СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ГРЕЧИХИ ОБЫКНОВЕННОЙ (FAGOPYRUM ESCULENTUM MOENCH) МЕТОДОМ МЕЖСОРТОВОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ 108
А.В. Юзюк, С.Б. Кокушева, И.В. Чилимова
СЕЛЕКЦИЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ СТЕПИ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ 119

ВОДНЫЕ, ЗЕМЕЛЬНЫЕ И ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ

А. Азимов, Камил Кайоде Катиби, Ж. Ертаева, Г.М. Изтлеуов
КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩИХ СВОЙСТВ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БИОКОМПОЗИТНЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ 130
С.Б. Анапьянова, В.П. Колпакова, М.С. Набиоллина, Ю.Н. Еремеева, А.Г. Шеров
ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РЕКУ ЕРТИС 140
Н.Х. Ильясова, О.П. Мешик, Л.М. Рыскулбекова, А.С. Тангирбергенова, Ж.З. Жакупова
ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ БЕСТРУБНОГО ВОДОПОДЪЕМА ИЗ СКВАЖИН 150
Л.Т. Исмуханова, А.С. Мадибеков, А.Ө. Жәди, А.А. Мадибекова, Кристиан Опп
ИНТЕГРАЦИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ, ГЕОХИМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ БУХТАРМИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА 167
А.Е. Койгельдина, О.Т. Алиев, Ж.С. Усембаева, Г.Ж. Мендібаева
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИХ СОСТАВОВ В СНИЖЕНИИ ФИТОПАТОГЕННОЙ НАГРУЗКИ И ПОВЫШЕНИИ УРОЖАЙНОСТИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО 178
Н.Ш. Өмірзақ, А.Д. Утебекова, Б.Д. Майсупова, Н.Б. Казангапова, Ли Киань
СОСТОЯНИЕ САКСАУЛОВЫХ ЛЕСОВ КЫЗЫЛОРДИНСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ ЖАЛАГАШСКОГО И СЫРДАРЬИНСКОГО РАЙОНОВ) 187

МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

К. Калым, А.Д. Бердімурат, Ш.Т. Дуйсенова, Б.Д. Амиркулов
РАЗРАБОТКА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАЛОГАБАРИТНОГО КОРМОПРИГОТОВИТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА 203
Н.А. Умбеталиев, М.С. Тойлыбаев, А. Божжигит, Ж.Т. Сыдыкбаев
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШКИ ДЫННОГО СЫРЬЯ 214

STOCK-RAISING AND VETERINARY
МАЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ЖӘНЕ ВЕТЕРИНАРИЯ
ЖИВОТНОВОДСТВО И ВЕТЕРИНАРИЯ

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 8–18
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/01
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 68.39.19, 28.23.15, 59.01.77

D.Sh. Akhmedov[1], B.E. Bekmukhamedov[1]*, D.M. Nurmakhanbetov[2], E.N. Savelyev[3]
[1]«Almaty Institute of Technology» LLP, Almaty, Kazakhstan;
[2]TOO «KazSRI of animal husbandry and feed production», Almaty, Kazakhstan;
[3]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: baur_gis@mail.ru

DEVELOPMENT OF A SOFTWARE AND TECHNICAL COMPLEX FOR SEMI–AUTOMATIC HORSE MEASUREMENTS BY PHOTOGRAPHING A SINGLE IMAGE

Daulet Akhmedov, Doctor of Engineering Sciences, Chief Researcher, Almaty Institute of Technology LLP, Almaty, Abai s. 191, Kazakhstan
https://orcid.org/0009-0006-4024-8109;
Bekmukhamedov Baurzhan, Candidate of Engineering Sciences, Head of Department, Almaty Institute of Technology LLP, Almaty, Abai s. 191, Kazakhstan
E-mail: baur_gis@mail.ru, https://orcid.org/0009-0008-3893-047X;
Nurmakhanbetov Dauren, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Kazakh Research Institute of Animal Husbandry and Forage Production LLP, Almaty, Zhandosov s. 51, Kazakhstan
https://orcid.org/0000-0002-0542-5732;
Saveliev Evgeniy, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, al-Farabi 71
Kazakhstan. https://orcid.org/0009-0005-0906-235X.

Abstract. The authors developed a software and hardware complex for semi-automatic horse measurements (SHC SM) using single-shot photography. The research is relevant since animal husbandry is an important sector of Kazakhstan's economy and breeding and livestock health require modern bonitation methods. The aim is to create an automated technology for horse bonitation through imaging. The main tasks include developing a module of subprograms (MSP) for photographing, calibrating images, measuring linear parameters, and calculating chest circumference and body weight. The essence of the study is the creation of new methods for automated horse bonitation. Its novelty and practical value lie in the fact that for the first time in Kazakhstan a technology was developed to perform equine bonitation from a single photograph. Research methodology involved designing software modules for photographing, image calibration and measurement of linear parameters. A special formula was introduced to calculate chest circumference by converting the chest line into a closed circumference, allowing reliable estimation of horse weight. This system opens prospects for automating measurements in livestock breeding, reducing manual labor, improving accuracy and enabling large-scale bonitation in Kazakh animal husbandry.

Keywords: Bonitation, semi-automatic measurements, horse measurement, software and hardware complex, linear parameters of horses, horse weight estimation, automation of measurements in animal husbandry, animal image analysis

For citation: Akhmedov D.Sh., Bekmukhamedov B.E., Nurmakhanbetov D.M., Savelyev E.N. (2026). Development of a software and technical complex for semi–automatic horse measurements by photographing a single image // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 8–18. https://doi.org/10.37884/5-2026/01 [In Russ.].

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Financing: *This work was carried out with the financial support of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan (under the scientific and technical program «Improvement of existing methods of managing the genetic resources of Adai and Kostanay horses while preserving the gene pool of the Kostanay breed» IRN No. BR22885681).*

Д.Ш. Ахмедов[1], Б.Э. Бекмұхамедов[1]*, Д.М. Нұрмаханбетов[2], Е.Н. Савельев[3]
[1]«Алматы технологиялар институты» ЖШС, Алматы, Қазақстан;
[2]«Мал шаруашылығы және жемшөп өндіру ҚазҒЗИ» ЖШС, Алматы, Қазақстан;
[3]әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.
E-mail: baur_gis@mail.ru

БІР СУРЕТКЕ ТҮСІРУ ӘДІСІМЕН ЖЫЛҚЫЛАРДЫ ЖАРТЫЛАЙ АВТОМАТТЫ ӨЛШЕУДІҢ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ-ТЕХНИКАЛЫҚ КЕШЕНІН ӘЗІРЛЕУ

Ахмедов Даулет Шафигуллович, техника ғылымдарының докторы, бас ғылыми қызметкер, «Алматы технологиялық институты» ЖШС. Қазақстан, Алматы, Абай даңғылы, 191
https://orcid.org/0009-0006-4024-8109;
Бекмұхамедов Бауржан Эркинович, техника ғылымдарының кандидаты, кафедра меңгерушісі, «Алматы технологиялық институты» ЖШС. Қазақстан, Алматы, Абай даңғылы, 191
E-mail: baur_gis@mail.ru, https://orcid.org/0009-0008-3893-047X;
Нұрмаханбетов Даурен Мустафаевич, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, аға ғылыми қызметкер, «Қазақ мал шаруашылығы және жемшөп өндірісі ғылыми-зерттеу институты» ЖШС. Қазақстан, Алматы, Жандосов көш., 5
httpss://orcid.org/0000-0002-0542-5732;
Савельев Евгений Николаевич, техника ғылымдарының кандидаты, доцент, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, аль-Фараби даңғылы, 71.
https://orcid.org/0009-0005-0906-235X.

Аннотация. Мақала авторлары жылқыларды бір суретке түсіру әдісімен жартылай автоматты өлшеудің бағдарламалық-техникалық кешенін (ЖАӨ БТК) жасады. Зерттеулердің өзектілігі Қазақстандағы мал шаруашылығы экономиканың маңызды саласы болып табылады. Сондықтан асыл тұқымды малды бағалау және мал денсаулығын бақылау — қазіргі заманғы бағалау әдістерімен шешілетін басты міндет. Бұл жұмысты зерттеудің мақсаты — жылқыларды бір рет суретке түсіру әдісімен бағалаудың (өлшеудің) автоматтандырылған технологиясын құру. Міндеттері: келесі кіші бағдарлама модульдерін (КБМ) құру: суретке түсіру КБМ, фотосуретті калибрлеу (масштабтау) КБМ; сызықтық параметрлерді өлшеу КБМ, кеуде шеңберін және жылқы массасын есептеу КБМ. Ғылыми зерттеудің мәні – жылқыларды автоматтандырылған бағалаудың жаңа әдістері жасалды. Жұмыстың ғылыми және практикалық маңыздылығы Қазақстанда алғаш рет бір суретке түсіру әдісімен жылқыларды автоматтандырылған бағалау (өлшеу) технологиясы әзірленгендігінде. Зерттеу әдістері мен әдістемесінің сипаттамасы. Келесі кіші бағдарлама модульдері әзірленді: суретке түсіру; фотосуретті калибрлеу (масштабтау); жылқының сызықтық параметрлерін өлшеу; жылқының кеуде шеңбері мен массасын есептеу. Кеуде шеңберін есептеу үшін кеуде сызығынан шеңберге өту формуласы жасалды.

Түйінді сөздер: бонитировка, жартылай автоматтандырылған өлшеулер, жылқыларды өлшеу, бағдарламалық-техникалық кешен, жылқының сызықтық параметрлері, жылқы массасын бағалау, мал шаруашылығындағы өлшеулерді автоматтандыру, жануарлардың бейнелерін талдау

Дәйексөз үшін: Ахмедов Д.Ш., Бекмұхамедов Б.Э., Нұрмаханбетов Д.М., Савельев Е.Н. (2026). Бір суретке түсіру әдісімен жылқыларды жартылай автоматты өлшеудің бағдарламалық-техникалық кешенін әзірлеу // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 8–18. https://doi.org/10.37884/5-2026/01 [In Russ.].

Мүдделер қақтығысы: авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

Қаржыландыру. *Бұл жұмыс Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің қаржылық қолдауымен орындалды («Қостанай тұқымының генофондын сақтай отырып, Адай және Қостанай жылқыларының генетикалық ресурстарын басқарудың қолданыстағы тәсілдерін жетіл-*

діру» ғылыми-техникалық бағдарламасы бойынша ЖРН № BR22885681).

Д.Ш. Ахмедов[1], Б.Э. Бекмұхамедов[1]*, Д.М. Нұрмаханбетов[2], Е.Н Савельев[3]
[1]ТОО «Алматинский технологический институт», Алматы, Казахстан;
[2]ТОО» КазНИИ животноводства и кормопроизводства», Алматы, Казахстан;
[3]Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан.
E-mail: baur_gis@mail.ru

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПОЛУАВТОМАТИЧЕСКИХ ПРОМЕРОВ ЛОШАДЕЙ МЕТОДОМ ФОТОГРАФИРОВАНИЯ ПО ОДИНОЧНОМУ СНИМКУ

Ахмедов Даулет Шафигуллович, доктор технических наук, главный научный сотрудник, ТОО «Алматинский технологический институт». Казахстан,Алматы, пр. Абая, 191
https://orcid.org/0009-0006-4024-8109;
Бекмухамедов Бауржан Эркинович, кандидат технических наук, заведующий кафедрой, ТОО «Алматинский технологический институт». Казахстан, Алматы, пр. Абая, 191
E-mail: baur_gis@mail.ru, https://orcid.org/0009-0008-3893-047X;
Нурмаханбетов Даурен Мустафаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства», Казахстан, Алматы, ул. Жандосова, 5
https://orcid.org/0000-0002-0542-5732;
Савельев Евгений Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Казахский национальный университет им. аль-Фараби. Казахстан, Алматы, пр. аль-Фараби, 71.
https://orcid.org/0009-0005-0906-235X.

Аннотация. Авторами статьи создан программно-технический комплекс полуавтоматических промеров лошадей (ПТК ПП) методом фотографирования по одиночному снимку. Актуальность исследований заключается в том, что животноводство в Казахстане – это значительная часть экономики. Поэтому задачи селекции и здоровья поголовья – это первостепенная задача, которая может быть решена современными методами бонитировки. Целью исследований данной работы является создание автоматизированной технологии бонитировки лошадей (промеры) методами фотографирования (одиночный снимок). Задачи. Создание модулей подпрограмм (МПП): МПП фотографирования; МПП калибровки фотографии (масштабирования); МПП измерения линейных параметров лошади; МПП расчета окружности груди и массы лошади. Суть научного исследования заключается в том, что созданы новые методы автоматизированной бонитировки лошадей. Научная и практическая значимость работы заключается в том, что впервые в Казахстане разработана технология автоматизированной бонитировки лошадей (промеры) методом фотографирования по одиночному снимку. Описание методов и методологии исследования. Разработаны программные модули: фотографирования; калибровки фотографии (масштабирования); измерения линейных параметров лошади; расчета окружности груди и массы лошади. Для расчета линии обхвата груди была разработана формула перехода от линии груди к длине обхвата груди.

Ключевые слова: бонитировка, полуавтоматические промеры, измерение лошадей, программно-технический комплекс, линейные параметры лошади, оценка массы лошади, автоматизация измерений в животноводстве, анализ изображений животных

Для цитирования: Ахмедов Д.Ш., Бекмұхамедов Б.Э., Нұрмаханбетов Д.М., Савельев Е.Н. (2026). Разработка программно-технического комплекса полуавтоматических промеров лошадей методом фотографирования по одиночному снимку // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 8–18. https://doi.org/10.37884/5-2026/01 [In Russ.].

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. *Данная работа выполнена при финансовой поддержке Министерства Сельского Хозяйства Республики Казахстан (по научно-технической программе «Совершенствование существующих приемов управления генетическими ресурсами адайских и кустанайских лошадей с сохранением генофонда кустанайской породы» ИРН № BR22885681).*

Введение.

Животноводство в Казахстане — это значительная часть экономики, поэтому задачи селекции и здоровья поголовья является первостепенной задачей, которая может быть решена современными методами бонитировки.

Бонитировка лошадей (по промерам, экстерьеру) имеет целью определение племенной ценности и назначения лошадей на основе их комплексной оценки с учетом породной принадлежности [Исхан и др., 2025].

При бонитировке лошадь оценивают по происхождению, типичности, промерам, экстерьеру, работоспособности, качеству потомства. В данной статье рассматриваются только характеристики промеров и экстерьера по одиночной фотографии, а также расчета обхвата груди и массы животного.

Промеры помогают коневладельцам судить о строении лошади, её пропорциональной сложенности. Оценку по промерам производят по шкалам, установленным для каждой породы, с поправками на возраст [Matsuura и др., 2021: 73–80].

В Казахстане на сегодня промеры осуществляют измерительной лентой, данный метод имеет свои недостатки: значительное время проведения промеров, значительная доля субъективности.

Интеллектуальные сенсорные технологии уже используются для диагностики различных болезней лошадей [Ахатова, 2019: 25].

Важным этапом развития IT технологий стала цифровизация бонитировочных работ, которая позволяет выявлять нарушения у животных, определять их к той или иной породной категории [Matsuura и др., 2024: 1–7]. Появилась возможность моделировать техническое зрение. Это означает, что при правильном обучении техническое зрение может стать аналогом работы зооинженера. Техническое зрение — теория и технология создания машин, которые могут производить обнаружение, отслеживание и классификацию объектов. Как научная дисциплина, техническое зрение относится к теории и технологии создания искусственных систем, которые получают информацию из изображений.

В течение последних 10–15 лет созданы технологии по бонитировке: лидарный метод, метод измерения замеров лошади фотограмметрическим способом, метод сканирования структурированным светом. Разработаны методы определения массы по обхвату груди [6]. Но вышеперечисленные методы достаточно затратны и требуют значительной подготовки.

В результате выполнения данной работы была создана автоматизированная технология дистанционной бонитировки лошадей (промеры) на основе метода фотографирования по одиночному снимку.

В работе [Kristjansson и др., 2013:12–23] авторы использовали трёхмерную видеоморфометрию: четыре видеокамеры фиксировали лошадей в движении, после чего по анатомическим точкам рассчитывались высоты, длины сегментов, углы суставов и наклоны. Метод показал хорошую повторяемость и позволил количественно описывать особенности телосложения. В работе [Druml и др., 2015: 928–937] рассматриваются новые методы фенотипирования и компьютерного анализа экстерьера. На стандартизированных фотографиях у 44 липицианских кобыл было определено 246 анатомических и соматометрических точек. Для анализа применялся обобщённый метод Прокруста, а полученные параметры формы сопоставлялись с результатами линейной оценки экстерьера. В работе [Druml и др., 2016: 309–317] авторы развивают методику геометрической морфометрии применительно к бонитировке, авторы проанализировали 102 жеребца липицианской породы, используя 246 двумерных анатомических координат, полученных со стандартизированных изображений. С помощью анализа формы и регрессии исследовалась связь между реальной морфологией лошади и экспертными оценками экстерьера. Результаты показали, что согласованность между экспертами может быть относительно низкой, поэтому объективный цифровой анализ формы является перспективным дополнением к традиционной бонитировке. Работа [Kristjansson и др., 2016: 91–101] показывает практическую ценность объективных морфометрических показателей для селекционной оценки. Авторы изучили данные 10 091 лошади в Исландии в 2000–2013 гг., и исследовали связь между стандартными промерами экстерьера, показателями аллюров и общей верховой работоспособностью. Статья [Freitag и др., 2021] непосредственно посвящена разработке цифрового метода измерения параметров телосложения лошадей по фотографиям. Исследование проведено на 34 взрослых лошадях американской квотерхорс. Изображения обрабатывались с использованием программы ImageJ, а полученные линейные и угловые показатели сравнивались с традиционными измерениями. Коэффициент корреляции превышал 0,999, что свидетельствует о высокой точности метода. Исследование [Weller и др., 2006: 610–615] посвящено проверке точности и воспроизводимости 3D-измерений экстерьера. На анатомические ориентиры

лошади наносились маркеры, положение которых регистрировалось компьютеризированной системой анализа движения. По координатам рассчитывались длины сегментов и суставные углы. Исследование показало высокую точность компьютеризированной 3D-оценки и выявило источники ошибок традиционных методов, включая положение лошади и точность определения анатомических ориентиров. В работе [Zanchi и др., 2026] авторы применяют искусственный интеллект и глубокое обучение (CNN) для автоматического определения анатомических точек лошади по фотографиям. Были исследованы четыре архитектуры нейронных сетей. Система определяет 16 анатомических ориентиров и автоматически восстанавливает линейные промеры тела. Средняя абсолютная ошибка составила около 3,5–4 см, а точность определения ключевых точек была высокой.

Материалы и методы.

Характеристики раскола. Раскол соответствовал следующим характеристикам:

- Габариты раскола (раскол имеет строгую форму параллелепипеда). Ширина раскола 100см;
- Стальные трубы раскола имеют диаметр 5 см. Раскол состоит из 3-х продольных и 3-х поперечных труб;
- На расколе помечены метрические маркеры для калибровки (масштабирования) фотографии (сбоку). Маркеры изображены в виде крестов на трубах. Измерены расстояния между крестами как по периметру, так и по диагоналям.
- Для безошибочного фотографирования на расколе была установлена табличка с номером лошади (номер пишется стираемым маркером). Данный номер фиксируется также в таблицах натурных замеров, где включены данные, в том числе из чипа лошади.
- Раскол имеет твердое основание (необходимо для проведения натурных измерений).

Фотографирование.

Характеристики фотокамеры A4Tech PK910H, использованной для проведения бонитировки (промеры) (рисунок 1):

- Фотокамера располагалась на штативе на расстоянии 3м ±5см от раскола, это необходимо для того, чтобы при угле съемки 70о охватывать раскол длиной 4м;
- Высота штатива камеры – 130см;
- Центральная линия фотокамеры была перпендикулярна боковой плоскости раскола и попадала в центральную точку раскола. Это достигается тем, что в центре раскола ставится маркер, который должен соответствовать центру кадра, который измеряется программным путем.
- Для фотографирования необходима специальная программа на компьютере (ноутбуке).



Рис. 1. Фотокамера A4Tech PK910H

[Fig. 1. A4Tech PK910N camera]

Характеристики фотокамеры: тип подключения – проводной; разрешение: FHD 1080P 1920 x 1080 пикс; объектив: Full HD Glass lens; выходной формат – MJPEG; угол обзора: 70°; тип фокуса – фиксированный; диапазон фокусировки от 60 см и выше; напряжение питания 5 В; интерфейс: USB 2.0 High-Speed; системные требования – Windows 7/ 8/ 8.1/ 10 и более поздние версии.

Программное обеспечение по измерению параметров лошади (промеры)

Программное обеспечение обеспечивает:

- Функцию фотографирования и визуализации фото лошади;

- Функцию калибровки фотографии по контрольным точкам (масштабирование). ПО позволяет устанавливать отрезок между контрольными точками на фотографии, затем назначается реальное расстояние между точками – калибровка завершена;

- Функцию измерения линейных параметров лошади по фотографии, на основании данных по калибровке: высоты в холке; косой длины тела, линии груди, линии запястья;

- Функцию сравнения натурных измерений и измерений по фотографии и функцию расчета поправок и получения фактических измерений для лошадей с отсутствующими натурными измерениями (высота в холке и косая длина тела) (таблица 1);

- Функцию записи данных в БД;

- Функцию расчета массы лошади по обхвату груди. Обхват груди был рассчитан на основании линии груди (по фото) по разработанной формуле расчета, впоследствии вычислялась масса по формуле Маторина (таблица 2).

Проведение расчётов параметров лошади по одиночному снимку.

Расчет высоты холки и косой длины тела лошади.

Сравнение длин холки по фото и по натурным измерениям показали несхождение данных на 6.96 %. Это обусловлено оптическими искажениями и дисторсией камеры. (Таблица 1). Тем не менее корреляция между измеренными и фактическими данными была достаточно хорошей – 0.9. Данные расчеты включены в разработанный программный продукт.

Таблица 1. Сравнительные данные измерений по фото и натурных измерений

№	Высота в холке (см)	Косая длина тела (см)	Высота в холке (см)	Косая длина тела (см)	Обхват груди (см)	Обхват пясти (см)	Масса (кг)	Расхождение высоты (%)
	По фото	Натурное измерение						
1	127,1	139,5	143	156	171	18,5	392	11,1
2	134,2	147,9	143	159	182	19,0	508	6,1
3	137,5	143,5	148	156	183	18,5	504	7,0
4	129	132,8	139	149	164	17,5	372	7,2
5	133,1	143,2	146	159	189	19,0	528	8,8
6	137,9	149,5	148	163	192	19,0	490	6,8
7	142,2	137,4	151	159	178	19,0	365	5,8
8	139,9	140,6	150	160	175	19,0	415	6,7
9	138,6	140,8	147	154	173	20,0	439	5,7
10	131,3	139,6	141	151	177	19,0	452	6,8
11	132,4	139,9	145	156	166	19,0	370	8,6
12	144,3	139,9	153	159	178	21,0	444	5,7
13	140,8	137,7	147	155	165	18,0	380	4,2
14	134,1	139,1	144	157	179	18,5	480	6,9
15	128,8	139,2	144	152	175	18,5	445	10,5
16	129,3	141,6	139	154	185	17,5	420	6,9
17	137	143,6	149	162	186	20,0	498	8,0
18	138,2	146,1	148	161	183	19,0	461	6,5
19	133	138,3	142	156	166	19,0	403	6,3
20	131,3	140,2	143	153	173	18,0	421	8,1
21	139,7	146,2	149	156	195	20,0	548	6,2
22	137	144,4	147	155	174	18,5	415	6,8
	Средняя ошибка %:	6,96%						
	Коэффициент корреляции	0,9						

Расчет массы лошади по обхвату груди.

В ПО была реализована функция расчета массы лошади по линии фотографирования груди:

По линии груди, полученной методом фотографирования, рассчитывался обхват груди на основе разработанной формулы V=(L/2+L/2*2.6/3)*Pi, где V – обхват груди, L – длина груди (получена по фото), Pi=3.14;

Затем по обхвату груди вычислялась масса лошади по А.А. Маторину – 2: Y =6*V – 620, (где

Y – масса лошади, V – обхват груди) (Таблица 2) [Ахатова 2019: 25].

Расчеты показали хорошую корреляцию измеренных масс лошадей и рассчитанных по фото. Так, коэффициент корреляции по 18 лошадям (за исключением 4-х ошибочных измерений) составил – 0,92 (таблица 2).

Коэффициент корреляции между измеренными и расчетными массами определялся по – среднеквадратическое отклонение; N – размер выборки; x_i – каждый элемент выборки; $\bar{\bar{X}}$ – среднее значение для совокупности.

Таблица 2. Расчетные и измеренные данные обхватов груди и масс лошадей

	Линия груди (фото) (см)	Обхват груди по эллипсу (фото) (см)	Обхват груди изм. (см)	Разница обхватов (см)	Масса по Маторин (фото) (кг)	Масса изм. (кг)
1	59	172,9	171	-1,9	417,4	392
2	61,5	180,2	182	1,8	461,2	508
3	61	178,8	183	4,2	452,8	504
4	57,5	168,5	164	-4,5	391	372
5	64,5	189	189	0	514	528
6	66	193,4	192	-1,4	540,4	490
7	58,5	171,4	178	6,6	408,4	365
8	62,5	183,2	175	-8,2	479,2	415
9	60	175,8	173	-2,8	434,8	439
10	60	175,8	177	1,2	434,8	452
11	57	167	166	-1	382	370
12	59,6	174,7	178	3,3	428,2	444
13	57,1	167,3	165	-2,3	383,8	380
14	61,5	180,2	179	-1,2	461,2	480
15	60,3	176,7	175	-1,7	440,2	445
16	57,5	168,5	185	16,5	391	420
17	62,5	183,2	186	2,8	479,2	498
18	61	178,8	183	4,2	452,8	461
19	58,4	171,2	166	-5,2	407,2	403
20	58,5	171,4	173	1,6	408,4	421
21	60,5	177,3	195	17,7	443,8	548
22	60	175,8	174	-1,8	434,8	415
Коэффициент корреляции по 18 лошадям - 0,92						

Интерфейс пользователя ПТК ПП

Масштабирование фото.

На рисунке 2 показано основное окно графического интерфейса ПТК ПП.

На рисунке 3 показаны схематично контрольные точки, дистанции между ними. Красным показаны измеряемые промеры.

Верхнее меню. Верхнее центральное меню состоит из трех подменю:

– «загрузить фото»; «задать масштаб»; «начать измерения промеров» (рисунок 4).

– Подменю «Загрузить фото» – открывает окно для выбора фотографии;

– Подменю «Задать масштаб» – открывает окно для калибровки масштаба (рисунок 5, 6). При нажатии «Задать масштаб» появляется окно «Введите длину эталонного объекта», в котором необходимо вписать измеренную длину в сантиметрах, а также провести линию на фото между крестами. Также открывается меню «Сохранить», «Очистить выбор», «Отмена», где «Сохранить» – устанавливает масштаб и сохраняет для дальнейшего использования; «Очистить выбор» – удаляет выбранные точки для повторного выбора краёв эталонного объекта; «Отмена» – выходит из окна калибровки масштаба.

Подменю «Начать измерение промеров» – открывает окно для ввода натурных измерений промеров.

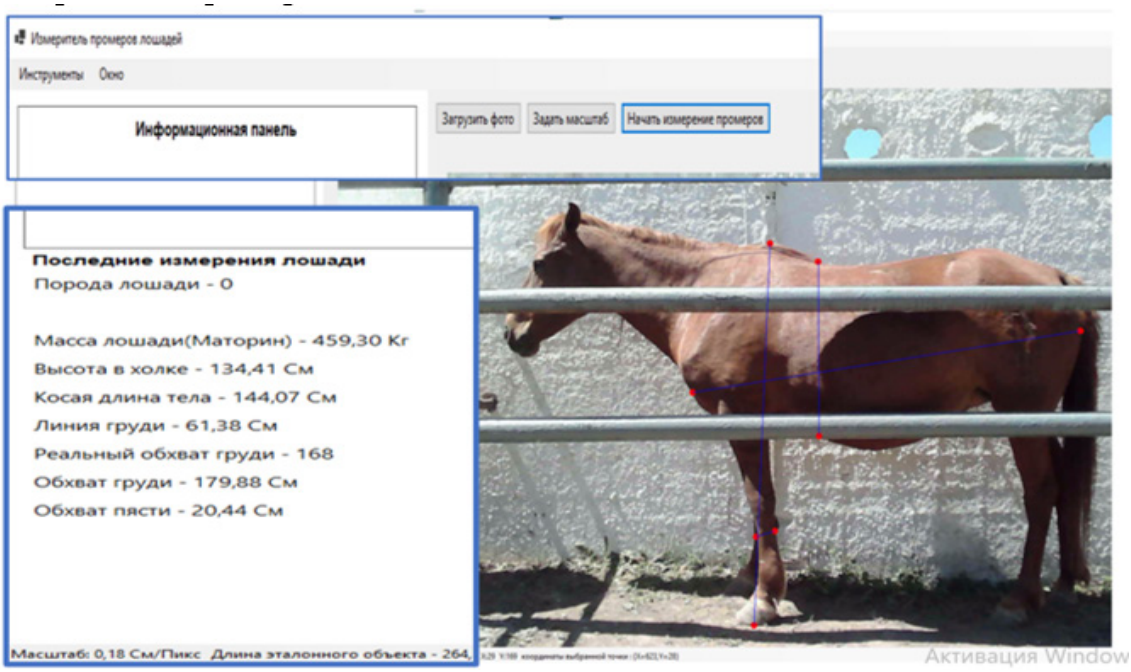


Рис. 2. Основное окно графического интерфейса.
[Fig. 2. The main window of the graphical interface].

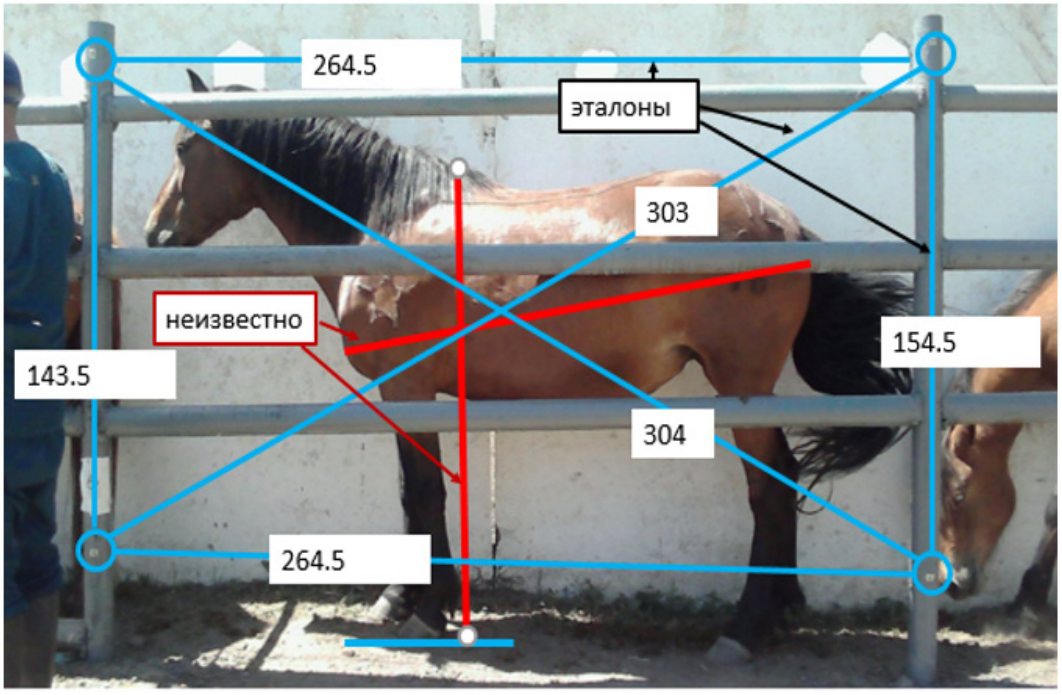


Рис. 3. Контрольные точки и расстояния между ними в см (голубые линии). Красными линиями показаны измеряемые промеры.
[Fig. 3. Control points and the distances between them in cm (blue lines). The red lines show the measured measurements].

Измерение промеров.

Подменю «Начать измерение промеров» – открывает окно для ввода данных о натурных промерах лошади (рис. 7). Нужно ввести такие параметры как: идентификационный номер, обхват груди и массу лошади. После этого при нажатии кнопки «Далее» приложение переходит в режим измерения по фото. Пользователю нужно выбрать такие ключевые точки как: высоту в холке; косую длину тела; линию груди; обхват пясти. Эти данные автоматически записываются в БД.

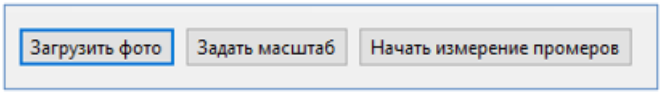


Рис. 4. Верхнее центральное меню.
[Fig. 4. The upper central menu].

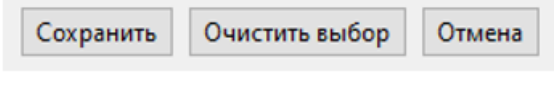


Рис. 5. Меню сохранения / несохранения масштаба.
[Fig. 5. The menu for saving/not saving the scale].



Рис. 6. Определение расстояний между крестами на фото.
[Fig. 6. Determining the distances between the crosses in the photo].

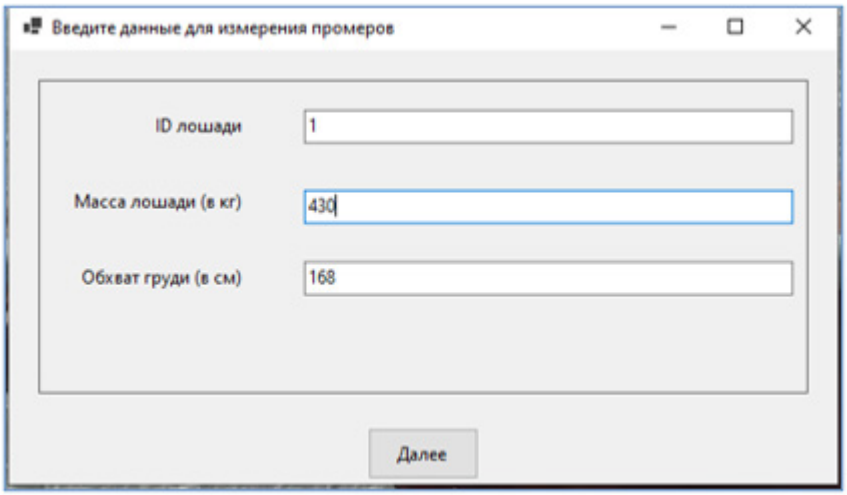


Рис. 7. Окно для ввода натурных измерений.
[Fig. 7. A window for entering field measurements].

Меню расчетов промеров лошадей по одиночной фотографии.

Меню «Инструменты-Окно» включает: подменю «Инструменты» для фотографирования из программы; подменю «Окно» – открыть список лошадей (рисунок 8) – позволяет нам открыть таблицу с измеренными по одиночному фото с параметрами: высота в холке, косая длина тела, линия груди, рассчитанный обхват груди, измеренный обхват груди, измеренная масса, рассчитанная масса, обхват пясти (рисунок 9). Кроме того, рассчитываются коэффициенты корреляции между измеренными и рассчитанными массами.

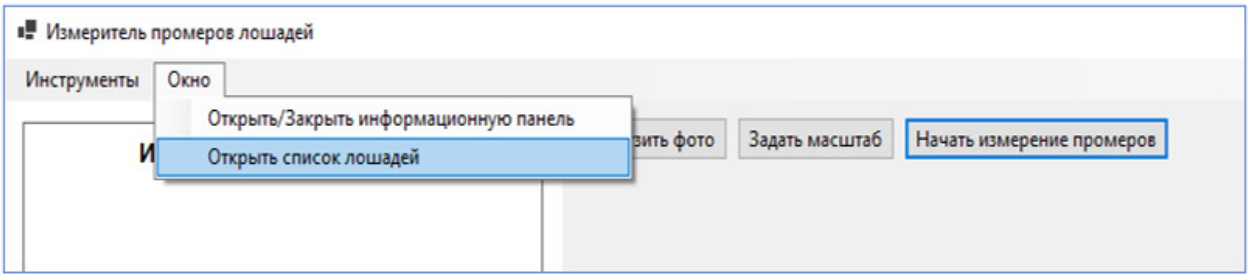


Рис. 8. Меню «Окно» и подменю «Открыть список лошадей».
[Fig. 8. The «Window» menu and the «Open list of horses» submenu].

Результаты.

В ходе выполнения исследования был разработан программно-технический комплекс полуавтоматических промеров лошадей методом фотографирования по одиночному снимку. Созданная система

позволяет автоматизировать процесс бонитировки лошадей и повысить точность измерений основных параметров животного.



	Идентификатор	Высота в холке(см)	Косая длина тела(см)	Линия груди(см)	Обхват груди(см)
▶	1	127,1	139,5	59,0	172,9
	2	134,2	147,9	61,5	180,2
	3	137,5	143,5	61,0	178,8
	4	129,0	132,8	57,5	168,5

Рис. 9. Фрагмент таблицы параметров, измеренных по одиночному фото.

[Fig. 9. Fragment of the table of parameters measured from a single photo].

Разработаны и реализованы основные модули подпрограмм модуль фотографирования, модуль калибровки изображения (масштабирования), модуль измерения линейных параметров лошади, а также модуль расчета окружности груди и массы животного. Работа всех модулей обеспечивает получение необходимых промеров по одной фотографии без применения сложного специализированного оборудования.

В процессе исследования предложены новые методы автоматизированной бонитировки лошадей, основанные на анализе цифрового изображения. Для определения окружности груди была разработана специальная формула перехода от линии груди к значению окружности, что позволило повысить достоверность вычислений массы животного.

Практическая значимость результатов заключается в возможности применения разработанной технологии в животноводческих хозяйствах Казахстана для ускорения и упрощения селекционной работы, контроля состояния поголовья и ведения учета. Использование программно-технического комплекса снижает трудоемкость проведения промеров и минимизирует влияние человеческого фактора.

Был проведен расчет массы лошади по обхвату груди. В ПО была реализована функция расчета массы лошади по линии фотографирования груди. По линии груди, полученной методом фотографирования, рассчитывался обхват груди на основе разработанной формулы. Затем по обхвату груди вычислялась масса лошади по А.А. Маторину – 2. Расчеты показали хорошую корреляцию: измеренных масс лошадей и рассчитанных по фото. Так, коэффициент корреляции по 18 лошадям составил – 0,92.

Научная новизна работы состоит в том, что впервые в Казахстане разработана технология автоматизированной бонитировки лошадей методом фотографирования по одиночному снимку. Полученные результаты подтверждают перспективность применения современных цифровых технологий и методов компьютерного анализа изображений в сфере животноводства.

Заключение.

В результате проведенных работ был разработан метод автоматизированной бонитировки лошадей (промеры) на основе одиночного цифрового изображения (как наиболее приемлемый), также был создан программно-аппаратный комплекс для бонитировки лошадей (промеры).

Метод наиболее подходит к условиям Казахстана, так как измерения чаще всего проводят в «поле», на отдаленных участках. Данный метод не требует особых условий для фотографирования, необходим только раскол со шкалами и камера.

Решены задачи:

– Создан модуль подпрограммы (МПП) фотографирования;

– Создан МПП калибровки фотографии (масштабирования);

– Создан МПП измерения линейных параметров лошади (высота, косая длина тела, линия груди);

– Создан МПП расчета окружности груди и массы лошади; создан интерфейс пользователя.

На основании созданного ПТК определяется: высота в холке, косая длина туловища, обхват груди, масса особи. ПТК предназначен для цифровизации и автоматизации процессов по надлежащему

ведению селекционно-племенной работы.

Этические аспекты.

Все процедуры с участием животных проводились в соответствии с международно- признанными принципами гуманного обращения с животными и действующими нормативными требованиями.

REFERENCES

Druml T., Dobretsberger M., Brem G. (2015). The use of novel phenotyping methods for validation of equine conformation scoring results // Animal. 2015. Vol. 9. № 6. Pp. 928–937. DOI: 10.1017/S1751731114003309.

Druml T., Dobretsberger M., Brem G. (2016). Ratings of equine conformation – new insights provided by shape analysis using the example of Lipizzan stallions // Archives of Animal Breeding. 2016. Vol. 59. № 2. Pp. 309–317. DOI: 10.5194/aab-59-309-2016.

Freitag G.P., Freitag de Lima L.G., Jacomini J.A., Kozicki L.E., Ribeiro L.B. (2021). An accurate image analysis method for estimating body measurements in horses // Journal of Equine Veterinary Science. 2021. Vol. 101. Article 103418. DOI: 10.1016/j.jevs.2021.103418.

Iskhan K.Zh., Otebayev Zh.M., et al. (2025). Selektsionno-plemennaya rabota s kushumskoy porodoy loshadey v khozyaystve Baiserke-Agro (2025) — organizatsiya selektsionnoy raboty. Issledovaniya, rezultaty. 2025. № 2. [in Russ.]. https://doi.org/10.37884/2-2025/09 .

Instruktsiya po bonitirovke loshadey. Ministerstvo selskogo khozyaystva Respubliki Bashkortostan, Tsentr kompetentsii Respubliki Bashkortostan po konevodstvu i konnomu sportu «Akbuzat»; sost. Akhatova I.A. Ufa, 2019. 25 p. [in Russ.].

Konnozavodstvo: Bonitirovka. Mustang. 2014. Available at: https://www.goldmustang.ru/magazine/konevodstvo/575.html [in Russ.].

Kristjansson T., Bjornsdottir S., Sigurdsson A., Crevier-Denoix N., Pourcelot P., Arnason T. (2013). Objective quantification of conformation of the Icelandic horse based on 3-D video morphometric measurements // Livestock Science. 2013. Vol. 158. Issues 1–3. Pp. 12–23. DOI: 10.1016/j.livsci.2013.09.019.

Kristjansson T., Bjornsdottir S., Albertsdóttir E., Sigurdsson A., Pourcelot P., Crevier-Denoix N., Arnason T. (2016). Association of conformation and riding ability in Icelandic horses. Livestock Science. 2016. Vol. 189. Pp. 91–101. DOI: 10.1016/j.livsci.2016.05.010.

Matsuura A., Dan M., Hirano A., Kiku Y., Torii S., Morita S. (2021). Body measurement of riding horses with a versatile tablet-type 3D scanning device // Journal of Equine Science. 2021. Vol. 32. № 3. Pp. 73–80. DOI: 10.1294/jes.32.73.

Matsuura A., Torii S., Ojima Y., Kiku Y. (2024). 3D imaging and body measurement of riding horses using four scanners simultaneously // Journal of Equine Science. 2024. Vol. 35. № 1. Pp. 1–7. DOI: 10.1294/jes.35.1.

Ob utverzhdenii instruktsii po bonitirovke [On approval of the instructions for livestock appraisal]. Ministerstvo yustitsii Respubliki Kazakhstan, Institut zakonodatelstva i pravovoy informatsii. 2014. Available at: https://adilet.zan.kz/rus/docs/V14F0009818 [in Russ.].

Shkola schastlivykh loshadey. 7 sposobov opredeleniya vesa loshadi. Available at: https://happy-horses.ru/7-sposobov-opredeleniya-vesa-loshadi/ [in Russ.].

Weller R., Pfau T., Babbage D., Brittin E., May S.A., Wilson A.M. (2006). Reliability of conformational measurements in the horse using a three-dimensional motion analysis system // Equine Veterinary Journal. 2006. Vol. 38. № 7. Pp. 610–615. DOI: 10.2746/042516406X150367.

Zanchi M., Bordin C., Danese T., Ablondi M., Asti V., Summer A., Valle E., Ozella L. (2026). Harnessing deep learning for automated horse morphometry estimation // Smart Agricultural Technology. 2026. Vol. 14. Article 101985. DOI: 10.1016/j.atech.2026.101985.

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 19–32
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/02
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 68.39.55

A.M. Ombayev[1]*, E. Razuan[1], S.A.Dauletov[2], L.B. Mukanova[1]
[1]«Kazakh National Agrarian Research University», Almaty, Kazakhstan;
[2]LLP «Beket-Daulet», Almaty region, Ili district, village of Akshy, Kazakhstan.
E-mail: abdi_rahman@mail.ru

CHARACTERISTICS OF AGE AND SEX-RELATED CHANGES IN BODY DIMENSIONS OF CAMEL CALVES

Ombayev Abdirakhman Moldanazaruly, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the International Research Center for Quality Management in Animal Husbandry, «Kazakh National Agrarian Research University», Almaty, Abai Avenue 8, 050021, Kazakhstan
E-mail: abdi_rahman@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1347-6249;
Razuan Ergali, Doctoral student PhD, «Kazakh National Agrarian Research University», Almaty, Abai Avenue 8, 050021, Kazakhstan
E-mail: razuanergali@gmail.com, https://orcid.org/0009-0007-6750-4771;
Dauletov Sydyk Abuuly, Candidate of Agricultural Sciences, General Director LLP «Beket-Daulet», Almaty region, Ili district,.village of Akshy, Kunaev str., 27, Kazakhstan,
E-mail: daulet.beket@mail.ru.
Mukanova Lyazzat Balgabaikyzy, PhD, «Kazakh National Agrarian Research University», Almaty, Abai Avenue 8, 050021, Kazakhstan
E-mail: lyazzat.mukanova@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8041-5235.

Abstract. The article presents the results of a study on body measurements of camel calves of the Kazakh Bactrian and Turkmen dromedary breeds raised in the southeastern region of Kazakhstan. The research examined body measurements at birth and at 6, 18, 30 and 42 months of age, considering age and sex differences. In recent years, farmers in southeastern Kazakhstan have increasingly bred Turkmen dromedary camels along with local Kazakh Bactrian camels. The Turkmen Arvana dromedary is adapted to the hot climatic conditions of desert and semi-desert areas of Kazakhstan and Central Asia. The Kazakh Bactrian breed can be raised in both hot regions and areas with severe winters, maintaining high productivity. The study was conducted at the “Daulet-Beket” LLP farm in the Ili district of Almaty region. Changes in body measurements of different camel breeds depending on age and sex were determined based on individual animal measurements. The obtained results showed differences in body measurement indicators between Kazakh Bactrian and Turkmen dromedary calves from birth to 42 months of age. Turkmen dromedary calves had higher withers height and oblique body length compared with Kazakh Bactrian calves while lower values were observed for chest girth and cannon circumference. Therefore, the main body measurements of calves of both breeds reach their maximum development by 42 months of age. Further body formation is associated with changes in conformation and adaptation to environmental conditions. Knowledge of camel growth and development patterns is essential for efficient rearing, preservation of young animals, improvement of breeding characteristics and increasing productivity.

Keywords: camel breeds, body measurements, bactrian, dromedar, female, male
For citation: Ombayev A.M., Razuan E., Dauletov S.A., Mukanova L.B. (2026). Characteristics of age and sex-related changes in body dimensions of camel offspring // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 19–32. https://doi.org/10.37884/5-2026/02 [In Kaz.].
Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

А.М. Омбаев[1]*, Е. Разуан[1], С.А. Дәулетов[2], Л.Б. Мұканова[1]
[1]«Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КЕАҚ, Алматы, Қазақстан;
[2]«Бекет-Дәулет» ЖШС, Алматы облысы, Іле ауданы, Ақши ауылы, Қазақстан.
E-mail: abdi_rahman@mail.ru

ТҮЙЕ ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ ДЕНЕ ӨЛШЕМДЕРІНІҢ ЖАСЫНА ЖӘНЕ ЖЫНЫСЫНА БАЙЛАНЫСТЫ ӨЗГЕРУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Омбаев Абдирахман Молданазарұлы, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, «Мал шаруашылығы өнімдерін өндірудің сапасын басқару» Халықаралық зерттеу орталығының жетекшісі, «Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КЕАҚ. Қазақстан, 050021, Алматы, Абай даңғылы, 8
E-mail: abdi_rahman@mail.ru , https://orcid.org/0000-0002-1347-6249;
Разуан Ерғали, PhD докторанты, «Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КЕАҚ. Қазақстан, 050021, Алматы, Абай даңғылы, 8
E-mail: razuanergali@gmail.com, https://orcid.org/0009-0007-6750-4771;
Даулетов Сыдық Абуұлы, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, «Бекет-Дәулет» ЖШС бас директоры. Қазақстан, Алматы облысы, Іле ауданы, Ақши ауылы, Қонаев көшесі, 27 үй
E-mail: daulet.beket@mail.ru;
Мұканова Ляззат Балғабайқызы, PhD, «Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КЕАҚ. Қазақстан, 050021, Алматы, Абай даңғылы, 8.
E-mail: lyazzat.mukanova@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8041-5235.

Аннотация. Мақалада Қазақстанның оңтүстік-шығыс аймағында өсірілетін қазақ бактриан және түрікмен дромедар түйе тұқымдары – боталары туғанда, 6, 18, 30 және 42 айлық жасындағы дене өлшемдерін жасына және жынысына қарай зерттеу нәтижелері ұсынылған. Кейінгі жылдары Қазақстанның оңтүстік-шығыс өңірінде жергілікті қазақтың қос өркешті бактриан түйелерімен қатар түрікменнің бір өркешті дромедар түйелерін өсіруге қызығушылық артып келеді. Бір өркешті түрікмен аруанасы Қазақстан мен Орта Азияның шөл және шөлейт аймақтарының ыстық климатына жақсы бейімделген. Ал қос өркешті қазақ бактрианы ыстық аймақтарда ғана емес, қысы аязды жазық аймақтарда да өсіріліп, жоғары өнімділік көрсетеді. Жұмыстың мақсатына сәйкес Қазақстанның оңтүстік-шығыс аймағында өсірілетін түйе тұқымдарының дене өлшемдерінің жасына және жынысына байланысты өзгеру ерекшеліктері Алматы облысы Іле ауданындағы «Даулет-Бекет» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің шаруашылығында түйелердің дене өлшемдерін жеке өлшеу нәтижелері бойынша анықталды. Алынған мәліметтерді талдау қазақ бактриан және түркімен дромедар түйе тұқымдары боталарын жыныстық белгілері бойынша салыстырғанда, туғаннан 42 айлық жасқа дейінгі кезеңде дене өлшемдерінің көрсеткіштерінде айырмашылықтар болатынын көрсетті. Түркімен дромедар және қазақ бактриан түйе тұқымдары боталарының дене өлшемдерін салыстырғанда, туған кезде және 6,18,30, 42 айлық жастарында шоқтығының биіктігі, тұлғасының қиғаш ұзындығы жоғары, ал кеуде және білезік орамдары төмен болды. Осылайша, екі түйе түйе тұқымдары боталарының дене өлшемдері туғаннан бастап 42 айлығына дейінгі кезеңде ең жоғары деңгейге жетеді, ал одан әрі дене пішінінің өзгеруі, ағзаның табиғи ортаға бейімделуіне байланысты жануарлар әлеміне тән басқа да қасиеттер арқылы қалыптасады. Түйелерді өсіру кезінде олардың жеке өсу және даму заңдылықтары мен ерекшеліктерін білу жас төлдің өсуі мен дамуы үшін ғана емес, сонымен қатар түйенің асыл тұқымдық және өнімділік қасиеттерін арттыру үшін де үлкен маңызға ие.

Түйін сөздер: түйе тұқымдары, дене өлшемдері, бактриан, дромедар, ұрғашы, еркек

Дәйексөз үшін: Омбаев А.М., Разуан Е., Дәулетов С.А., Мұканова Л.Б. (2026). Түйе тұқымдарының дене өлшемдерінің жасына және жынысына байланысты өзгеру ерекшеліктері // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 19–32. https://doi.org/10.37884/5-2026/02 [In Kaz.].

Мүдделер қақтығысы: Мақалада авторлардың мүдделер қақтығысы жоқ.

Алғыс. *Алматы облысы Іле ауданы «Даулет- Бекет» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің ұжымына ғылыми-зерттеулер аясында қазақ бактриан және түркімен дромедар түйе тұқымдары боталарының дене өлшемдерін бірлесе өлшеуге қатысып қол ұшын бергендеріне алғысымызды біл-*

діреміз.

А.М. Омбаев[1]*, Е. Разуан[1], С.А. Даулетов[2], Л.Б. Мұканова[1]
[1]НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», город Алматы, Казахстан;
[2]ТОО «Бекет-Дәулет», Алматинская область, Илийский район, село Акши, Казахстан.
E-mail:abdi_rahman@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОМЕРОВ ТЕЛА ВЕРБЛЮДОВ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА И ПОЛА

Омбаев Абдирахман Молданазарулы, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель Международного исследовательского центра “Управление качеством производства продукции животноводства” НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет». Казахстан,050021 Алматы, проспект Абая, 8
E-mail: abdi_rahman@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1347-6249;
Разуан Ергали, докторант PhD, НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет». Казахстан, 050021 Алматы, проспект Абая, 8
E-mail: razuanergali@gmail.com, https://orcid.org/0009-0007-6750-4771;
Даулетов Сыдық Абуұлы, кандидат сельскохозяйственных наук, генеральный директор ТОО «Бекет-Дәулет», Алматинская область, Илийский район, село Акши, улица Кунаева, дом 27, Казахстан
E-mail: daulet.beket@mail.ru
Мұканова Ляззат Балғабайқызы, PhD, НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет». Казахстан,050021 Алматы, проспект Абая, 8
E-mail: lyazzat.mukanova@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8041-5235.

Аннотация. В статье представлены результаты исследования промеров тела верблюжат пород верблюдов казахский бактриан и туркменский дромедар, разводимых в юго-восточном регионе Казахстана, в зависимости от возраста и пола при рождении, а также в возрасте 6, 18, 30 и 42 месяцев. В последние годы в юго-восточных регионах Казахстана наряду с местными казахскими двугорбыми верблюдами породы казахский бактриан фермеры все чаще занимаются разведением одногорбых туркменских дромедаров. Одногорбая туркменская аруана хорошо приспособлена к жарким климатическим условиям пустынных и полупустынных зон Казахстана и Средней Азии, тогда как двугорбую породу верблюда казахский бактриан эффективно разводят не только в жарких регионах, но и в равнинных местностях с суровыми зимными морозами, сохраняя при этом высокую продуктивность, характерную для данной породы. В соответствии с целью исследования особенности изменения промеров тела верблюдов различных пород в зависимости от возраста и пола были изучены в ТОО «Даулет-Бекет» Илийского района Алматинской области на основании результатов индивидуальных измерений животных. Анализ полученных данных показал наличие различий в показателях промеров тела верблюжат пород казахский бактриан и туркменский дромедар в период от рождения до 42-месячного возраста в зависимости от пола. При сравнении промеров тела установлено, что верблюжата туркменского дромедара превосходили казахских бактрианов по высоте в холке и косой длине туловища, однако уступали им по обхвату груди и обхвату пясти. Таким образом, основные промеры тела верблюжат обеих пород интенсивно формируются до 42-месячного возраста, после чего дальнейшее развитие связано с изменением телосложения и адаптацией организма к природным условиям среды. Знание закономерностей роста и развития верблюдов имеет важное значение для эффективного выращивания и сохранения молодняка, а также совершенствования племенных качеств и повышения продуктивности животных.

Ключевые слова: породы верблюда, промеры тела, бактриан, дромедар, самка, самец

Для цитирования: Омбаев А.М., Разуан Е., Дәулетов С.А., Мұканова Л.Б. (2026). Особенности изменения промеров тела верблюдов различных пород в зависимости от возраста и пола // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 19–32. https://doi.org/10.37884/5-2026/02 [In Kaz.].

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Кіріспе.

ФАО статистикалық мәліметіне сәйкес, әлем бойынша түйелердің жалпы саны шамамен 35 миллион басты құрайды. Әлемде түйе шаруашылығының өнімдері жыл сайын шамамен 1 миллион тонна тірі салмақтағы етті, 100 мың тоннадан астам жүнді және 1,2 миллион тонна сүтті өндіреді [Faye, 2015].

Африка құрлығында 12 тұқымдық дромедар өсіріледі (3153 мың бас немесе әлемдік түйе санының 17 %-ы), бұл осы түйе тұқымының 21 %-ын құрайды. Азия мен Мұхит аймағында 9 дромедар тұқымы және 5 бактриан тұқымы өсіріледі (3570 мың бас немесе әлемдік түйе басының 19 %-ы), бұл түйе тұқымдарының 25 %-ын құрайды. Таяу Шығыста 31 түйе тұқымы өсіріледі, оның ішінде 29 дромедар және 2 бактриан тұқымы бар (12073 мың бас немесе әлемдік түйе басының 64 %-ы), бұл түйе тұқымдарының 54 %-ын құрайды [Raiymbek, et al, 2015; Hoffmann, 2010].

Қазақстан тарихи тұрғыдан алғанда ежелден мал өсіруші ел. Мал шаруашылығы қазақтардың тұрмыс- тіршілігінің негізі, әрі көшпелі халықтың ең маңызды саласы болған. Мал шаруашылығының дамуына кең байтақ табиғи жайылымдардың болуы ықпал еткен.

Өнімділік тұрғысынан түйе шаруашылығы басым дамып келе жатқан Қазақстанның оңтүстік – батыс, онтүстік- шығыс аймақтарында шаруаның белсенді іс- әрекетіне байланысты шөлді- шөлейтті жерлерді пайдалану мәселесі өте өзекті болып табылады. Қазақстанның шөл- шөлейт жағдайында өнімді түйе шаруашылығын қоспағанда, азықтық ресурстардың тапшылығына байланысты сүтті мүйізді ірі қара мал шаруашылығын дамыту өте қиын. Сондықтан, түйе шаруашылығы-бәсекеге қабілетті нарықтық экономиканың барлық атрибуттары бар әлеуметтік инфрақұрылымды дамыта отырып шөлшөлейтті жерлерді шаруашылық қызметіне пайдалануға мүмкіндік беретін мал шаруашылығының бірден- бір саласы болып саналады [Разуан және т.б., 2026].

Түйе шаруашылығын заман талабына сай жаңа, жоғары деңгейге дамыту, әрі көтеру ғылым жетістіктері мен озық тәжірибелерді осы салаға енгізу арқылы ғана мүмкін болады. Қазақстан ерте заманнан қазақ бактриан және түркімен дромедар түйе тұқымдарын өсіруші республика болып саналды [Baimukanov және т.б., 2020, Baimukanov және т.б., 2023].

2026 жылдың 1 қаңтарындағы мәліметке сай Қазақстан Республикасындағы түйе саны 292,0 мың басты құрайды. Өндірістік түйе шаруашылығын дамыту жағдайында негізгі мәселе – түйе сүтін өндіруді тұрақты дамыту, себебі түйе сүтіне деген сұраныс оның өндірістік мүмкіндіктерінен асып түсуде.

Ауыл шаруашылығы малдарының дамуының негізгі заңдылықтары, олардың өсу барысындағы дене өлшемдерін алу жолымен, экстерьер немесе сыртқы келбетінің өзгерістеріне қарай отырып бақылау болып табылады, әрі ағзаның жеке дамуы, өсуі мен белгілердің сандық және сапалық дифференциялаудың арасындағы ажырамас қарым-қатынасының арқасында жүзеге асады

Әдебиетке шолуға сәйкес өсу - дамудың бірінші жағы, екіншіден - сапалық қалыптасуы екендігін, ал өсу - тірі ағзадағы жаңа қалыптасулардың нәтижесінде саны өзгеріп отыратын, ағза клеткалары салмағының, оның ұлпалар мен мүшелерінің ұзына бойғы және көлемді өлшемдерінің ұлғаюы. Жалпы, түйе малы қыс мезгілінде өздерінің бастапқы салмағының 5 %-дан 20 %-на дейін жоғалтатыны, жаз мезгілдерінің сәуір-тамыз және күзгі қыркүйек-қазан айларының аралығында олардың жақсы қоңданатыны анықталған. Бір өркешті түйелерді, әсіресе, олардың төлдерін жайып семірту мен жемдеуді ұштастыра отырып баққанда, сойыс шығымын 53 %-ға дейін көтеріп, жоғары қоңдылыққа күз мезгілінде қол жеткізуге болатыны дәлелденген [Баймұқанов және т.б., 2021].

Қазақстанда түйе шаруашылығы мал шаруашылығының басқа салаларына қарағанда артта қалып келеді. Өйткені өкінішке орай, түйе өнімділігінің сапасын арттыру қазіргі талаптарға сай емес. Сондықтан, түйе шаруашылығында асыл тұқымды жұмыстың деңгейіне ерекше назар аудару керек [Баймұқанов және т.б., 2000].

Асыл тұқымды қазақ бактриан түйе тұқымы туралы ғылыми мәліметтерді талдай отырып, түйелердің тұқымдық құрылымы малдардың саны мен түрі бойынша екіұшты: олардың құрамында ірі түйелермен қатар ұсақ түйелері де бар, яғни олар салмақтары мен дене бітімі бойынша әртүрлі [Мұсаев және т.б., 2001; Мұсаев, 1992].

Әдебиет деректері бойынша қазақ бактриандарының Орал-Бөкей типі өркешінің арасы 180–200 см, кеуде қуысы 240–250 см, ересек аталықтардың орташа тірілей салмағы 800–900 кг, ең жақсысы шамамен 1000 кг, аналық түйе 630–700 кг құрайды. Аталықтарының жылдық жүн қырқымы 9–10 кг, аналықтарыніке 5–7 кг. Қазақстанда орта есеппен қазақ бактриан түйелері мынадай көрсеткіштерге

ие: аталықтарының тірілей салмағы 680–850 кг, аналықтарыніке 520–670 кг; сауын кезеңінің 8–19 айларында сүт өнімі 840-тан 1827 кг-ға дейін, жеке сауын түйелерде 2568 кг; 2,5–3 жасында бордақылаудағы жас түйелердің салмағы 260–275 кг құрайды [Мұсаев және т.б., 2001].

Жалпы қазақ бактриан түйе тұқымы келесі селекциялық көрсеткіштермен сипатталады: шоқтығының жерден биіктігі 180–189 см, тұлғасының қиғаш ұзындығы 164–170 см, кеуде орамы 235-258 см, білезік орамы 20,5–24,5 см, тірілей салмағы 720–768 кг, жүн қырқымы 11,0–13,5 кг. Тұқымдық жазбалар бойынша түйе популяциясының 87,8 % қазақ бактрианы [Баймұқанов, 2001]. Алайда, ғылыми жұмыста қазақ бактриан түйе тұқымының дене өлшемдерін зерттегенмен, олардың жас ерекшеліктеріне байланысты өзгерістер толық қарастырылмаған.

Қазақ бактриан мен қазақ дромедар түйе тұқымдары боталарының барлық жас аралық кезеңдерінде олардың жыныстық белгілері бойынша салыстырғанда тірілей салмақтары көрсеткіштерінде айырмашылықтары айқын білінді. Туған кезінде және туғаннан кейінгі өсіп-дамуының алғашқы 12 айында тірілей салмағы бойынша еркек және ұрғашы боталардың арасында айтарлықтай айырмашылықтар байқалмады. Боталар бір жастан асқанда ұрғашы боталармен салыстырғанда еркектерінің тірілей салмағының біршама жоғары өсімталдылығы байқалды. Екі және үш жасарында тірілей салмағы жөнінен еркек және ұрғашы боталардың арасындағы айырмашылығы статистикалық нақты дәрежеде болды [Құрманбай, 2006].

Жалпы Ү. Құрманбайдың зерттеуі қазақ бактриан мен қазақ дромедар түйе тұқымдарын қамтыса, біздің зерттеуімізде қазақ бактриан мен түркімен дромедар түйе тұқымдарының көрсеткіштерін салыстыруға бағытталған.

Қазақстанда асыл тұқымды түйе өсіріп, шұбат өндіретін ірі шаруашылықтардың бірі Алматы облысы Іле ауданының Ақши ауылында орналасқан «Дәулет-Бекет» ЖШС. Серіктестің мал шаруашылығы кешеніндегі жайылымдық жер көлемі 45000 гектар, түйе саны 5000 бас. Шұбат өндіруге бағытталған 2,5 мың бас асылтұқымды түйе бар, әрбір аналық түйе күніне 5–7 литр сүт береді. Түйе сүтін өңдейтін заманауи қондырғылармен жабдықталған шұбат цехының қуаттылығы тәулігіне 5 тонна Шаруашылықта түйе малы екі жолмен сауылады: қолмен және сауу аппараттарымен. Сауын залында Agralis фирмасының неміс қондырғыларымен жабдықталған түйелерді машинамен сауатын 8 орын бар. Әрине, түйе шаруашылығын заман талабына сай жаңа, жоғары деңгейге дамыту, әрі көтеру ғылым жетістіктері мен озық тәжірибелерді осы салаға енгізу арқылы ғана мүмкін болады [Даулетов, 2021].

Қазіргі кезде елімізде өсіріліп жатқан түйе тұқымдарының өсіп-даму заңдылықтарын анықтамай, оларды тиімді пайдалану, әрі оның ғылыми негізделген технологиясын жасау мүмкін емес. Сондықтан, Қазақстанның оңтүстік-шығыс аймағында өсірілетін түйе тұқымдарының өсу және даму заңдылықтарын анықтау, олардың өнімділік-биологиялық ерекшеліктерін зерттеу өте өзекті.

Қазақстанның оңтүстік-шығыс өңірінде өсірілетін қазақ бактриан мен түркімен дромедар түйе тұқымдары төлдерінің дене өлшемдерінің жасына және жынысына байланысты өзгеру заңдылықтары алғаш рет кешенді түрде анықталды.

Жұмыстың мақсаты – Қазақстанның оңтүстік-шығыс аймағында өсірілетін қазақ бактриан мен түркімен дромедар түйе тұқымдарының төлдерінің дене өлшемдерінің жасына және жынысына байланысты өзгеру заңдылықтарын анықтау.

Зерттеу жұмысының міндеттері: Қазақстанның оңтүстік-шығыс аймағында өсірілетін түйе тұқымдары төлдерінің жасына және жынысына байланысты дене өлшемдерінің туғаннан бастап 42 айлық жасына дейін өсу қарқыны мен өзгеру ерекшеліктерін зерттеу;

жас қазақ бактриан және түркімен дромедар түйе тұқымдарының дене өлшемдері ерекшеліктерін зерттей отырып, олардың жалпы өсу заңдылықтарын анықтау;

Зерттеу материалдары мен әдістері.

Зерттеу жұмыстары Алматы облысы Іле ауданы «Даулет-Бекет» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінде 2021–2025 жылдары қазақ бактриан мен түркімен дромедар түйе тұқымдарынан 10 бастан жынысына қарай (40 бас) арнайы құрылған топтарда жүргізілді.

Түйе боталарының дене өлшемдері (шоқтығының биіктігі, тұлғасының қиғаш ұзындығы, кеудесінің орамы, білезік орамы) туғаннан кейін үш күндік, 6, 18, 30 және 42 айлық кезінде қазақ бактриан және түркімен дромедар түйе тұқымдарын өсіру негіздерімен жіктеу жөніндегі нұсқаулыққа сәйкес жалпылама қолданып келе жатқан әдістеме бойынша зерттелді, ал тәжірибелік жас түйе малдарының салыстырмалы өсу қарқыны тәжірибелік түйе малдарының тірілей салмағы стационарлық таразыда 5 кг дәлдікпен өлшеніп, анықталды.

Дене бітімінің индекстері түйелерге арнап өзгеріс енгізген С. Броди теңдеуімен анықталды.

Алынған нәтижелер мен зоотехникалық деректерді статистикалық өңдеу Н.А. Плохинскийдің стандартты әдістемесі, PAST (PAIaeontoloqical Statistics) және Microsoft Excel 2010 бағдарламаларына сәйкес жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері мен талқылау.

Жалпы түйе тұқымдарының өсуі мен дамуының маңызды көрсеткіштері - олар тірілей салмақ пен сыртқы дене өлшемдері. Аталған көрсеткіштер малдардың ағзасындағы сандық және белгілі бір дәрежеде сапалық өзгерістерді есепке алуға мүмкіндік береді.

Тәжірибе топтарында 2023 жылы туған боталардің дене өлшемдері мен дене бітімінің индекстері жастық аспектіде зерттелді (Кесте 1).

Кесте 1. Үш күндік боталардың дене өлшемдері мен дене бітімінің индекстері, n=10 , ∑n=40

Статистикалық белгілер	Ұрғашы боталар	Еркек боталар		
	қазақ бактрианы	түркімен дромедары	қазақ бактрианы	түркімен дромедары
Шоқтығының биіктігі, см				
$\overline{X} \pm m_x$	103,7±1.10	108,2±1.81	107,2±1.07	111,1±0.63
Cv, %	3,37	5,29	3,20	1,80
σ	3,49	5,52	3,40	2,00
Тұлғасының қиғаш ұзындығы, см				
$\overline{X} \pm m_x$	70,7±0.97	76,5±1.24	72,7±0.95	74,2 ±0.82
Cv, %	4,32	5,12	4,10	3,47
σ	3,06	3,92	3,00	2,58
Кеуде орамы, см				
$\overline{X} \pm m_x$	90,3±0.55	85,2±1.26	83,6±0.96	82,8±0,58
Cv, %	1,95	4,67	3,60	2,20
σ	1,74	4,00	3,00	1,82
Білезік орамы, см				
$\overline{X} \pm m_x$	12,1±0.85	10,4±0.46	11,9±0.79	10,0±0,67
Cv, %	2,24	1,08	2,00	2,23
σ	2,70	1,46	2,50	2,12
Созылмалдық индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	68,2±1.62	70,7±0.75	67,6±0.93	67,1±0,98
Cv, %	7,44	3,35	4,33	4,60
σ	5,12	2,37	2,93	3,09
Шомбалдық индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	87,1±0.89	78,7±0.98	81.4±0.86	74,4±1,06
Cv, %	3,24	3,93	3,33	4,51
σ	2,82	3,09	2,71	3,35
Мығымдылық индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	127,7±1.77	111,4±1.02	120,4±0.82	110,8±0,83
Cv, %	4,40	2,87	2,15	2,36
σ	5,60	3,22	2,59	2,61
Сүйектілік индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	11,7±1.06	9,6±0.38	11,7±0.74	8,9±0,40
Cv, %	3,52	1,36	1,97	1,32
σ	3,35	1,19	2,33	1,28

Қазақ бактриан және түркімен дромедар түйелері тұқымдарының тірілей салмағы мен сыртқы

сипаттамаларын зерттеу ғылыми маңызға ғана емес, өндірістік қажеттілікке де ие. Өйткені, Қазақстанның оңтүстік-шығыс аймағы жағдайында жыл бойы түйелерді ұзақ мерзімді күтіп-бағу арқылы жайылымдықтарды пайдалану шаруашылықтың қолданысындағы технологияны өндіріске енгізуде олардың конституциялық беріктігі, оңтайлы мөлшері, тірілей салмағы мен ет, сүт, жүн өнімділіктерін арттыру өте маңызды [Razuan және т.б., 2025].

Алынған мәліметтерге сәйкес ұрғашы және еркек түркімен дромедар тұқымы түйелерінің дене өлшемдерін қазақ бактриан тұқымы түйелерімен салыстырғанда туған кездегі шоқтығының биіктігі сәйкесінше 4,3–3,6 %, тұлғасының қиғаш ұзындығы 8,2–2,6 % жоғары болса, кеуде орамы бойынша 6,7–6,5 %, білезік орамы 14,1–16,0 % төмен болды (P<0,01)

Ұрғашы қазақ бактриан тұқымды түйелерінің туған кездегі дене өлшемдерін түркімен дромедар тұқымы түйелерінің боталарымен салыстырғанда шоқтығының биіктігі 4,5 см, тұлғасының қиғаш ұзындығы 5,8 см жоғары болса, кеуде орамы 5,1 см, білезік орамы 1,7 см төмен болды, ал еркек қазақ бактриан және түркімен дромедар тұқымды түйелердің туған кезде шоқтығының биіктігі мен тұлғасының қиғаш ұзындығы сәйкесінше 3,9 см – 1,9 см жоғары, кеуде орамы мен білезік орамы сәйкесінше 4,8 см – 1,9 см төмен болды.

Жалпы алынған мәліметтерге сәйкес түркімен дромедар түйе тұқымының боталарының туған кездегі дене өлшемдерін қазақ бактриан тұқымды түйелерінің боталарымен салыстырғанда шоқтығының биіктігі мен тұлғасының қиғаш ұзындығы бойынша жоғары, кеуде орамы мен білезік орамы бойынша төмен болатындығы анықталды, әрі ғалымдардың бұрында осы бағыттағы зерттеулері бойынша алынған әдебиеттегі көрсеткіштерді тағы да дәлелдеді.

Ұрғашы және еркек қазақ бактриан тұқымды түйелерінің туған кездегі дене өлшемдерін салыстырғанда шоқтығының биіктігі соңғысында 3,5 см, тұлғасының қиғаш ұзындығы 2,0 см, жоғары болса, кеуде орамы 2,8 см, білезік орамы 0,2 см төмен болды, ал түркімен дромедар тұқымды түйелердің туған кезде шоқтығының биіктігі сәйкесінше 2,9 см жоғары, тұлғасының қиғаш ұзындығы 1,9 см, кеуде орамы 2,5 см, ал білезік орамы 0,4 см төмен болды.

Ұрғашы қазақ бактриан түйе тұқымы боталарының туған кездегі тұлғасының қиғаш ұзындығы шоқтығының биіктігінен 33,0 см немесе 46,6 % төмен болса, осы көрсеткіштер түркімен дромедар түйе тұқымы бойынша тиісінше 31,7 см немесе 41,4 % төмен болды. Ал, еркек түркмен дромедар түйе тұқымы боталарының туған кездегі жоғарыдағы дене өлшемдері көрсеткіштері сәйкесінше 34,5см, 47,4 %; 36,5 см, 49,9 % төмен болды (P<0,001).

Сонымен қатар, қазақ бактриан түйе тұқымы боталарының түркімен дромедар тұқымы боталарына қарағанда шомбалдық, мығымдылық және сүйектілік индекстері көрсеткіштерінің жоғарылайтынын анықталды.

Шомбалдық көрсеткіші бойынша ұрғашы қазақ бактриан түйе тұқымы боталары дромедар тұқымы боталарына қарағанда 10,6 %-ға, мығымдылық және сүйектілік индекстері бойынша сәйкесінше 14,6 %-ке басым, ал созылмалдық индексі бойынша 3,7 %-ке төмен болса; еркек қазақ бактриан тұқымы боталары бойынша шомбалдық, мығымдылық және сүйектілік индекс көрсеткіштері сәйкесінше 9,4 %, 8,7 %-ға, 31,4 %-ға басым болды (P<0,001).

Алынған мәліметтер қазақ бактриан тұқымы боталарының шомбалдық, мығымдылық және сүйектілік индекс көрсеткіштері жалпы олардың дене өлшемдері мен құрамын арттыруға оң әсер етуі мүмкін екендігін көрсетеді.

Қазақ бактриан түйе тұқымының боталарында туғаннан кейінгі дамудың алты айында шоқтығы биіктігі жынысына қарай сәйкесінше 43,4–43,0 см-ге немесе 41,8–40,2 %-ға, тұлғасының қиғаш ұзындығы сәйкесінше 40,2–43,1 см-ге немесе 58,8–59,6 %-ға, кеуде орамы сәйкесінше 61,3–73,6 см-ге немесе 67,9–88,0 %-ға, білезік орамы сәйкесінше 3,8–1,8 см-ге немесе 31,4–15,1 %-ға ұлғайған (P<0,001).

Түркімен дромедар түйе тұқымының 6 айлық кезіндегі шоқтығы биіктігі жынысына қарай сәйкесінше 43,5–43,6 см-ге немесе 40,2–39,2 %-ға, тұлғасының қиғаш ұзындығы сәйкесінше 41,7–48,0 см-ге немесе 54,5–64,7 %-ға, кеуде орамы сәйкесінше 60,7–72,7 см-ге немесе 71,2–87,8 %-ға, білезік орамы сәйкесінше 2,9–2,3 см-ге немесе 27,9–23,0 %-ға ұлғайған.

Физикалық көрсеткіштерге келетін болсақ, дене өлшемдерінің жоғарылауы нәтижесінде барлық түйелердің дене бітімінің индекстері көрсеткіштерінде де жоғары көрсеткіштері байқалады. Атап айтқанда, қазақ бактриан түйе тұқымының боталарында туғаннан кейінгі дамудың алты айында созылмалдық индексі жынысына қарай сәйкесінше 10,4–14,0 %-ға, шомбалдық индексі сәйкесінше 18,4–28,5 %-ға, мығымдылық индексі сәйкесінше 7,1–12,9 %-ға ұлғайған, ал сүйектілік индексі сәйкесінше

8,3–8,6 %-ға төмендеген.

Тәжірибелік боталардың алты айлық жасында дене өлшемдері мен дене бітімінің индекстері үш күндік жасымен салыстырғанда айтарлықтай өсетінін көрсетті (Кесте 2).

Кесте 2. Алты айлық түйе боталарының дене өлшемдері мен дене бітімінің индекстері, n=10 , ∑n=40

Статистикалық белгілер	Ұрғашы боталар		Еркек боталар	
	қазақ бактрианы	түркімен дромедары	қазақ бактрианы	түркімен дромедары
Шоқтығының биіктігі, см				
$\overline{X} \pm m_x$	147,1±0,59	151,7±1.28	150,2±0,99	154,7±1,11
Cv, %	1,28	2.66	2,08	2,27
σ	1,88	4.04	3,13	3,50
Тұлғасының қиғаш ұзындығы, см				
$\overline{X} \pm m_x$	110,9±0,70	118,2±1.99	115,8±0,99	122,2±1,07
Cv, %	1,99	5.32	2,70	2,77
σ	2,21	6.29	3,12	3,38
Кеуде орамы, см				
$\overline{X} \pm m_x$	151,6±1,05	145,9±2.19	157,2±0,99	155,5±0,85
Cv, %	2,19	4.74	1,98	1,74
σ	3,32	6.92	3,12	2,70
Білезік орамы, см				
$\overline{X} \pm m_x$	15,9±1,10	13,3±2.98	13,7±1,02	12,3±1,05
Cv, %	2,89	6.62	2,67	2,97
σ	3,49	9.13	3,24	3,32
Созылмалдық индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	75,3±1,47	77,9±6.18	77,1±0,98	79,0±0,96
Cv, %	6,18	2.06	4,02	3,86
σ	4,65	1.95	3,10	3,05
Шомбалдық индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	103,1±1,61	96,2±4.93	104,6±1,11	100,5±0,91
Cv, %	4,93	5.58	3,35	2,88
σ	5,08	6.19	3,51	2,88
Мығымдылық индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	136,8±1,39	123,4±3.22	135,9±0,75	127,2±0,94
Cv, %	3,22	1.18	1,74	2,35
σ	4,40	1.02	2,36	2,99
Сүйектілік индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	10,8±0,60	8,8±1.69	9,1±0,73	7,9±0,71
Cv, %	1,69	1.34	2,82	2,51
σ	1,91	2.06	2,32	2,25

Түркімен дромедар түйе тұқымының алты айлық кезіндегі созылмалдық индексі жынысына қарай сәйкесінше 10,2–11,7 %-ға, шомбалдық индексі сәйкесінше 12,2–35,0 %-ға, мығымдылық индексі сәйкесінше 10,8–14,8 %-ға ұлғайған, ал сүйектілік индексі сәйкесінше 9,1–12,6 %-ға төмендеген (P<0,01).

Енесінен ажыратылғаннан кейін барлық тәжірибелік топтағы түйе боталары бірдей қоректену және азықтандыру жағдайларымен қамтамасыз етілді. Бұл түйе төлдерінің емізу науқанынан кейін 18 айға дейінгі өсу және даму заңдылықтары туралы сенімді мәліметтер алу үшін қажет болды.

Түйе тұқымдары боталарының белсенді өсуі 14–15 айлық кезінен бастап, жайылымдық жерлердегі көктемгі өсімдік жамылғысы басталған кезде байқалды. Түйе боталары туғаннан кейін келесі жылдың сәуір-мамыр айларынан бастап табиғи жайылымдарда белсенді жайыла бастайды. Көктемгі-күзгі азықтандыру кезеңінде түйе боталарында сүйек және бұлшықеттің белсенді өсуі байқалады (Кесте 3).

Кесте 3. 18 айлық түйе боталарының дене өлшемдері мен дене бітімінің индекстері, n=10 , ∑n=40

Статистикалық белгілер	Ұрғашы боталар	Еркек боталар		
	қазақ бактрианы	түркімен дромедары	қазақ бактрианы	түркімен дромедары
Шоқтығының биіктігі, см				
$\overline{X} \pm m_x$	158,3±0,51	163,5±1,13	170,7±1,01	171,5±0,94
Cv, %	1,01	2,18	2,04	1,74
σ	1,62	3,56	3,47	2,99
Тұлғасының қиғаш ұзындығы, см				
$\overline{X} \pm m_x$	117,7±0,50	121,5±0,84	133,3±0,81	135,5±0,98
Cv, %	1,34	2,19	1,92	2,29
σ	1,58	2,64	2,57	3,10
Кеуде орамы, см				
$\overline{X} \pm m_x$	177,1±0,63	164,5±0,65	194,2±0,91	192,1±0,95
Cv, %	1,13	1,24	1,49	1,56
σ	2,00	2,04	2,89	2,99
Білезік орамы, см				
$\overline{X} \pm m_x$	16,7±0,23	15,2±1,00	15,1±0,98	14,0±1,10
Cv, %	4,32	2,86	1,96	2,38
σ	0,73	3,18	3,09	3,48
Созылмалдық индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	73,9±0,75	74,1±0,99	78,1±0,76	79,0±0,92
Cv, %	3,23	4,24	3,07	3,70
σ	2,39	3,14	2,40	2,92
Шомбалдық индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	111,2±0,59	100,6±2,30	113,8±0,95	112,0±0,89
Cv, %	1,69	7,45	2,64	2,52
σ	1,88	7,28	3,01	2,82
Мығымдылық индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	150,5±0,83	135,8±0,80	145,7±1,40	141,8±0,79
Cv, %	1,75	1,85	3,05	1,76
σ	2,63	2,51	4,44	2,49
Сүйектілік индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	10,4±0,64	9,3±0,68	8,8±0,77	8,1±0,76
Cv, %	1,32	2,22	2,56	3,93
σ	2,02	2,16	2,42	2,40

Қазақ бактриан түйе тұқымының боталарында туғаннан бастап он сегіз айы аралығында шоқтығы биіктігі жынысына қарай сәйкесінше 54,6–63,5 см-ге немесе 52,6–59,2 %-ға, тұлғасының қиғаш ұзындығы сәйкесінше 47,0–60,6 см-ге немесе 66,5–83,3 %-ға, кеуде орамы сәйкесінше 86,8–106,6 см-ге немесе 96,1–119,4 %-ға, білезік орамы сәйкесінше 4,6–3,2 см-ге немесе 38,0–26,9 %-ға ұлғайған (P<0,001).

Он сегіз айлық кезіндегі түркімен дромедар түйе тұқымы боталарының жынысына қарай

шоқтығы биіктігі сәйкесінше 55,3–60,4 см-ге немесе 51,1–54,4 %-ға, тұлғасының қиғаш ұзындығы сәйкесінше 45,0–61,3 см-ге немесе 58,8–82,6 %-ға, кеуде орамы сәйкесінше 79,3–109,3 см-ге немесе 96,1–132,0 %-ға, білезік орамы сәйкесінше 4,8–4,0 см-ге немесе 38,0–40,0 %-ға ұлғайған.

Он сегіз айлығындағы қазақ бактриан түйе тұқымы боталарының туғаннан бастап дене бітімінің индекстік көрсеткіштерін талдау жасау созылмалдық индексі жынысына қарай сәйкесінше 8,3–11,5 %-ға, шомбалдық индексі сәйкесінше 27,7–39,8 %-ға, мығымдылық индексі сәйкесінше 17,8–21,0%-ға ұлғайғанын, ал сүйектілік индексі сәйкесінше 11,2–13,3 %-ға төмендегенін көрсетті (P<0,01).

Түркімен дромедар түйе тұқымының он сегіз айлық кезіндегі созылмалдық индексі жынысына қарай сәйкесінше 4,8–17,7 %-ға, шомбалдық индексі сәйкесінше 27,8–50,3 %-ға, мығымдылық индексі сәйкесінше 21,9–28,0 %-ға ұлғайған, ал сүйектілік индексі сәйкесінше 0,3–0,7 %-ға төмендеген.

Барлық зерттелген түйе боталарының он сегіз айлық сүйектілік индекс көрсеткішін алдыңғы алты айлық боталардың көрсеткіштерімен салыстырғанда басқа индекс түрлеріне қарағанда аздап ұлғайғанын көрсетті. Айта кететін жайт, қазақ бактериан түйе боталары мен түркімен дромедар түйе тұқымының боталарының туған кездегі дене өлшемдері мен дене бітімінің индекстері бойынша айтарлықтай артықшылығы болған жоқ.

Түйе тұқымдарының жыныстық жетілу 16–18 айда басталып 30 айға дейін фенотипте елеулі өзгерістер орын алып, жүн өсуі артып, әртүрлі жыныстағы малдарды ажырататындай белгілер пайда болады. 2,5 жасында барлық тәжірибелік түйелер конституционалдық типті айқын көрсетеді, бұл кейіннен олардың өнімділігінің қалыптасуы мен бағытына әсер етеді.

Қазақ бактриан түйе тұқымының боталарында туғаннан кейінгі дамудың 30 айында шоқтығы биіктігі жынысына қарай сәйкесінше 65,6–68,3 см-ге немесе 63,2–63,7 %-ға, тұлғасының қиғаш ұзындығы сәйкесінше 53,7–65,0 см-ге немесе 75,9–89,4 %-ға, кеуде орамы сәйкесінше 106,8–121,1 см-ге немесе 218,3–248,8 %-ға, білезік орамы сәйкесінше 6,2–4,6 см-ге немесе 51,2–38,6 %-ға ұлғайған (P<0,001).

Түркімен дромедар түйе тұқымының 30 айлық кезіндегі шоқтығы биіктігі жынысына қарай сәйкесінше 66,2–66,8 см-ге немесе 61,2–60,1 %-ға, тұлғасының қиғаш ұзындығы сәйкесінше 52,2–65,7 см-ге немесе 68,2–88,5 %-ға, кеуде орамы сәйкесінше 107,1–126,9 см-ге немесе 225,7–253,3 %-ға, білезік орамы сәйкесінше 6,9–5,3 см-ге немесе 66,3–53,0 %-ға ұлғайған (P<0,001).

Зерттеулер ұрғашы және еркек түркімен дромедар түйе тұқымы боталарының дене өлшемдерін қазақ бактриан түйе тұқымының боталарымен салыстырғанда 30 айлығындада шоқтығының биіктігі сәйкесінше 3,0;1,4 %, тұлғасының қиғаш ұзындығы 3,4;1,6 %, кеуде орамы бойынша түркімен дромедар тұқымы түйелерінде 2,4 % жоғары болса, білезік орамы 5,8;7,8 %, кеуде орамы бойынша қазақ бактриан тұқымы түйелерінде 2,4 %, төмен болатынын көрсетті. Осылайша, түркімен дромедар түйе тұқымы боталарының басқа айлардағы дене өлшемдеріне қарағанда отыз айлық жасында кеуде орамы бойынша жоғары болғаны анықталды.

Жалпы, ұрғашы қазақ бактриан түйе тұқымы боталарының отыз айлық жасында дене өлшемдерін ұрғашы түркімен дромедар түйе тұқымы көрсеткіштерімен салыстырғанда шоқтығының биіктігі 5,1 см, тұлғасының қиғаш ұзындығы 4,3 см жоғары болса, кеуде орамы 4,8 см, білезік орамы 1,0 см төмен болды, ал еркек қазақ бактриан және түркімен дромедар түйе тұқымдарының отыз айлығында шоқтығының биіктігі мен тұлғасының қиғаш ұзындығы сәйкесінше 2,4 см; 2,2 см, кеуде орамы 5,0 см жоғары, білезік орамы – 1,9 см төмен болды.

Еркек қазақ бактриан түйе тұқымының отыз айлық жасында дене өлшемдерін еркек түркімен дромедар түйе тұқымының көрсеткіштерімен салыстырғанда кеуде орамы бойынша жоғары болатындығы анықталды. Бұл, бұрында осы бағыттағы зерттеулерде алынған әдебиеттегі көрсеткіштерді тағы да дәлелдеді.

Еркек және ұрғашы қазақ бактриан түйе тұқымының отыз айлық жасындағы дене өлшемдерін салыстырғанда алғашқысының шоқтығының биіктігі соңғысында 6,2 см, тұлғасының қиғаш ұзындығы 13,3 см, кеуде орамы 7,6 см жоғары болса жоғары болса, білезік орамы 1,8 см төмен болды, ал еркек түркімен дромедар түйе тұқымының туған кезде шоқтығының биіктігі ұрғашысына қарағанда 3,5 см жоғары, тұлғасының қиғаш ұзындығы 11,2 см, кеуде орамы 17,4 см, ал білезік орамы 2,0 см төмен болды. Жалпы, түйе тұқымдарының отыз айлық жасындағы шоқтығының биіктігі, тұлғасының қиғаш ұзындығы, кеуде орамы дене өлшемдерін салыстырғанда олардан статистикалық тұрғыдан жоғары (P<0,01) көрсеткіштерді байқауға болады.

Зерттелетін түйелердің 30 айлық кезіндегі дене өлшемдері мен дене бітімінің индекстері Кесте

4 келтірілген деректермен берілген.

Кесте 4. 30 айлық жас түйелердің дене өлшемдері мен дене бітімінің индекстері, n=10, ∑n=40

Статистикалық белгілер	Ұрғашы боталар	Еркек боталар		
	қазақ бактрианы	түркімен дромедары	қазақ бактрианы	түркімен дромедары
Шоқтығының биіктігі, см				
$\overline{X} \pm m_x$	169,3±0,79	174,4±1,06	175,5±0,69	177,9±1,04
Cv, %	1,47	1,92	2,19	3,29
σ	2,49	3,35	1,25	1,85
Тұлғасының қиғаш ұзындығы, см				
$\overline{X} \pm m_x$	124,4±0,77	128,7±0,94	137,7±1,18	139,9±0,98
Cv, %	1,97	2,31	3,73	3,10
σ	2,45	2,97	2,71	2,22
Кеуде орамы, см				
$\overline{X} \pm m_x$	197,1±0,43	192,3±0,90	204,7±1,35	209,7±0,91
Cv, %	0,68	1,48	4,27	2,88
σ	1,35	2,86	2,09	1,37
Білезік орамы, см				
$\overline{X} \pm m_x$	18,3±0,62	17,3±0,89	16,5±0,69	15,3±0,85
Cv, %	1,72	1,28	2,18	2,69
σ	1,96	2,82	1,32	1,76
Созылмалдық индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	75,9±0,64	73,9±1,35	78,5±0,69	78,6±0,85
Cv, %	2,67	5,82	2,18	2,69
σ	2,02	4,26	2,78	3,42
Шомбалдық индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	119,4±0,69	106,2±1,04	116,7±0,87	117,9±0,95
Cv, %	1,84	3,10	2,75	3,00
σ	2,19	3,29	2,36	2,54
Мығымдылық индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	157,5±0,55	141,1±1,13	148,7±0,69	149,9±1,04
Cv, %	1,10	2,54	2,18	3,29
σ	1,73	3,58	1,47	2,19
Сүйектілік индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	11,0±0,60	10,7±0,70	9,4±0,50	8,6±0,65
Cv, %	1,16	2,67	1,58	2,05
σ	1,90	2,21	1,68	2,38

Алынған мәліметтер сәйкес түйе тұқымдарының туғандағы созылмалдық, шомбалдық, мығымдылық көрсеткіштерінің отыз айлық жасында едауір жоғарылайтынын, әрі түйелердің өсу процесінің жоғары болатынын көрсетті.

Түйелерді бірінші бағалау отыз айлық жасында жүргізіледі. Қазақ бактриан тұқымының бірінші және екінші кластағы түйелерге тән талаптарына сәйкес келеді, әрі бұл жақсы көрсеткіш.

42 айлық түйе тұқымдарының дене өлшемдері өсу мен дамудың жалпы заңына сәйкес өсуді жалғастырады. Айта кету керек, түйелердің дамуы әдетте алты жылға дейін созылады, ал 42 айлық жас түйелердің сыртқы түрі әдетте ересек түйелердің 90 % құрайды.

Ұрғашы қазақ бактриан және түркімен дромедар түйе тұқымдары боталарының туғаннан бастап қырық екі айы аралығында шоқтығы биіктігі сәйкесінше 68,1–69,9 см-ге немесе 65,7–64,6 %-ға, тұлғасының қиғаш ұзындығы сәйкесінше 61,2–69,7 см-ге немесе 86,6–91,1 %-ға, кеуде орамы

сәйкесінше 124,0–124,9 см-ге немесе 137,3–146,6%-ға, білезік орамы сәйкесінше 7,6–8,5 см-ге немесе 62,8–81,7 %-ға ұлғайған (P<0,001).

Зерттелінген 42 айлық жас түйелердің дене өлшемдері мен дене бітімінің индекстері туралы мәліметтер Кесте 5 келтірілген.

Кесте 5.42 айлық жас түйелердің дене өлшемдері мен дене бітімінің индекстері, n=10, ∑n=40

Статистикалық белгілер	Ұрғашы боталар	Еркек боталар		
	қазақ бактрианы	түркімен дромедары	қазақ бактрианы	түркімен дромедары
Шоқтығының биіктігі, см				
$\overline{X} \pm m_x$	171,8±1,00	178,1±0,90	177,5±0,87	179,8±1,04
Cv, %	1,81	1,59	1,55	1,82
σ	3,11	2,83	2,75	3,28
Тұлғасының қиғаш ұзындығы, см				
$\overline{X} \pm m_x$	131,9±0,90	146,2±0,68	141,7±0,93	151,4±1,05
Cv, %	2,09	1,47	2,08	2,20
σ	2,76	2,15	2,94	3,33
Кеуде орамы, см				
$\overline{X} \pm m_x$	214,3±0,70	210,1±0,83	221,1±0,76	219,9±1,09
Cv, %	1,08	1,25	1,08	1,57
σ	2,31	2,62	2,41	3,46
Білезік орамы, см				
$\overline{X} \pm m_x$	19,7±0,60	18,9±0,73	17,7±0,88	17,1±0,85
Cv, %	9,12	1,22	1,57	1,81
σ	1,78	2,31	2,78	2,70
Созылмалдық индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	76,8±0,89	82,1±0,35	77,6±1,07	84,2±0,99
Cv, %	3,66	1,35	4,36	2,50
σ	2,81	1,55	3,39	3,13
Шомбалдық индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	124,7±0,67	118,0±0,80	124,6±1,00	122,3±1,04
Cv, %	1,69	2,14	2,55	2,00
σ	2,11	2,44	3,18	3,30
Мығымдылық индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	162,4±0,63	143,7±0,77	160,6±1,22	145,2±0,93
Cv, %	1,22	1,70	2,41	2,70
σ	1,98	2,54	3,87	2,94
Сүйектілік индексі, %				
$\overline{X} \pm m_x$	11,5±0,55	10,6±0,49	10,0±0,48	9,5±0,75
Cv, %	1,16	1,62	1,33	3,70
σ	1,75	1,11	1,53	2,37

Қырық екі айлық кезіндегі еркек қазақ бактриан және түркімен дромедар түйе тұқымдарының шоқтығы биіктігі сәйкесінше 70,3–68,7 см-ге немесе 65,6–68,7 %-ға, тұлғасының қиғаш ұзындығы сәйкесінше 69,0–76,8 см-ге немесе 94,9–102,9 %-ға, кеуде орамы сәйкесінше 133,6–138,2 см-ге немесе 152,7–165,9 %-ға, білезік орамы сәйкесінше 5,8–7,1 см-ге немесе 48,7–71,0 %-ға ұлғайған.

Қырық екі айлығындағы қазақ бактриан түйе тұқымының туғаннан бастап дене бітімінің индекстік көрсеткіштерін талдау жасау созылмалдық индексі жынысына байланысты сәйкесінше 11,3–14,8 %-ға, шомбалдық индексі сәйкесінше 43,2–53,1 %-ға, мығымдылық индексі сәйкесінше 27,2–33,4 %-ға ұлғайғанын, ал сүйектілік индексі сәйкесінше 0,3–1,7 %-ға төмендегенін көрсетті.

Еркек және ұрғашы түркімен дромедар түйе тұқымының қырық екі айлық кезіндегі созылмалдық индексі жынысына байланысты сәйкесінше 16,1–25,5 %-ға, шомбалдық индексі сәйкесінше 49,9–64,4 %-ға, мығымдылық индексі сәйкесінше 29,0–31,0 %-ға, ал сүйектілік индексі сәйкесінше 11,4–6,7 %-ға ұлғайған (P<,.01).

Дене бітімінің барлық индекстері бойынша (созылмалдық, шомбалдық, мығымдылық және сүйектілік) қазақ бактриани түйе тұқымы боталарының көрсеткіштері түркімен дромедары түйе тұқымына қарағанда айтарлықтай жоғары.

Дене өлшемдері негізінде аналықтардың көрсеткіштерін мақсатты талдау келесі ұрпақтардың дене өлшемдерінің ұлғаюын қамтамасыз етеді. Бұл меншік нысанына қарамастан барлық тауарлық түйе шаруашылықтарында фенотипі бойынша түйелерді бағалауға, әрі экстерьері стандартқа сай ұрпақтарды алуға мүмкіндік береді.

Қорытынды.

Түйе қазақ жерінің шөлді-шөлейтті аймағының қатаң табиғи- ауа райы жағдайына бейімделген өте бағалы мал түрі болып есептелінеді. Түйе басқа мал түрлері азықтанбайтын өсімдіктердің көпшілігімен коректенетін, ащыда тұзды суды пайдалана отырып ет, тері, жүн, сүт пен шипалы емдік қасиеті жоғары шұбат өндіретін мал түрі.

Қазақстанның оңтүстік- шығысында қазақ бактриан және түркімен дромедар түйе тұқымдарының өнімділігі мен биологиялық ерекшеліктерін салыстырмалы түрде зерттеу, оларды өсіру және азықтандыру технологиясын жетілдіруге, сол арқылы орта мерзімді болашақта сүт, ет және жүн өнімділіктерін арттыруды қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Республикада өсірілетін түйе тұқымдарының өнімділік қасиеттерін мақсатты түрде жақсарту және оны арттыруда ағзаның биологиялық заңдылықтарын, ондағы болып жатқан құбылыстардың табиғатын, жануарлардың өнімділік көрсеткіштерін жан- жақты зерттеп білмей жүзеге асыруға болмайды.

Ғылым жетістіктерін нарықтық экономика жағдайында өндіріске белсенді түрде енгізілуі керек. Сондықтанда жоғары өнімді түйе тұқымдары төлдерінің өсіп-жетілуі өзекті мәселесі болып саналынады. Әрине, жергілікті қазақ бактриан түйе тұқымымен қатар кейінгі кездері елімізде өсіріліп жатқан түркімен дромедар түйе тұқымын жетілдірмей, олардың өнімділік ерекшеліктерін білмей түйе шаруашылығын өркендетуге болмайды.Түйе тұқымдарын өсірудің негізгі әдістеріне олардың тұқымын таза өсіру және олардың сол аймаққа жерсінуін қамтамасыз ету жатады. Осы мақсатта, түйе тұқымдары төлдерінің өсіп-даму заңдылықтарын толық зерттей отырып асыл тұқымды малдардың өсу бағытындағы ғылыми жетістікке негізделген технологиясын жасау қажет.

Зерттеулер қазақ бактриан және түрікмен дромедар түйе төлдерінің туылғаннан жасының алты айлығына дейінгі кезеңде қай жынысқа жататынына қарамай тәуліктік тірілей салмағының өсу деңгейі өте жоғары болатындығын көрсетті. Демек, қазақ бактриан және түркімен дромедар түйе тұқымдары боталарының негізгі тірілей салмағының өсуі жасының алты айлығына дейінгі кезеңде ең жоғарғы деңгейге жетеді, ары қарайғы мезгілде салмақ қосуы, дене пішінінің өзгеруі, ағзасының табиғи ортаға бейімделуі басқада жануар әлеміне тән қасиеттерге сай қалыптасады.

Түйе малының өсіп-жетілу заңдылығын білу ғылыми тұрғыданда, шаруашылыққа қажеттілігі тарапынанда өте өзекті. Өйткені, жас түйе малын шаруашылыққа қажетті бағытта қалыптастыру, оның жеке өсу мен жетілу ерекшеліктеріне тікелей байланысты. Жалпы, Қазақстанның оңтүстік- шығыс өңірінде өсірілетін түйе тұқымдары боталарының өсуі мен дамуын одан әрі зерттеу түйе төлдерінің дене өлшемдерінің, тірі салмағының және жүн қырқымының жасына байланысты өзгергіштігін анықтау қажеттілігіне байланысты жүргізілді.

Көптеген ғалымдардың зерттеулерінде түйелердің өсуі мен дамуы жалпы биологиялық заңдылыққа сай болатындығы анықталған. Ауылшаруашылығы малдарының әртүрлі дене мүшелерінің бір уақыт аралығындағы өсу қарқыны бірдей емес. Сондықтан түйе тұқымдарының өсу аймақтарына бейімделуіне байланысты бір-бірінен ерекшеленетінін атап өткен жөн. Қазақстанныың оңтүстік-шығыс аймағы жағдайында түйе төлдерінің өсіп-жетілуі қажетті деңгейде зерттелмеген. Осы уақытқа дейін аймақта өсірілетін түйе тұқымы төлдерінің туылғаннан 6,18,30 және 42 айлығы аралығындағы өсіп-даму заңдылықтары жайлы толық ғылыми мәліметтер жоқ. Ал, Қазақстанның оңтүстік-шығыс аймағында қазақ бактриан және түркімен дромедар түйе тұқымдарының туылғаннан бастап 42 айлық жасына дейінгі аралықта өсіп-жетілу заңдылықтарын анықтау түйе шаруашылығын өркендету технологиясын жетілдірудің негізгі жолы болып есептелінеді.

Жүргізілген зерттеулер қазақ бактриан және түркімен дромедар түйе тұқымдары боталарын туылғаннан 42 айлық жас аралық кезеңдерінде жыныстық белгілері бойынша салыстырғанда дене өлшемдері көрсеткіштерінде айырмашылықтары айқын болатындығын көрсетті. Жалпы, алынған мәліметтерге сәйкес түркімен дромедар түйе тұқымының туылған кезден 6,18,30 және 42 айлық жас аралығында дене өлшемдерін қазақ бактриан түйе тұқымы боталарымен салыстырғанда шоқтығының биіктігі, тұлғасының қиғаш ұзындығы бойынша жоғары болса, кеуде орамы мен білезік орамы бойынша төмен болды.

Қазақ бактриан түйе тұқымының дене құрамының индекстік көрсеткіштерін туылғаннан бастап қырық екі айлық жас аралығында талдау созылмалдық индексі жынысыны байланысты сәйкесінше 8,6–10,0 %-ға, шомбалдық индексі сәйкесінше 37,6–43,2 %-ға, мығымдылық индексі сәйкесінше 34,7–40,2 %-ға ұлғайғанын, ал сүйектілік индексі сәйкесінше 0,2–1,7 %-ға төмендегенін көрсетті.

Қырық екі айлық кезіндегі түркімен дромедар түйе тұқымының созылмалдық индексі жынысына байланысты сәйкесінше 11,4–17,1 %-ға, шомбалдық индексі сәйкесінше 39,3–47,9 %-ға, мығымдылық индексі сәйкесінше 32,3–34,4 %-ға, ал сүйектілік индексі сәйкесінше 1,0–0,6 %-ға ұлғайған.

Жалпы, қазақ бактриан түйе тұқымы малдарының көрсеткіштері түркімен дромедары түйе тұқымына қарағанда дене құрамының барлық көрсеткіштері бойынша (созылмалдық, шомбалдық, мығымдылық және сүйектілік) айтарлықтай жоғары болатындығы анықталды.

Дене өлшемдері негізінде түйе тұқымдарының өсу көрсеткіштерін мақсатты талдау келесі ұрпақтардың дене өлшемдерінің ұлғаюын қамтамасыз етеді, әрі барлық тауарлық түйе шаруашылықтарында фенотипі бойынша түйелерді бағалауға, әрі экстерьері стандартқа сай ұрпақтарды алуға мүмкіндік береді.

REFERENCES

Baimukanov D.A., Alibayev N. (2000). Selektsionno-geneticheskie parametry kazakhskogo baktriana sozakskoy populyatsii. Poisk. Seriya estestvennykh i tekhnicheskikh nauk. — A.: VShK. 2000. № 6. Pp. 90–91. [in Russ.].

Baimukanov A. (2001). Kazakhskie baktriany molochnogo tipa. Selektsionnye dostizheniya Kazakhstana (sozdatели porod zhivotnykh): Vtoraya kniga. Zhivotnovodstvo. — A.: Bastau. 2001. P. 246. [in Russ.].

Baimukanov D.A., Semenov V.G., Iskhan K.Zh. (2020). Biological and production capacities of Kazakh Bactrian camels of various pedigrees. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 604. 012029. https://doi.org/10.1088/1755-1315/604/1/012029 .

Baimukanov D.A., Iskhan K.Zh., Dzhunisov D. (2021). Tekhnologiya plemennoy raboty i sertifikatsiya plemennoy produktsii v verblyudovodstve [Technology of breeding work and certification of breeding products in camel farming]. Uchebnoe posobie. — A. 147 p. [in Russ.].

Baimukanov D.A., Iskhan K.Zh., Dzhunisov D. (2021). Tekhnologiya proizvodstva produktov verblyudovodstva [Technology of camel product production]. Uchebnoe posobie. — A. 182 p. [in Russ.].

Baimukanov D.A., Aubakirov K.A., Kargayeva M.T., Iskhan K.Z., Bekenov D.M., Yuldashbayev Y.A., Baimukanov D.A. (2023). Productivity of Horse and Camel Breeds from the Arid Zone of the Republic of Kazakhstan // OnLine Journal of Biological Sciences. Vol. 23. № 4. Pp. 402–410. https://doi.org/10.3844/ojbsci.2023.402.410 .

Dauletov S.A. (2021). Vremya budushchikh vozmozhnostey [A time of future opportunities]. Gazeta «Kazakhstanskaya pravda». [in Russ.].

Kurmanbay U.K. (2006). Ontustik Kazakhstan shel aymagynda tuye tolderinin osip-zhetilui men onimdiligi [Growth, development, and productivity of camel calves in the desert zone of southern Kazakhstan]. Avtoreferat kandidatskoy dissertatsii. Shymkent. [in Kaz.].

Musaev Z.M. (1992). Rost i razvitie verblyuzhat v razlichnykh zonakh Kazakhstana // Vestnik selskokhozyaystvennoy nauki Kazakhstana. — Alma-Ata. 1992. № 4. Pp. 92–94. [in Russ.].

Musaev Z.M., Baimukanov A. (2001). Verblyudovodstvo. Selektsionnye dostizheniya Kazakhstana (sozdateli porod zhivotnykh): Vtoraya kniga. Zhivotnovodstvo. — A.: Bastau. 2001. Pp. 240–245. [in Russ.].

Hoffmann I. (2010). Climate change and the characterization, breeding and conservation of animal genetic resources. Animal Genetics. Vol. 41. Pp. 32–46.

Raiymbek G., Kadim I., Konuspayeva G., Mahgoub O., Serikbayeva A., Faye B. (2015). Discriminant amino-acid components of Bactrian (Camelus bactrianus) and Dromedary (Camelus dromedarius) meat. Food Chemistry. Vol. 41. Pp. 194–200.

Razuan E., Ombayev A., Mirzakulov S., Buralkhiyev B., Kozhabergenov F. (2025). Biological and productive features of camel breeds bred in Kazakhstan // Brazilian Journal of Biology. Vol. 85. Article e289265. https://doi.org/10.1590/1519-6984.289265 .

Razuan E., Ombayev A.M., Dauletov S.A., Yeshmuratova S.T. (2026). Tuye tukymdarynyn tiriley salmagynyn zhasyna zhane zhynysyna baylanysty ozgeru erekshelikteri [Age- and sex-related changes in the live weight of camel breeds] // Izdenister, natizheler – Issledovaniya, rezultaty. 2026. № 2 (110). https://journal.kaznaru.edu.kz/index.php/research/article/view/1186/768 . [in Kaz.].

Faye B. (2015). Role distribution and perspective of camel breeding in the third millennium economies // Emirates Journal of Food and Agriculture. Vol. 27. Pp. 318–327.

Авторлардың үлесі:
Ерғали Разуан – зерттеу, мақаланы жазу, материалды өңдеу;
Омбаев Абдирахман Молданазарулы – жобаны басқару, әдістеме, қорытындылау;
Даулетов Сыдық Абуович – деректерді жинақтау, бақылау;
Мұканова Ляззат Балғабайқызы – тұжырымдама, әдебиетке шолу.

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 33–44
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/03
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 68.39.49; 34.23.35

Y.A. Talzhanov[1]*, A.M. Aitaly[2], U.A. Akhmetov[3], D.M. Nurmahanbetov[3]
[1]«Nucleotides and Bits» LLP, Almaty, Kazakhstan;
[2]Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan;
[3]Horse and Camel Breeding Department, Kazakh Research Institute of Livestock and Fodder Production, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: yerkebulan.talzhanov@gmail.com

WHOLE-GENOME SCREENING OF PUBLISHED OMIA ALLELES IN FOUR KAZAKH HORSE POPULATIONS

Yerkebulan Aitkazyevich Talzhanov, PhD, Director at the «Nucleotides and Bits» LLP, Almaty, Kazakhstan
E-mail: yerkebulan.talzhanov@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-1036-4943;
Aruzhan Magauyakyzy Aitaly, BSc, Master's Student, Department of Animal Engineering and Biotechnology, Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: aru.aitaly@mail.ru, https://orcid.org/0009-0008-5686-0196;
Ualikhan Almasbekuly Akhmetov, MSc; Junior Researcher, Horse and Camel Breeding Department, Kazakh Research Institute of Livestock and Fodder Production, Almaty, Kazakhstan
E-mail: akhmetualikhan@gmail.com, https://orcid.org/0009-0004-9399-6763;
Dauren Mustafayevich Nurmahanbetov, Candidate of Agricultural Sciences; Senior Researcher, Horse and Camel Breeding Department, Kazakh Research Institute of Animal Husbandry and Forage Production, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: dauren.19.64@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-0542-5732.

Abstract. Online Mendelian Inheritance in Animals (OMIA) provides a curated set of published alleles associated with inherited disorders that can be screened in whole-genome sequencing (WGS) data. This targeted approach links published variant evidence with population-level genomic screening. We screened WGS data from 65 Adai, Kostanai, Mugalzhar and Kazakh horses of the Zhabe type for 35 OMIA alleles: 29 single-nucleotide polymorphisms (SNPs), five deletions and one deletion–insertion (delins). Reads had been aligned to the EquCab3.0 reference genome with BWA-MEM; SNPs and short insertion/deletion variants (indels) were called with GATK, structural variants with DELLY, and copy-number variants (CNVs) with Control-FREEC. Variant calls were annotated with ANNOVAR. The published intervals for the five deletions and one delins were compared across the three variant-call types; an exact allele match required the reported breakpoints and length, and the delins additionally required the reported inserted sequence. Three substitutions were recovered in heterozygous form. ACAN p.V424M occurred in two Adai and two Kazakh horses of the Zhabe type, SEL1L p.I604V in three Kostanai, one Mugalzhar and one Kazakh horse of the Zhabe type, and GYS1 p.R309H in one Mugalzhar horse. The corresponding observed alternate-allele proportions were 3.1 %, 3.8 % and 0.8 %. No alternate calls were recovered for the other 26 substitutions. None of the calls intersecting the five published deletion intervals or the EDNRB delins interval matched the reported allele. The detected substitutions occurred in four sampled farms and showed different descriptive distributions among the sampled breed/type groups. The study describes allele occurrence in the sampled groups and does not estimate disease prevalence. The calls require independent confirmation before clinical or breeding use. These results identify alleles and groups for confirmatory genotyping, expanded multi-farm screening and comparison with pedigree and veterinary records.

Keywords: horse, whole-genome sequencing, OMIA; inherited disease, observed alternate-allele proportion, confirmatory genotyping, Kazakh horse populations

For citation: Talzhanov Y.A., Aitaly A.M., Akhmetov U.A., Nurmahanbetov D.M. (2026). Whole-genome screening of published OMIA alleles in four Kazakh horse populations // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 33–44. https://doi.org/10.37884/5-2026/03 [In Eng.].

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Funding. *The research was carried out within the framework of the program-targeted funding program BR22885681, entitled «Improving existing methods of managing the genetic resources of Adai and Kostanay horses while preserving the gene pool of the Kostanay breed».*

Е.А. Талжанов[1]*, А.М. Айталы[2], У.А. Ахметов[3], Д.М. Нұрмаханбетов[3]

[1]«Нуклеотиды и Биты» ЖШС, Алматы, Қазақстан;

[2]Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан;

[3]Қазақ мал шаруашылығы және жемшөп өндірісі ғылыми-зерттеу институты, Алматы, Қазақстан.

E-mail:yerkebulan.talzhanov@gmail.com

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ТӨРТ ЖЫЛҚЫ ПОПУЛЯЦИЯСЫНДА OMIA-ДА ЖАРИЯЛАНҒАН АЛЛЕЛЬДЕРДІ ТОЛЫҚ ГЕНОМДЫҚ СКРИНИНГТЕУ

Талжанов Еркебұлан Айтқазиевич, PhD докторы, «Нуклеотиды и Биты» ЖШС директоры, Алматы, Қазақстан

E-mail: yerkebulan.talzhanov@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-1036-4943;

Айталы Аружан Мағуияқызы, бакалавр, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университетінің «Мал шаруашылығы және биотехнология» кафедрасының магистранты, Алматы, Қазақстан

E-mail: aru.aitaly@mail.ru, https://orcid.org/0009-0008-5686-0196;

Ахметов Уәлихан Алмасбекұлы, магистр, Қазақ мал шаруашылығы және жемшөп өндірісі ғылыми-зерттеу институтының жылқы және түйе шаруашылығы бөлімінің кіші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан

E-mail: akhmetualikhan@gmail.com, https://orcid.org/0009-0004-9399-6763;

Нұрмаханбетов Дәурен Мұстафаұлы, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, Қазақ мал шаруашылығы және жемшөп өндірісі ғылыми-зерттеу институтының жылқы және түйе шаруашылығы бөлімінің аға ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан

E-mail: dauren.19.64@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-0542-5732.

Аннотация. Жануарлардағы мендельдік тұқым қуалаудың онлайн каталогы (Online Mendelian Inheritance in Animals, OMIA) толық геномды секвенирлеу (whole-genome sequencing, WGS) деректерінің негізінде тексеруге болатын, тұқым қуалайтын аурулармен байланысты жарияланған аллельдердің кураторлық жинағын ұсынады. Бұл нысаналы тәсіл жарияланған варианттар жөніндегі дәлелдерді популяциялық геномдық скрининг нәтижелерімен байланыстырады. Біз Адай, Қостанай, Мұғалжар және қазақтың жабы жылқыларының 65 үлгісінің WGS деректерінен OMIA каталогындағы 35 аллельді: 29 бірнуклеотидті полиморфизмді (single-nucleotide polymorphism, SNP), бес делецияны және бір делеция-инсерция (deletion–insertion, delins) вариантын іздедік. Оқылымдар BWA-MEM көмегімен EquCab3.0 референстік геномына сәйкестендірілді; SNP және қысқа инсерция-делеция (insertion/deletion, indel) варианттары GATK, құрылымдық варианттар DELLY, ал көшірме санының варианттары (copy-number variants, CNV) Control-FREEC арқылы анықталды. Варианттар ANNOVAR көмегімен аннотацияланды. Бес жарияланған делеция мен бір delins интервалы варианттарды анықтаудың үш түрі бойынша салыстырылды; аллельдің дәл сәйкестігі үшін жарияланған шекаралар мен ұзындықтың сәйкес келуі, ал delins үшін қосымша түрде кірістірілген тізбектің сәйкес келуі талап етілді. Үш алмастыру гетерозиготалы түрде анықталды. ACAN p.V424M екі Адай және екі қазақтың жабы жылқысында, SEL1L p.I604V үш Қостанай, бір Мұғалжар және бір қазақтың жабы жылқысында, ал GYS1 p.R309H бір Мұғалжар жылқысында табылды. Балама аллельдердің байқалған үлестері тиісінше 3,1%, 3,8 % және 0,8 % болды. Қалған 26 алмастыру бойынша балама вариант анықталмады. Жарияланған бес делеция интервалына немесе EDNRB delins интервалына түскен варианттардың ешқайсысы сипатталған аллельдермен сәйкес келмеді. Анықталған алмастырулар төрт шаруашылықта кездесіп, зерттелген тұқымдық және типтік топтар арасында сипаттамалық тара-

лу ерекшеліктерін көрсетті. Зерттеу іріктелген топтардағы аллельдердің кездесу жиілігін сипаттайды және аурулардың популяциялық таралуын бағаламайды. Клиникалық немесе селекциялық қолдануға дейін анықталған генотиптер тәуелсіз әдіспен расталуы тиіс. Нәтижелер растаушы генотиптеу, бірнеше шаруашылықты қамтитын кеңейтілген скрининг және шежірелік әрі ветеринариялық деректермен салыстыру үшін аллельдер мен зерттеу топтарды айқындайды.

Түйін сөздер: жылқы, толық геномды секвенирлеу, OMIA, тұқым қуалайтын ауру, балама аллельдің байқалған үлесі, растаушы генотиптеу, қазақстандық жылқы популяциялары

Дәйексөз үшін: Талжанов Е.А., Айталы А.М., Ахметов У.А., Нұрмаханбетов Д.М. (2026). Қазақстандағы төрт жылқы популяциясында OMIA-да жарияланған аллельдерді толық геномдық скринингтеу // // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 33–44. https://doi.org/10.37884/5-2026/03 [In Eng.].

Мүдделер қақтығысы: авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

Қаржыландыру. *Зерттеу BR22885681 бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру бағдарламасы аясында орындалды. Бағдарламаның шартта көрсетілген ресми ағылшын тіліндегі атауы «Қостанай тұқымының гендік қорын сақтай отырып, Адай және Қостанай жылқыларының генетикалық ресурстарын басқарудың қолданыстағы әдістерін жетілдіру».*

Е.А. Талжанов[1]*, А.М. Айталы[2], У.А. Ахметов[3], Д.М. Нұрмаханбетов[3]

[1]ТОО «Нуклеотиды и Биты», Алматы, Казакстан;

[2]Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан;

[3]Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства, Алматы, Казахстан.

E-mail: yerkebulan.talzhanov@gmail.com

ПОЛНОГЕНОМНЫЙ СКРИНИНГ ОПУБЛИКОВАННЫХ АЛЛЕЛЕЙ OMIA В ЧЕТЫРЕХ ПОПУЛЯЦИЯХ ЛОШАДЕЙ КАЗАХСТАНА

Талжанов Еркебулан Айтказиевич, PhD, директор ТОО «Нуклеотиды и Биты», Алматы, Казахстан
E-mail: yerkebulan.talzhanov@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-1036-4943;
Айталы Аружан Магауякызы, бакалавр, магистрант кафедры животноводства и биотехнологии, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан
E-mail: aru.aitaly@mail.ru, https://orcid.org/0009-0008-5686-0196;
Ахметов Уалихан Алмасбекулы, магистр, младший научный сотрудник отдела коневодства и верблюдоводства, Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства, Алматы, Казахстан
E-mail: akhmetualikhan@gmail.com, https://orcid.org/0009-0004-9399-6763;
Нурмаханбетов Даурен Мустафаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела коневодства и верблюдоводства, Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства, Алматы, Казахстан
E-mail: dauren.19.64@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-0542-5732.

Аннотация. Онлайн-каталог менделевского наследования у животных (Online Mendelian Inheritance in Animals, OMIA) представляет собой курируемый набор опубликованных аллелей, связанных с наследственными заболеваниями, которые можно искать в данных полногеномного секвенирования (whole-genome sequencing, WGS). Такой целевой подход связывает опубликованные сведения о вариантах с геномным скринингом популяций. Мы проверили WGS-данные 65 лошадей адайской, костанайской и мугалжарской пород, а также лошадей типа жабе казахской породы на наличие 35 аллелей OMIA, включая 29 однонуклеотидных полиморфизмов (single-nucleotide polymorphism, SNP), пять делеций и один вариант делеции-инсерции (deletion–insertion, delins). Прочтения были выровнены на референсный геном EquCab3.0 с помощью BWA-MEM; SNP и короткие варианты вставки-делеции (insertion/deletion, indel) определяли с помощью GATK, структурные варианты — DELLY, а варианты числа копий (copy-number variants, CNV) – Control-FREEC. Варианты аннотировали с помощью ANNOVAR. Интервалы пяти опубликованных делеций и одного delins сравнивали в трех наборах результатов определения вариантов; для точного совпадения аллеля требовалось соответствие опубли-

кованным границам и длине, а для delins — также вставленной последовательности. Три замены были обнаружены в гетерозиготном состоянии. ACAN p.V424M выявлен у двух адайских лошадей и двух лошадей типа жабе, SEL1L p.I604V — у трех костанайских, одной мугалжарской и одной лошади типа жабе, а GYS1 p.R309H — у одной мугалжарской лошади. Наблюдаемые доли альтернативных аллелей составили соответственно 3,1 %, 3,8 % и 0,8 %. Для остальных 26 замен альтернативные варианты не выявлены. Ни один вариант, пересекающий интервалы пяти опубликованных делеций или интервал EDNRB delins, не совпал с описанным аллелем. Обнаруженные замены встречались в четырех обследованных хозяйствах и имели различное описательное распределение между исследованными породными и типовыми группами. Исследование описывает встречаемость аллелей в выборке и не оценивает распространенность заболеваний. До клинического или селекционного использования выявленные генотипы требуют независимого подтверждения. Результаты определяют аллели и группы для подтверждающего генотипирования, расширенного многохозяйственного скрининга и сопоставления с родословными и ветеринарными данными.

Ключевые слова: лошадь, полногеномное секвенирование, OMIA, наследственное заболевание, наблюдаемая доля альтернативного аллеля, подтверждающее генотипирование; казахстанские популяции лошадей

Для цитирования: Талжанов Е.А., Айталы А.М., Ахметов У.А., Нұрмаханбетов Д.М. (2026). Полногеномный скрининг опубликованных аллелей OMIA в четырех популяциях лошадей Казахстана // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 33–44. https://doi.org/10.37884/5-2026/03 [In Eng.].

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. *Исследование выполнено в рамках программы программно-целевого финансирования BR22885681. Официальное английское название программы приведено в соответствии с договором «Совершенствование существующих методов управления генетическими ресурсами адайских и костанайских лошадей при сохранении генофонда костанайской породы».*

Introduction.

Whole-genome sequencing (WGS) has changed the study of inherited disease in horses. It can be used to search for new causal variants and to examine alleles first described in other breeds or clinical populations. Sequencing studies in Thoroughbreds have catalogued millions of common and rare variants [Tozaki et al., 2021] and traced variation across several generations [Bailey et al., 2024].

Online Mendelian Inheritance in Animals (OMIA) offers a practical basis for this type of screening. It is a curated resource for inherited traits and diseases in animals, with growing links between variants, phenotypes and breed ontologies [Tammen et al., 2024b]. Its *Equus* records focus on Mendelian traits and their likely causal variants and are built from peer-reviewed reports [Tammen et al., 2024a]. OMIA can thus define a transparent list of variants to examine, while the original publications remain essential for understanding inheritance, zygosity and the strength of the evidence.

Published variants also need a consistent genomic coordinate system. EquCab3 improved the contiguity and sequence content of the domestic horse reference genome and provides the coordinate system used in this study [Kalbfleisch et al., 2018]. The Finnhorse assembly was developed to complement the Thoroughbred-derived EquCab3.0 reference in studies of northern Eurasian horses [Pokharel et al., 2024], and breed-focused resources such as the Arabian horse allele-frequency database provide additional population context [Szmatoła et al., 2026]. Variant class matters as well: copy-number changes require dedicated detection rather than a simple search of SNP or short-indel tables [Tang et al., 2023].

Surveys in individual breeds show why population context cannot be ignored. Frequencies of disease-associated alleles have been examined in historical US Thoroughbreds [Elcombe et al., 2023], while the MYH1 E321G frequency in Brazilian Quarter Horses differed among performance disciplines [de Albuquerque et al., 2022]. Estimates from one breed, discipline or breeding program cannot be assumed to apply to another. When sampling is organized by herd, the farm distribution is equally important because a local cluster can resemble a breed effect.

Interpretation of a detected allele depends on inheritance mode, zygosity, penetrance, age, management and additional genetic factors. For recessive disorders, heterozygous animals can transmit an allele without expressing the associated phenotype. Dominant and gain-of-function alleles may have a different meaning in heterozygous animals. These distinctions determine how genomic screening can inform subsequent veterinary

evaluation and breeding management.

Adai, Kostanai, Mugalzhar and Kazakh horses of the Zhabe type are maintained in breeding populations with different histories and farm structures. Published OMIA alleles were generally characterized in other breeds, making direct screening necessary to establish their occurrence in these Kazakh populations. Farm-based sampling also provides information on the local distribution of detected genotypes and identifies groups for subsequent investigation.

Here, we screened WGS data from 65 Adai, Kostanai, Mugalzhar and Kazakh horses of the Zhabe type for 35 published OMIA alleles: 29 single-nucleotide substitutions, five deletions and one deletion–insertion (delins). We asked which alleles could be matched in the available variant calls and how the detected heterozygous genotypes were distributed among breeds and recorded sources. Observed alternate-allele proportions were calculated from the detected allele counts.

Materials and methods.

The dataset comprised 65 horses: 15 recorded as Adai, 10 as Kostanai, 20 as Mugalzhar and 20 as Kazakh horses of the Zhabe type. Samples 1–60 were collected in 2022 from six farms, with ten animals sampled per farm. The remaining five were Adai riding-type horses collected in 2023 from private horse-owner holdings in Mangystau Region: three from Zhanaozen and two from Zhetybai, Karakiya District (Table 1). No clinical records or sex information were available.

Sequencing and variant calling were delivered in three processing batches. Batch 1 comprised H1–H40: Mugalzhar H1–H10 (Karatomar), Adai H11–H20 (Kuanysh), Kostanai H21–H30 (Kazak tulpary) and Kazakh horses of the Zhabe type H31–H40 (Animbekov). Batch 2 comprised H41–H60: Kazakh horses of the Zhabe type H41–H50 (Orazali) and Mugalzhar H51–H60 (Bakytbek). Batch 3 comprised five Adai horses: sample 61/D4, 62/D9 and 65/D6 from Zhanaozen and sample 63/D7 and 64/D8 from Zhetybai. The same reported sequencing and bioinformatic workflow was used for all batches. The batches were not jointly re-genotyped; instead, the same predefined OMIA coordinates and alleles were searched separately in each final batch-level variant matrix and the recovered calls were then summarized across the 65 horses.

The study was a retrospective targeted analysis of previously generated genomic data. The individual horse was the unit used to count heterozygous and alternate-allele homozygous calls. Allele counts were summarized for the complete sample, by breed and by the recorded farm or source. Source was recorded as descriptive metadata. No case–control comparison was planned, and the horses were not selected according to clinical status.

Table 1. Composition and source of the sample.

Source	Region	Breed/type	Horses	Collection year	n
Karatomar	North Kazakhstan	Mugalzhar	H1–H10	2022	10
Kuanysh	Mangystau	Adai	H11–H20	2022	10
Kazak tulpary	Kostanay	Kostanai	H21–H30	2022	10
Animbekov	Almaty	Kazakh Zhabe type	H31–H40	2022	10
Orazali	Ulytau	Kazakh Zhabe type	H41–H50	2022	10
Bakytbek	Karaganda	Mugalzhar	H51–H60	2022	10
Private horse-owner holdings, Zhanaozen	Mangystau	Adai, riding type	61/D4 (Chekist), 62/D9 (Bozzhyra), 65/D6 (Almastory)	2023	3
Private horse-owner holdings, Zhetybai, Karakiya District	Mangystau	Adai, riding type	63/D7 (Kokzhulyn), 64/D8 (Akkanat)	2023	2

Genomic DNA from all 65 horses was processed using the same reported sequencing and bioinformatic workflow. Whole-genome sequencing was performed on an Illumina platform using 150-bp paired-end reads. According to the project reports, reads containing adapters or undetermined bases and low-quality reads were removed. The filtered reads were aligned to EquCab3.0 with BWA-MEM. Unmapped reads, reads with mapping quality (MQ) below 4 and duplicate reads were excluded before variant calling. SNPs and short indels were called with GATK, structural variants with DELLY, and CNVs with Control-FREEC. Variant calls were annotated with ANNOVAR using the available genome annotation in GFF format. The reports state that SNP and indel calls were further filtered using quality, depth and repeat-related criteria.

The available retrospective dataset consisted of final variant and annotation tables, recovered genotypes and sequencing reports. The targeted screen used the representation of each allele in those tables: chromosome, EquCab3.0 coordinate, reference allele and alternate allele for substitutions; published start, end and length for deletions; and the corresponding deleted and inserted sequences for the EDNRB delins. Gene or functional annotation alone was not accepted as an allele match. For detected substitutions, the per-sample annotation tables provided reference depth and alternate depth. Total depth was calculated as their sum, and the alternate-read proportion was calculated as alternate depth divided by total depth.

Horse phene and variant records were retrieved from the Online Mendelian Inheritance in Animals (OMIA) on 10 June 2026 using the advanced search for *Equus caballus* (NCBI taxonomy ID 9796; https://omia.org/results/?gb_species_id=9796&search_type=advanced). The export contained 329 phene records, and the latest "Date last modified" in the export was 30 April 2026. Individual phene pages were accessed on the same day. Matching the OMIA alleles to the genomic dataset was performed on 15 June 2026; this was the analysis date rather than the OMIA access date.

Where OMIA displayed a variant classification, the label recorded on 10 June 2026 was retained. Abbreviations follow the OMIA AVCG footnote: P, pathogenic; LP, likely pathogenic; VUS, variant of unknown significance; LB, likely benign; and B, benign [Boeykens et al., 2024]. A combined label such as LP/P was retained as the public OMIA label when a single category had not been assigned. 'Not currently evaluated' indicates that the ISAG AGTS Variant Pathogenicity Working Group had not yet assigned a label and does not imply a benign classification.

The OMIA-derived locus list contained 29 single-nucleotide substitutions, five deletions and one deletion–insertion (delins) described on EquCab3.0. Records were matched by reference accession and genomic position. For these records, the EquCab3.0 base was the non-disease allele.

The analysis was designed as a targeted screen rather than a genome-wide search for new candidate disease variants. Each record was evaluated against the published allele definition, and no phenotype was assigned from the gene name, interval overlap or predicted consequence.

The 29 substitutions were searched in the SNP matrices from each calling batch. A genotype containing both the OMIA reference and alternate bases was counted as heterozygous; a genotype containing only the alternate base was counted as alternate-allele homozygous. The matrices contained only sites that differed from the reference in at least one horse within a batch. Absence of a substitution from a batch matrix was therefore recorded as no recovered alternate call and was not treated as an explicitly observed homozygous-reference genotype.

The five deletions and one deletion–insertion (delins) were first located by overlap with their published intervals. Short-indel calls were screened for variants whose affected bases intersected an interval. Per-horse structural-variant tables were searched for DEL calls whose start and end intersected an interval, and copy-number tables were searched for overlapping loss intervals. A deletion was accepted as the OMIA allele only when its breakpoints and length matched the published allele. An exact match to the EDNRB delins additionally required the reported inserted sequence. Overlapping calls that did not meet these criteria were retained as separate events. Functional consequences were taken from the available gene, exonic and amino-acid annotations.

For detected autosomal substitutions, the observed alternate-allele proportion was calculated as the number of recovered alternate alleles divided by twice the number of horses in the group. Nominal 95 % confidence intervals were calculated with the Clopper–Pearson method. Four surveyed substitutions were X-linked; no alternate calls were recovered, and proportions were not calculated because sex was unknown. Figure 1 presents breed-level observed alternate-allele proportions for all 65 horses: 15 Adai, 10 Kostanai, 20 Mugalzhar and 20 Kazakh Zhabe type. Reference and alternate read depths at heterozygous sites were taken from the variant annotations.

The proportions were calculated descriptively for the complete sample and reported breed groups. Counts and denominators were reported together. The estimates were not weighted to breed population size, and no formal test of differences among breeds or sources was performed.

Results

Panel composition and sequencing quality.

The 35-allele panel contained seven alleles labelled P, three labelled LP, three labelled LP/P and 22 that were not currently evaluated; no VUS, LB or B labels occurred. Mean sequencing depth ranged from 28.5× to 37.6×, and 98.92–99.24 % of the reference was covered by at least four reads.

OMIA substitutions detected as alternate alleles.

Three of the 29 substitutions were recovered as alternate alleles: ACAN p.V424M, SEL1L p.I604V and GYS1 p.R309H. All ten horses with an alternate call were heterozygous; no alternate-allele homozygotes were observed. The overall observed alternate-allele proportions were 3.1 % for ACAN p.V424M (4/130 sampled chromosomes; nominal 95 % CI 0.8–7.7 %), 3.8 % for SEL1L p.I604V (5/130; nominal 95 % CI 1.3–8.7 %) and 0.8 % for GYS1 p.R309H (1/130; nominal 95 % CI 0.02–4.2 %). Each heterozygous call was supported by entries for both alleles in the final per-sample annotation tables. Reference depth ranged from 4 to 15, alternate depth from 6 to 16, total depth from 14 to 31 and alternate-read proportion from 0.39 to 0.71 (Table 3).

Table 3. Read-depth support for the ten recovered heterozygous OMIA substitution calls.

Variant	Horse	Breed/type	Genotype	Ref depth	Alt depth	Total depth	Alt-read proportion
ACAN p.V424M	H15	Adai	0/1	13	14	27	0.52
ACAN p.V424M	H16	Adai	0/1	7	7	14	0.50
ACAN p.V424M	H32	Kazakh horse, Zhabe type	0/1	11	7	18	0.39
ACAN p.V424M	H34	Kazakh horse, Zhabe type	0/1	6	9	15	0.60
SEL1L p.I604V	H22	Kostanai	0/1	9	6	15	0.40
SEL1L p.I604V	H24	Kostanai	0/1	4	10	14	0.71
SEL1L p.I604V	H25	Kostanai	0/1	10	11	21	0.52
SEL1L p.I604V	H4	Mugalzhar	0/1	9	11	20	0.55
SEL1L p.I604V	H35	Kazakh horse, Zhabe type	0/1	15	16	31	0.52
GYS1 p.R309H	H6	Mugalzhar	0/1	9	9	18	0.50

Note. Ref depth and Alt depth are the reference- and alternate-allele read counts reported in the final per-sample annotation tables. Total depth and alternate-read proportion were calculated from those two values. No independent assay was performed.

No alternate call was recovered for the other 26 substitutions in any of the three SNP matrices. Because these were variant-only matrices, the unreported positions could not be distinguished from confirmed homozygous-reference genotypes. The 26 substitutions therefore remain not detected in the available call sets rather than demonstrated to be reference in all 65 horses. They included the surveyed substitutions in SCN4A, GBE1, RYR1, MUTYH, ST14 and GRM6.

None of the five OMIA deletions or the EDNRB delins had a call matching the published allele. No short-indel record overlapped the 21-bp ACAN deletion, the EDNRB delins, the 5-bp PRKDC deletion, the 10-bp ITGA2B deletion or the 25-bp AR deletion.

The published LAMA3 allele is a 6,579-bp deletion. Five shorter deletions lay within its interval: four were 1 bp and one was 32 bp. All were annotated as intronic LAMA3 events, without an exonic consequence or amino-acid change, and none matched the published allele. A heterozygous structural-variant call of approximately 454 kb covered the LAMA3 interval in 38 horses, but its breakpoints were near 48.40 and 48.85 Mb and its span also included TTC39C. Other structural variants crossing the five deletion intervals or the EDNRB delins interval were larger still, ranging from about 7 Mb to 47 Mb.

Copy-number losses crossing AR spanned 4,538,001 bp in 21 horses or 6,860,001 bp in D6 (sample 65, Almastory) and were recorded with copy number 1. They did not match the 25-bp OMIA deletion; sex was also unknown, which limits interpretation of copy number 1 on the X chromosome. Thus, every intersecting call represented a different event from the five published deletions and the EDNRB delins. Failure to recover an exact matching call is not proof that an OMIA allele was absent.

Distribution by breed and source.

ACAN p.V424M was detected in heterozygous form in two Adai horses from Kuanysh and two Kazakh horses of the Zhabe type from Animbekov. Heterozygous SEL1L p.I604V calls were found in three Kostanai horses from Kazak tulpary, one Mugalzhar horse from Karatomar and one Kazakh horse of the Zhabe type from Animbekov. One Mugalzhar horse from Karatomar was heterozygous for GYS1 p.R309H (Table 2). No alternate call for these three substitutions was recovered at Orazali or Bakytbek or among the five additional Adai riding-type horses from private holdings in Mangystau Region.

Table 2. Detected OMIA alleles and their distribution in the sampled breeds and sources.

Allele	OMIA AVCG label	Reported phenotype	Breed	Source with heterozygous calls	Heterozygous horses	Alternate alleles/all chromosomes sampled for the breed	Observed breed-level proportion, % (nominal 95% CI)
ACAN p.V424M	LP	Chondrodysplastic dwarfism	Adai	Kuanysh	H15, H16	2/30	6.7 (0.8–22.1)
ACAN p.V424M	LP	Chondrodysplastic dwarfism	Kazakh Zhabe type	Animbekov	H32, H34	2/40	5.0 (0.6–16.9)
SEL1L p.I604V	Not currently evaluated	Atypical equine thrombasthenia	Kostanai	Kazak tulpary	H22, H24, H25	3/20	15.0 (3.2–37.9)
SEL1L p.I604V	Not currently evaluated	Atypical equine thrombasthenia	Mugalzhar	Karatomar	H4	1/40	2.5 (0.1–13.2)
SEL1L p.I604V	Not currently evaluated	Atypical equine thrombasthenia	Kazakh Zhabe type	Animbekov	H35	1/40	2.5 (0.1–13.2)
GYS1 p.R309H	P	PSSM1	Mugalzhar	Karatomar	H6	1/40	2.5 (0.1–13.2)

AVCG labels are reproduced from OMIA as accessed on 10 June 2026. P, pathogenic; LP, likely pathogenic. “Not currently evaluated” means that no label had yet been assigned by the ISAG AGTS Variant Pathogenicity Working Group.

Figure 1 shows the observed alternate-allele proportions for the three detected substitutions across all 65 horses. The breed-level denominators were 30, 20, 40 and 40 sampled chromosomes for Adai, Kostanai, Mugalzhar and Kazakh Zhabe type, respectively.

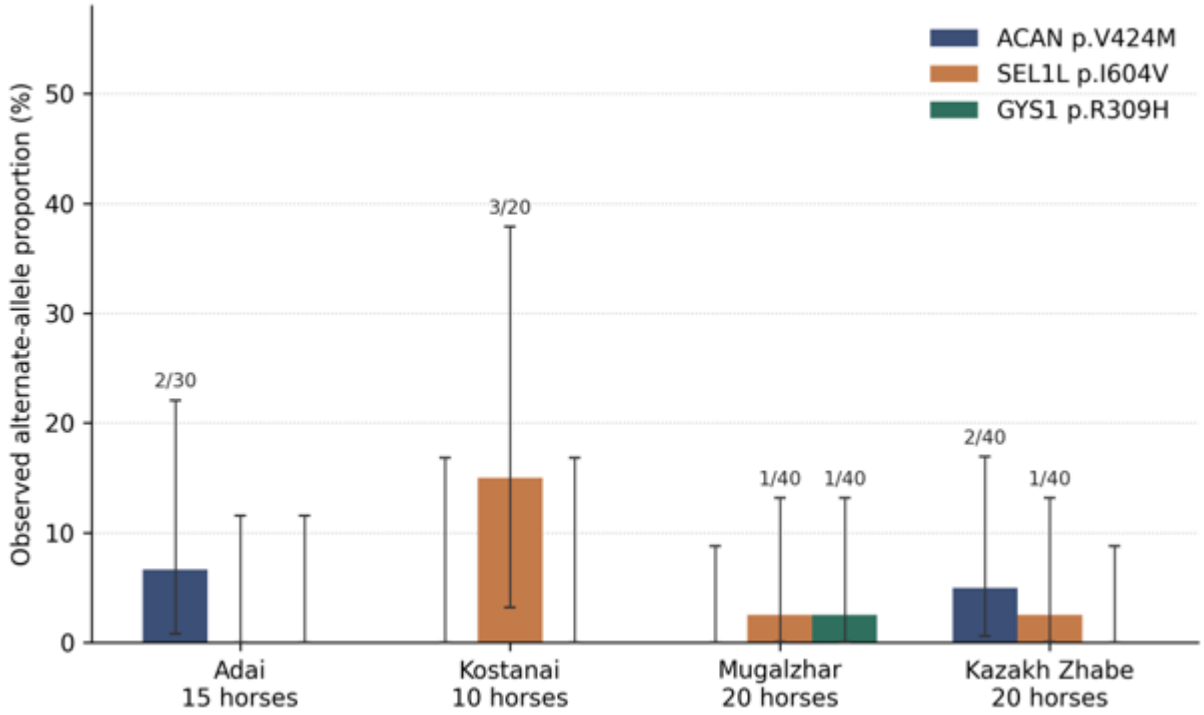


Fig. 1. Alternate-allele proportions of ACAN p.V424M, SEL1L p.I604V and GYS1 p.R309H in 65 horses of four breeds.

Whiskers show nominal Clopper–Pearson 95 % confidence intervals; labels above non-zero bars give the recovered alternate-allele counts and breed-level denominators. Interpretation of the intervals is addressed under Study limitations.

Discussion.

Three published OMIA substitutions were recovered in heterozygous form. Horses without recorded diagnoses can have variants reported in connection with disease, and their occurrence can differ among breeds. A WGS survey of 605 horses from 48 breeds found breed differences in predicted genetic burden

and unexpectedly high frequencies for some phenotype-associated variants [Durward-Akhurst et al., 2024]. Interpretation therefore depends on the original evidence for each allele and its distribution in the population being studied.

Targeted screening of known alleles differs from discovery of a new disease variant. Discovery studies normally combine segregation, association, functional evidence or phenotype data to establish a relationship between genotype and disease. A targeted screen instead asks whether the same published nucleotide or structural change is represented in another dataset. OMIA is useful for defining those targets because its Equus records link Mendelian phenes with likely causal variants reported in peer-reviewed research [Tammen et al., 2024a]. The original studies remain necessary, however, because they establish the relevant inheritance pattern and the genotype in which the phenotype was observed. In the present analysis, that distinction was particularly important because all three recovered substitutions were heterozygous, whereas the reported evidence for ACAN p.V424M and SEL1L p.I604V concerned recessive disorders.

Coordinate-level identity was essential for the five deletions and the EDNRB delins. Different events can overlap the same gene or genomic interval while having different breakpoints, lengths or inserted sequences and potentially different biological effects. Searching short-indel, structural-variant and copy-number tables reduced the chance of overlooking a published interval because it was represented by a different call type. Interval overlap was used to locate calls for review, but it was not treated as evidence that a call represented the published allele.

Four horses were heterozygous for ACAN p.V424M: two Adai from Kuanysh and two Kazakh Zhabe type from Animbekov. This EquCab3.0 substitution, g.95284530C>T, was described as one of several ACAN alleles associated with chondrodysplastic dwarfism in Miniature horses [Eberth et al., 2018]. Homozygotes and compound heterozygotes for the reported alleles expressed a dwarf phenotype, supporting recessive inheritance. All four horses in the present dataset were heterozygous and had no clinical records. The recovered calls indicate that the allele may also occur outside the Miniature Horse population in which it was characterized. Work on cartilage from dwarf Miniature horses with another ACAN genotype found structural lesions and increased ACAN gene expression, without a significant difference in aggrecan protein levels [Basso et al., 2021]. These findings support the broader role of aggrecan in chondrodysplasia but do not provide direct functional evidence for p.V424M in the breeds examined here.

The original Miniature Horse study reported a combined frequency of 0.163 for four ACAN dwarfism alleles and an estimated carrier rate of 26.2 % [Eberth et al., 2018]. Those values are not direct comparators for the present sample: they combine several alleles, concern a different breed and arise from a population in which dwarfism was already recognized. The current result is narrower. It documents four heterozygous p.V424M calls in two sampled breed groups and shows that follow-up should consider both the individual allele and the farm or family context in which it was recovered.

SEL1L p.I604V had the highest observed alternate-allele proportion of the three detected substitutions. The SEL1L c.1810A>G (p.Ile604Val) variant was identified in Thoroughbreds with atypical equine thrombasthenia, an autosomal recessive platelet disorder [Dahlgren et al., 2026]. It was associated with decreased SEL1L protein expression, and platelets from homozygous horses showed reduced spreading on collagen. By contrast, the five horses in our dataset were heterozygous and were not tested for platelet function. The three Kostanai heterozygotes came from the same farm, and the wide nominal confidence interval reflects the sample of ten horses. This group warrants further study, but the result is not a breed-wide frequency estimate or evidence of clinical disease.

SEL1L p.I604V was recovered in three breeds and accounted for five of the ten heterozygous calls in the study. Its occurrence in several sampled groups makes analytical confirmation relevant beyond a single horse, while the concentration of three calls at Kazak tulpary raises a separate question about relatedness within that farm. These observations cannot be separated with the available metadata. Pedigree information and testing of additional Kostanai horses from independent farms would clarify whether the pattern is primarily familial, local or more broadly distributed.

The GYS1 p.R309H allele occurred in one Mugalzhar horse from Karatomar. Experimental work showed that this substitution increases skeletal-muscle glycogen synthase activity and causes a gain-of-function glycogenosis; haplotype analysis suggested that the allele is identical by descent across breeds [McCue et al., 2008]. Subsequent work treated GYS1 p.R309H as the established genetic basis of PSSM1 while finding no corresponding monogenic variant in known glycogenosis genes for Quarter Horses classified with PSSM2 [Valberg et al., 2023]. Screening studies have also detected the PSSM1 allele in Selle Francais horses [Ayad

et al., 2022] and at a frequency of about 0.01 in vaquejada Quarter Horses, where the tested disease alleles occurred only in heterozygotes [Sperandio et al., 2024]. These populations are not direct frequency comparators for Mugalzhar horses. Because PSSM1 associated with GYS1 p.R309H is not a recessive carrier state, the animal is described here as heterozygous for the reported risk allele rather than as a carrier of a recessive disorder. A heterozygous call does not replace clinical assessment: genetic and histological findings provided complementary information in a neuromuscular laboratory cohort of horses investigated for muscle disease [Aleman et al., 2022].

The Selle Francais study detected the PSSM1 allele in a targeted panel of 91 horses, while the vaquejada study examined 129 Quarter Horses and reported the PSSM1 allele at approximately 0.01 [Ayad et al., 2022; Sperandio et al., 2024]. Together with evidence that the mutation is identical by descent among breeds [McCue et al., 2008], these findings show that GYS1 p.R309H is not restricted to the population in which it was first characterized. They do not establish an expected frequency for Mugalzhar horses. The single call at Karatomar is therefore most useful as a reason to confirm the genotype and extend testing within that family and farm.

The source structure limits breed comparisons. Kostanai horses came from one farm. The Adai sample included ten horses from Kuanysh and five riding-type horses from private holdings in Mangystau Region, three from Zhanaozen and two from Zhetybai. Mugalzhar and Kazakh Zhabe type were represented by two farms each, but all heterozygous calls occurred in the H1–H40 groups. Relatedness, founder effects and random sampling could all produce this pattern, and no pedigree analysis was available to distinguish them. Variant prevalence has previously been estimated within a defined US Thoroughbred population [Elcombe et al., 2023], and the frequency of MYH1 E321G differed among Quarter Horse performance disciplines [de Albuquerque et al., 2022]. The proportions reported here describe the sampled groups rather than whole breeds.

The two-farm representation of Mugalzhar and Kazakh Zhabe type provides a limited internal comparison: heterozygous calls were recovered at Karatomar and Animbekov but not at Bakytbek or Orazali. With ten horses per farm, this difference may reflect which families happened to be sampled. The five additional Adai horses broadened source coverage, but three horses from Zhanaozen and two from Zhetybai are too few for locality-level comparisons. For Kostanai, farm and breed cannot be separated. Reporting both breed and source is therefore informative, but neither level should be treated as an independent explanation of the observed pattern.

Implications for veterinary screening and breeding management.

The ten heterozygous calls at three loci identify animals and families for follow-up testing. Future studies should confirm these genotypes with an independent method, such as targeted genotyping or Sanger sequencing, before they are used for individual veterinary or breeding decisions. Once confirmed, matings between carriers of the same recessive ACAN or SEL1L allele could be avoided, as recommended for other recessive disease alleles in horse breeding [Elcombe et al., 2023]. This would allow heterozygous animals to remain in the breeding population while mating decisions also account for pedigree relationships and genetic diversity.

GYS1 p.R309H requires separate interpretation because it has been reported as a gain-of-function cause of PSSM1 [McCue et al., 2008]. In future work, the heterozygous call in the Mugalzhar horse should be confirmed and followed by veterinary assessment; it is not a clinical diagnosis. If the genotype is confirmed, close relatives and prospective breeding partners could also be tested.

Additional sampling should include relatives from farms with heterozygous calls and independent farms representing the same breeds. Pedigree and relevant clinical information would help distinguish family clustering from broader distribution. Until such data are available, the results support targeted monitoring rather than breed- or farm-wide selection measures.

The sample was modest and uneven, breed was partly confounded with farm, and pedigree, sex and clinical data were unavailable. The concentration of heterozygous calls in individual farms could therefore reflect relatedness, founder effects, sampling variation or a true difference in local occurrence. The study tested a predefined OMIA list and did not search for previously unreported disease variants.

The SNP matrices contained only variant sites, so an unreported position could not be confirmed as a homozygous-reference genotype. The three recovered substitutions in ten horses were supported by reference- and alternate-allele depth entries in the final annotation tables, but no independent assay was performed. The overlapping short-indel, structural-variant and copy-number calls differed from the published alleles in length or breakpoints; they were therefore different events, but a missed call at the same interval cannot be

excluded. Extensive copy-number variation across horse breeds further illustrates why interval overlap alone is insufficient to establish allelic identity [Tang et al., 2023].

The strength of a negative screening result depends on the data available at the target position. In an Arabian horse WGS resource, the non-detection of four pathogenic variants was supported by high sequencing depth and Sanger confirmation [Szmatoła et al., 2026]. The present analysis did not have equivalent read-level or targeted confirmation. For this reason, the 26 substitutions absent from the variant-only matrices are reported as having no recovered alternate call, and the five deletion alleles and the EDNRB delins as having no exact matching call. These categories describe the available evidence without assigning an explicit reference genotype to every horse. Future access to joint-genotyped files or targeted assays would allow the negative calls to be evaluated directly at each locus.

Conclusion.

Screening of 35 OMIA alleles in 65 horses recovered three substitutions in heterozygous form: ACAN p.V424M in sampled Adai and Kazakh horses of the Zhabe type, SEL1L p.I604V in Kostanai, Mugalzhar and Kazakh horses of the Zhabe type, and GYS1 p.R309H in one Mugalzhar horse. No call intersecting the five published deletion intervals or the EDNRB delins interval matched the reported allele. The results provide an initial description of these alleles across the sampled breeds and sources and identify targets for confirmatory genotyping.

Future work should independently confirm the detected genotypes by targeted genotyping or Sanger sequencing before they are used in individual decisions. Confirmed ACAN and SEL1L genotypes could inform mating plans that avoid pairings between heterozygous animals carrying the same recessive allele, while confirmed GYS1 p.R309H genotypes should be considered together with veterinary assessment because PSSM1 is not a recessive carrier state. Broader multi-farm sampling should include relatives and unrelated animals, together with pedigree, sex and clinical information.

REFERENCES

Aleman, M., Scalco, R., Malvick, J., Grahn, R.A., True, A. & Bellone, R.R. (2022). Prevalence of genetic mutations in horses with muscle disease from a neuromuscular disease laboratory // Journal of Equine Veterinary Science, 118, 104129. https://doi.org/10.1016/j.jevs.2022.104129

Ayad, A., Besseboua, O., Aissanou, S., Stefaniuk-Szmukier, M., Piórkowska, K., Musiał, A.D., Długosz, B., Kozłowska, A., & Ropka-Molik, K. (2022). Profiling of genetic markers useful for breeding decision in Selle Francais horse // Journal of Equine Veterinary Science, 116, 104059. https://doi.org/10.1016/j.jevs.2022.104059

Bailey, E., Finno, C.J., Cullen, J.N., Kalbfleisch, T. & Petersen, J.L. (2024). Analyses of whole-genome sequences from 185 North American Thoroughbred horses, spanning 5 generations // Scientific Reports, 14(1), 22930. https://doi.org/10.1038/s41598-024-73645-9

Basso, R.M., Andrade, D.G.A., Alves, C.E.F., Laufer-Amorim, R., Borges, A.S. & Oliveira-Filho, J.P. (2021). Aggrecan, IL-1β, IL-6, and TNF-α profiles in the articular cartilage of Miniature Horses with chondrodysplastic dwarfism // Journal of Equine Veterinary Science, 103, 103643. https://doi.org/10.1016/j.jevs.2021.103643

Boeykens F., Abitbol M., Anderson H., Casselman I., Dufaure de Citres C., Hayward J.J., Häggström J., Kittleson M.D., Lepri E., Ljungvall I., Longeri M., Lyons L.A., Ohlsson Å., Peelman L., Smets P., Vezzosi T., van Steenbeek F.G. & Broeckx B.J.G. (2024). Development and validation of animal variant classification guidelines to objectively evaluate genetic variant pathogenicity in domestic animals // Frontiers in Veterinary Science, 11, 1497817. https://doi.org/10.3389/fvets.2024.1497817

Dahlgren, A. R., Careddu, F., Norris, J.W., Di Buduo, C.A., Stanger, L., Adili, R., Kropp, E.M., Li, Q., Holinstat, M., Biunno, I., Balduini, A., Tablin, F., Shavit, J.A. & Finno, C.J. (2026). ER-associated degradation pathway protein SEL1L plays an evolutionarily conserved role in platelet adhesion // Journal of Clinical Investigation, 136(4), e191433. https://doi.org/10.1172/JCI191433

de Albuquerque, A.L., Zanzarini Delfiol, D.J., Andrade, D.G.A., Albertino, L.G., Sonne, L., Borges, A.S., Valberg, S.J., Finno, C.J. & Oliveira-Filho, J.P. (2022). Prevalence of the E321G MYH1 variant in Brazilian Quarter Horses // Equine Veterinary Journal. 54(5). 952–957. https://doi.org/10.1111/evj.13521

Durward-Akhurst, S. A., Marlowe, J. L., Schaefer, R. J., Springer, K., Grantham, B., Carey, W. K., Bellone, R. R., Mickelson, J. R., & McCue, M. E. (2024). Predicted genetic burden and frequency of phenotype-associated variants in the horse. Scientific Reports, 14(1), 8396. https://doi.org/10.1038/s41598-024-57872-8

Eberth, J.E., Graves, K.T., MacLeod, J.N. & Bailey, E. (2018). Multiple alleles of ACAN associated with chondrodysplastic dwarfism in Miniature horses. Animal Genetics, 49(5), 413–420. https://doi.org/10.1111/age.12682

Elcombe, M.E., Bellone, R.R., Magdesian, K.G., & Finno, C.J. (2023). Prevalence of the RAPGEF5 c.2624C>A and PLOD1 c.2032G>A variants associated with equine familial isolated hypoparathyroidism and fragile foal syndrome in the US Thoroughbred population (1988–2019). Equine Veterinary Journal, 55(4), 666–671. https://doi.org/10.1111/evj.13883

Kalbfleisch, T.S., Rice, E.S., DePriest, M.S., Walenz, B.P., Hestand, M.S., Vermeesch, J.R., O'Connell, B.L., Fiddes, I.T., Vershinina, A.O., Saremi, N.F., Petersen, J.L., Finno, C.J., Bellone, R.R., McCue, M.E., Brooks, S.A., Bailey, E., Orlando, L., Green, R.E., Miller, D.C., Antczak, D.F., & MacLeod, J.N. (2018). Improved reference genome for the domestic horse increases assembly contiguity and composition. Communications Biology, 1, 197. https://doi.org/10.1038/s42003-018-0199-z

McCue, M.E., Valberg, S.J., Miller, M.B., Wade, C., DiMauro, S., Akman, H.O., & Mickelson, J.R. (2008). Glycogen synthase (GYS1) mutation causes a novel skeletal muscle glycogenosis. Genomics. 91(5). 458–466. https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2008.01.011

Pokharel, K., Weldenegodguad, M., Reilas, T. & Kantanen, J. (2024). EquCab_Finn: A new reference genome assembly for the domestic horse, Finnhorse. Animal Genetics, 55(5), 766–771. https://doi.org/10.1111/age.13463

Sperandio, L.M.S., Lago, G.R., Albertino, L.G., Araújo, C.E.T., Ferreira, C., Borges, A.S. & Oliveira-Filho, J.P. (2024). Allele frequency of muscular genetic disorders in bull-catching (vaquejada) Quarter Horses // Journal of Equine Veterinary Science, 136, 105052. https://doi.

org/10.1016/j.jevs.2024.105052

Szmatoła, T., Finno, C., Gurgul, A., Heath, H., Stefaniuk-Szmukier, M., Almarzook, S., Norton, E. & Ropka-Molik, K. (2026). Genomic diversity and structure in Arabian horses revealed by whole-genome sequencing: Establishment of an allele frequency database of common genetic variation. BMC Genomics. 27(1). 552. https://doi.org/10.1186/s12864-026-12862-0

Tammen, I., Bailey, E., Mather, M. & Nicholas, F.W. (2024a). Equus in Online Mendelian Inheritance in Animals (OMIA). Animals, 14(14), 2069. https://doi.org/10.3390/ani14142069

Tammen, I., Mather, M., Leeb, T. & Nicholas, F.W. (2024b). Online Mendelian Inheritance in Animals (OMIA): A genetic resource for vertebrate animals. Mammalian Genome, 35(4), 556–564. https://doi.org/10.1007/s00335-024-10059-y

Tang, X., Zhu, B., Ren, R., Chen, B., Li, S. & Gu, J. (2023). Genome-wide copy number variation detection in a large cohort of diverse horse breeds by whole-genome sequencing // Frontiers in Veterinary Science, 10, 1296213. https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1296213

Tozaki, T., Ohnuma, A., Kikuchi, M., Ishige, T., Kakoi, H., Hirota, K.I., Kusano, K. & Nagata, S.I. (2021). Rare and common variant discovery by whole-genome sequencing of 101 Thoroughbred racehorses // Scientific Reports, 11(1), 16057. https://doi.org/10.1038/s41598-021-95669-1

Valberg, S.J., Williams, Z.J., Finno, C.J., Schultz, A., Velez-Irizarry, D., Henry, M.L., Gardner, K. & Petersen J.L. (2023). Type 2 polysaccharide storage myopathy in Quarter Horses is a novel glycogen storage disease causing exertional rhabdomyolysis // Equine Veterinary Journal. 55(4). 618–631. https://doi.org/10.1111/evj.13876

Yerkebulan Aitkazyevich Talzhanov – development of the research methodology, analysis and processing of the experimental data, interpretation of the results, and preparation of the scientific manuscript.

Aruzhan Magauyakyzy Aitaly – conducting field and laboratory research.

Ualikhan Almasbekuly Akhmetov – conducting field and laboratory research.

Dauren Mustafayevich Nurmahanbetov – conducting field and laboratory research.

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 45–54
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/04
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 68.35.03; 68.37.31; 68.37.07

Zh.E. Sheralieva[1]*, U.A. Nuralieva[2], A.M. Musoev[1], M. Toishimanov[1]
[1]Kazakh National Agrarian Research University;
[2]Kazakh Scientific Research Institute of Animal Husbandry and Feed Production, Almaty, Kazakhstan.
E-mail. sheralieva95@mail.ru

COMPARATIVE PHYSICO-CHEMICAL AND ORGANOLEPTIC ANALYSIS OF HONEY FROM VARIOUS CLIMATIC ZONES OF KAZAKHSTAN

Sheralieva Zhanar Yesengeldikyzy, PhD candidate, Kazakh National Agrarian Research University, Kazakhstan, 050010, Almaty, 8a Abaya ave.
E-mail: sheralieva95@mail.ru , https://orcid.org/0000-0002-4437-1618;
Nuralieva Ulzhan Auezkhanovna, Candidate of Agricultural Sciences, Professor, Chief Researcher, Kazakh Scientific Research Institute of Animal Husbandry and Feed Production, 51 Zhandosova str., 050035, Almaty, Republic of Kazakhstan.
E-mail: nuralieva0602@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-7008-7303;
Musoev Asylbek Mailyboyevich, PhD, NAO «Kazakh National Agrarian Research University», RK, 050010, Almaty, Abay Ave., 8A.
E-mail: musoev.a@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-3389-4365;
Maksat Toishimanov, PhD, NAO «Kazakh National Agrarian Research University», Kazakhstan, 050010, Almaty, 8a Abaya ave.
E-mail: 507957@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0000-0002-6070-4574.

Abstract. The diversity of natural and climatic conditions in southern and southeastern Kazakhstan influences the botanical and geographical origin of honey and its quality characteristics.However, comprehensive comparative studies of the physicochemical and organoleptic properties of honey from different natural zones remain limited.Therefore, assessing honey quality in relation to natural and climatic conditions and determining its consumer properties is relevant.The aim of this study was to compare the physicochemical, organoleptic characteristics of honey samples from different natural and climatic zones of southern and southeastern Kazakhstan and to determine the influence of environmental conditions and botanical origin on honey quality.Honey samples from steppe, foothill and mountainous regions were studied.Physicochemical analysis included the determination of moisture content, reducing sugars, sucrose, diastase number, free acidity, electrical conductivity and hydroxymethylfurfural (HMF) content.Organoleptic properties were evaluated based on color, aroma, taste and consistency. Comparative analysis was used to identify differences in honey quality according to the natural and climatic conditions of the production areas.The results revealed differences in honey quality indicators among the studied natural zones.Honey from mountainous regions was characterized by higher enzymatic activity and pronounced organoleptic properties, while samples from the steppe zone showed greater variability in moisture and sugar content.Most analyzed samples met the requirements of applicable quality standards and demonstrated satisfactory consumer properties.The results can be applied to regional honey quality assessment, improvement of certification and quality-control systems, determination of botanical and geographical origin and development of scientifically based approaches to producing high-quality natural honey in different natural and climatic zones of Kazakhstan.

Keywords: honey; climatic zones; honey samples; Botanical origin; physico-chemical parameters; organoleptic analysis;

For citation: Sheralieva Zh.E., Nuralieva U.A., Musoev A.M., Toishimanov M. (2026). Comparative physico-chemical and organoleptic analysis of honey from various climatic zones of the south and south-east of Kazakhstan // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5.

Number 113. Pp. 45–54. https://doi.org/10.37884/5-2026/04 [In Kaz.].

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Funding: *The research work was carried out within the framework of the program funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan, BR22885831 «Development of an integrated management system for beekeeping genetic resources and technologies for the effective use of bees in pollination and production of organic products», 2024-2026.*

Ж.Е. Шералиева[1]*, У.А. Нуралиева[2], А.М. Мусоев[1], М. Тойшиманов[1]

[1]«Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КЕАҚ, Алматы, Қазақстан;

[2]«Қазақ мал шаруашылығы және жемшөп өндіру ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Алматы, Қазақстан.

E-mail: sheralieva95@mail.ru

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ӘРТҮРЛІ ТАБИҒИ-КЛИМАТТЫҚ АЙМАҚТАРЫНАН АЛЫНҒАН БАЛДЫҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ОРГАНОЛЕПТИКАЛЫҚ ТАЛДАУЫ

Шералиева Жанар Есенгелдіқызы, PhD докторант, «Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КЕАҚ, Қазақстан, 050010, Алматы, Абай даңғылы, 8А
E-mail: sheralieva95@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-4437-1618;
Нұралиева Үлжан Әуезханқызы, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, профессор, бас ғылыми қызметкер, Қазақ мал шаруашылығы және жемшөп өндіру ғылыми-зерттеу институты ЖШС,Қазақстан, 050035, Алматы, Жандосов к-сі, 51
E-mail: nuralieva0602@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-7008-7303;
Мусоев Асылбек Майлыбоевич, PhD, «Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КЕАҚ, Қазақстан, 050010, Алматы, Абай даңғылы, 8А
E-mail: musoev.a@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-3389-4365;
Тойшиманов Мақсат, PhD, «Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КЕАҚ, Қазақстан, 050010, Алматы, Абай даңғылы, 8а.
E-mail: 507957@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0000-0002-6070-4574.

Аннотация. Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысында табиғи-климаттық жағдайлардың әртүрлілігі балдың ботаникалық және географиялық шығу тегіне, сондай-ақ оның сапалық көрсеткіштеріне әсер етеді. Алайда әртүрлі табиғи аймақтардан алынған балдың физика-химиялық және органолептикалық қасиеттерін кешенді салыстырмалы бағалау бойынша зерттеулер жеткіліксіз. Осыған байланысты бал сапасын табиғи-климаттық жағдайларға байланысты бағалау және оның тұтынушылық қасиеттерін анықтау өзекті мәселе болып табылады. Зерттеудің мақсаты – Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысының әртүрлі табиғи-климаттық аймақтарынан алынған бал үлгілерінің физика-химиялық және органолептикалық көрсеткіштерін салыстырып, қоршаған орта жағдайлары мен ботаникалық шығу тегінің олардың сапасына әсерін анықтау. Зерттеу нысандары ретінде дала, тау бөктері және таулы аймақтардан алынған бал үлгілері пайдаланылды. Зерттеу барысында балдың ылғалдылығының массалық үлесі, тотықсызданатын қанттар мен сахароза мөлшері, диастаз саны, бос қышқылдық, электр өткізгіштік және гидроксиметилфурфурол (HMF) мөлшері анықталды. Органолептикалық бағалау түсі, хош иісі, дәмі және консистенциясы бойынша жүргізілді. Зерттеу нәтижелері табиғи-климаттық аймақтарға байланысты бал сапасының көрсеткіштерінде айтарлықтай айырмашылықтар бар екенін көрсетті. Таулы аймақтардың балы жоғары ферментативтік белсенділігімен және айқын органолептикалық қасиеттерімен ерекшеленді, ал дала аймағының үлгілерінде ылғалдылық пен қант құрамының өзгергіштігі жоғары болды. Зерттелген үлгілердің негізгі бөлігі қолданыстағы сапа стандарттарының талаптарына сәйкес келді. Алынған нәтижелер балдың сапасын аймақтық деңгейде бағалауда, табиғи балды сертификаттау жүйелерін жетілдіруде, өнімнің шығу тегін сипаттауда және Қазақстанның әртүрлі табиғи-климаттық аймақтарында сапалы табиғи бал өндіру технологияларын ғылыми негіздеуде практикалық тұрғыдан қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: бал, табиғи-климаттық аймақтар, бал сынамалары, ботаникалық шығу тегі, физика-химиялық көрсеткіштер, органолептикалық талдау

Дәйексөз үшін: Шералиева Ж.Е., Нуралиева У.А., Мусоев А.М., Тойшиманов М. (2026). Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысының әртүрлі табиғи-климаттық аймақтарынан алынған балдың салыстырмалы физика-химиялық және органолептикалық талдауы // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 45–54. https://doi.org/10.37884/5-2026/04 [In Kaz.].

Мүдделер қақтығысы: авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

Алғыс. *Ғылыми-зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігі, BR22885831 «Ара шаруашылығының генетикалық ресурстарын басқарудың интеграцияланған жүйесін және органикалық өнімді тозаңдандыру мен өндіруде араларды тиімді пайдалану технологияларын әзірлеу» қаржыландыратын бағдарлама шеңберінде жүргізілді, 2024–2026 жж.*

Ж.Е. Шералиева[1]*, У.А. Нуралиева[2], А.М. Мусоев[1], М. Тойшиманов[1]

[1]НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Алматы, Казахстан;
[2]ТОО «Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства», Алматы, Казахстан.
E-mail: sheralieva95@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ И ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЁДА ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ЗОН КАЗАХСТАНА

Шералиева Жанар Есенгелдіқызы, докторант PhD, НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Казахстан, 050010, Алматы, пр. Абая, 8а
E-mail: sheralieva95@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-4437-1618;
Нуралиева Улжан Ауезхановна, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт животноводства и кормопроизводства», Казахстан, 050035, Алматы, ул.Жандосова, 51
E-mail: nuralieva0602@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-7008-7303;
Мусоев Асылбек Майлыбоевич, PhD, НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Казахстан, 050010, Алматы, проспект Абая, 8А
E-mail: musoev.a@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-3389-4365;
Тойшиманов Максат, PhD, НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Казахстан, 050010, Алматы, пр. Абая, 8а.
E-mail: 507957@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0000-0002-6070-4574.

Аннотация. Разнообразие природно-климатических условий южных и юго-восточных регионов Казахстана оказывает существенное влияние на ботаническое и географическое происхождение меда, а также на его качественные характеристики. Вместе с тем комплексные сравнительные исследования физико-химических и органолептических свойств меда, полученного из различных природных зон, остаются недостаточными. В связи с этим оценка качества меда в зависимости от природно-климатических условий и определение его потребительских свойств являются актуальными. Цель исследования – сравнительная оценка физико-химических и органолептических показателей образцов меда из различных природно-климатических зон юга и юго-востока Казахстана и определение влияния условий окружающей среды и ботанического происхождения на его качество. Объектами исследования являлись образцы меда, полученные из степной, предгорной и горной зон. В ходе физико-химического анализа определяли массовую долю влаги, содержание редуцирующих сахаров и сахарозы, диастазное число, свободную кислотность, электропроводность и содержание гидроксиметилфурфурола (HMF). Органолептическую оценку проводили по показателям цвета, аромата, вкуса и консистенции. Сравнительный анализ позволил выявить различия качественных характеристик меда в зависимости от природно-климатических условий территорий его производства. Результаты исследования показали выраженные различия показателей качества меда между изученными природными зонами. Мед горных районов характеризовался более высокой ферментативной активностью и выраженными органолептическими свойствами. В образцах степной зоны отмечалась более высокая вариабельность содержания влаги и сахаров. Большинство исследованных образцов соответствовало требованиям действующих стандартов качества и обладало удовлетворительными потребительскими свойствами. Полученные

результаты могут быть использованы для региональной оценки качества меда, совершенствования систем сертификации и контроля качества натурального меда, определения его ботанического и географического происхождения, а также научного обоснования производства высококачественного натурального меда в различных природно-климатических зонах Казахстана.

Ключевые слова: мёд, природно-климатические зоны, образцы меда; ботаническое происхождение, физико-химические показатели, органолептический анализ

Для цитирования: Шералиева Ж.Е., Нуралиева У.А., Мусоев А.М., Тойшиманов М. (2026). Сравнительный физико-химический и органолептический анализ мёда из различных природно-климатических зон юга и юго-востока Казахстана // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 45–54. https://doi.org/10.37884/5-2026/04 [In Kaz.].

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарность. *Научно-исследовательская работа проводилась в рамках программы, финансируемой Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан, BR22885831 «Разработка интегрированной системы управления генетическими ресурсами пчеловодства и технологий эффективного применения пчёл в опылении и производстве органической продукции», 2024–2026 гг.*

Кіріспе.

Ара шаруашылығы Қазақстанның аграрлық секторының маңызды саласы болып табылады. Елдің оңтүстік және оңтүстік-шығыс аймақтары дала экожүйелерінен тау бөктері мен таулы аймақтарға дейін әртүрлі табиғи-климаттық жағдайлармен сипатталады. Бұл факторлар нектардың ботаникалық шығу тегіне және нәтижесінде балдың химиялық құрамы мен органолептикалық қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді. Азық-түлік өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігіне қойылатын талаптардың өсуі жағдайында аймақтық ерекшеліктерді ескере отырып, бал көрсеткіштерін кешенді бағалау қажеттілігі артады.

Бал – жоғары тағамдық, биологиялық және емдік-профилактикалық құндылығы бар ара шаруашылығының ең құнды өнімдерінің бірі. Оның құрамы мен сапасы табиғи және антропогендік факторлардың жиынтығымен анықталады, олардың арасында нектардың ботаникалық шығу тегі, аймақтың климаттық жағдайы, топырақ ерекшеліктері, маусымдық өзгерістер, бал араларының тұқымдық ерекшеліктері, сондай-ақ ара колонияларын ұстау және өнімді өңдеу технологиялары маңызды. Осыған байланысты балдың физика-химиялық және органолептикалық сипаттамалары географиялық шығу тегіне байланысты айтарлықтай өзгереді, бұл осы өнімнің аймақтық ерекшеліктерін зерттеуді ғылыми және практикалық тұрғыдан өзекті етеді [Ishenbayeva және т.б., 2021; Chandra және т.б., 2026; Mohammed 2022; Schiassi және т.б., 2021].

Қазақстан табиғи-климаттық жағдайлардың алуан түрлілігіне және бал өсімдіктерінің бай флористикалық құрамына байланысты ара шаруашылығын дамыту үшін айтарлықтай әлеуетке ие. Елдің оңтүстік және оңтүстік-шығыс аймақтары табиғи аймақтардың кең спектрімен сипатталады, яғни шөлді және шөлейт аймақтардан тау бөктері мен таулы экожүйелерге дейін, температура режимімен, жауын-шашын мөлшерімен, вегетациялық кезеңнің ұзақтығымен және бал өсімдіктерінің түрлік құрамымен ерекшеленеді. Бұл әртүрлілік оның географиялық шығу тегі мен сапасының көрсеткіштері бола алатын әртүрлі физика-химиялық және органолептикалық қасиеттері бар балдың пайда болуына ықпал етеді [Klimov және т.б., 2025].

Балдың сапасын бағалау физика-химиялық және органолептикалық көрсеткіштер кешеніне негізделген. Негізгі физика-химиялық параметрлерге ылғалдың массалық үлесі, қышқылдығы, электр өткізгіштігі, азайтатын қанттар, сахароза, гидроксиметилфурфурол (HMF), диастаз саны, pH және халықаралық және Ұлттық стандарттармен реттелетін басқа да көрсеткіштер жатады (Стандарт кодекса для меда CODEX STAN 12-19811). Органолептикалық талдау түсті, хош иісті, дәмді, консистенцияны, мөлдірлікті және кристалдану сипатын бағалауды қамтиды. Осы көрсеткіштердің жиынтығы өнімнің табиғилығын, жетілуін, балғындығы мен қауіпсіздігін объективті бағалауға, сондай-ақ бұрмалануды немесе сақтау шарттарының бұзылуының мүмкін белгілерін анықтауға мүмкіндік береді [Aishath және т.б., 2018].

Балды органолептикалық бағалау да үлкен маңызға ие, өйткені түсі, хош иісі, дәмі, консистенциясы және кристалдану дәрежесі өнімнің ботаникалық шығу тегі мен қалыптасу жағдайларымен тығыз байланысты. Органолептикалық және физика-химиялық әдістерді бірлесіп қолдану табиғи балдың ең объективті сипаттамасын қамтамасыз етеді және оның тұтынушылық қасиеттерін сенімді баға-

лауға мүмкіндік береді [Aristeidis және т.б., 2021].

Соңғы жылдары балдың сапасын зерттеу экологиялық таза және жоғары сапалы өнімге сұраныстың артуына, тамақ өнімдерін географиялық сәйкестендірудің дамуына және Ұлттық Ара шаруашылығының экспорттық әлеуетінің кеңеюіне байланысты ерекше өзектілікке ие болды. Сонымен қатар, балдың аймақтық ерекшеліктерін зерттеу өнімнің түпнұсқалығын растау критерийлерін әзірлеу, оның қасиеттеріне табиғи-климаттық факторлардың әсерін бағалау және халықаралық нарықта отандық балдың бәсекеге қабілеттілігін арттыру үшін ғылыми базаны қалыптастыруға ықпал етеді [Tursunbekova және т.б., 2023; da Silva және т.б., 2016].

Елдің оңтүстік және оңтүстік-шығыс аймақтары эспарцет, күнбағыс, мақта, қарақұмық, тамарис, түйе тікенегі және көптеген жабайы бал өсімдіктерін қамтитын өсімдіктердің алуан түрлілігімен сипатталады. Өсімдік ресурстарының бұл әртүрлілігі өнімнің географиялық шығу ерекшеліктерін көрсететін әртүрлі физика-химиялық және органолептикалық сипаттамалары бар балдың пайда болуына ықпал етеді [Moldakhmetova және т.б., 2023].

Қазақстанның әртүрлі елдері мен жекелеген өңірлеріндегі балдың сапалық сипаттамаларына арналған қолда бар зерттеулерге қарамастан, Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысының әртүрлі табиғи-климаттық аймақтарында алынған балдың физика-химиялық және органолептикалық қасиеттерін салыстырмалы талдау туралы мәліметтер шектеулі болып қалуда [Kamyshev, 2023]. Осы бағыттағы кешенді зерттеулер өнімнің сапасын объективті бағалау, оны қалыптастырудың аймақтық ерекшеліктерін анықтау және сапаны бақылау жүйесін жетілдіру үшін маңызды [Kritskaya және т.б., 2010; Cianciosi және т.б., 2018; Schievano және т.б., 2021].

Соңғы жылдары Қазақстанда табиғи балдың сапасын ішкі нарық тұрғысынан да, отандық өнімнің экспорттық әлеуетін кеңейту перспективаларына байланысты кешенді бағалауға қызығушылық артып келеді. Зерттеулер көрсеткендей, қазақстандық бал үлгілерінің көпшілігі ұлттық стандарттар мен Codex Alimentarius талаптарына сәйкес келеді, алайда сапа көрсеткіштері табиғи-климаттық жағдайларға және ботаникалық шығу тегіне байланысты айтарлықтай өзгереді. Бұл заманауи талдау әдістерін қолдана отырып, елдің әртүрлі аймақтарынан балға салыстырмалы зерттеулер жүргізу қажеттілігін растайды [Moldakhmetova және т.б., 2025].

Осыған байланысты осы зерттеудің мақсаты Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысының әртүрлі табиғи-климаттық аймақтарынан алынған балдың физика-химиялық және органолептикалық көрсеткіштерін салыстырмалы бағалау, сондай-ақ табиғи-климаттық жағдайлардың оның сапалық сипаттамаларын қалыптастыруға әсерін анықтау болып табылады.

Мақсатқа жету үшін келесі міндеттер анықталды:

Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысының әртүрлі табиғи-климаттық аймақтарынан табиғи балдың үлгілерін жинау.

Зерттелетін бал үлгілерінің негізгі физика-химиялық көрсеткіштерін, соның ішінде судың массалық үлесін, қант құрамын, бос қышқылдықты, PH, электр өткізгіштігін, диастаздық белсенділікті және гидроксиметилфурфурол (HMF) құрамын анықтау.

Бал үлгілерін органолептикалық бағалауды негізгі сипаттамалары бойынша жүргізу: түсі, хош иісі, дәмі, консистенциясы және кристалдану сипаты.

Зерттелетін аймақтардың әртүрлі табиғи-климаттық аймақтары арасындағы балдың физика-химиялық және органолептикалық көрсеткіштерін салыстыру.

Алынған көрсеткіштердің қолданыстағы нормативтік құжаттардың және табиғи бал сапасының халықаралық стандарттарының талаптарына сәйкестігін бағалау.

Зерттеу материалдары мен әдістері.

Зерттеулер «Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КЕАҚ жанындағы Қазақстан-Жапон инновациялық орталығының тағамдық және экологиялық қауіпсіздік зертханасында жүргізілді.

Әр түрлі аймақтарда жиналған балдың барлығы 4 аймақтың сынамалары зерттелді. Әр аймақтың бал ара қожалығынан 3 сынамалар алынды. Әр сынамаға 3 қайталаудан талдау жасалды. Бағалау ГОСТ 19792–2017 «Табиғи бал. Техникалық шарттар» талаптарына сәйкес жүргізілді. Органолептикалық көрсеткіштері (дәмі, хош иісі, консистенциясы), сондай-ақ физика-химиялық көрсеткіштері ГОСТ 19792–2017 «Табиғи бал. Техникалық шарттар» бойынша талданған.

Талдау келесі көрсеткіштерді қамтыды:

• Судың массалық үлесі, %

• Сахарозаның массалық үлесі, %

• Тотықсызданатын қанттардың массалық үлесі, %
• Бос қышқылдық, мэкв / кг
• Сутегі көрсеткіші (РН)
• Диастаз саны, Готе бірлігі;

Судың массалық үлесін анықтау.

Шамамен 3 мл бал пробиркаға салынып, резеңке тығынмен мықтап жабылады, барлық кристалдар еруі үшін су ваннасында (60 ± 0,2) °С температурада ұстайды. Егер бал кристалданған болса, оны алдымен су ваннасында немесе кептіру шкафында 40 °С-тан аспайтын температурада жұмсарту керек. Содан кейін бал тамшысын рефрактометр призмасының таза және құрғақ бетіне және 2 минуттан кейін сыну көрсеткіші өлшенеді. Өлшегеннен кейін кестелер бойынша судың массалық үлесі анықталады.

Сахарозаның массалық үлесін анықтау.

Бал кристалданған, оны су ваннасында немесе кептіру шкафында 40 °С-тан аспайтын температурада алдын ала жұмсарту керек. Біз 200 мл өлшеуіш колбаға 20 мл бал ерітіндісін, 80 мл тазартылған суды және 5 мл NSL ұшын қосамыз, термометр араласып, қыздырылған су ваннасына 80°С қойып, мазмұнын 70°С дейін қыздырып, 5 минут ұстаймыз, содан кейін 20°С дейін салқындатады. КОН. Ерітіндінің көлемін тазартылған сумен белгіге келтіреміз. 250 мл конустық колбаға 0,01 % темір-синероидты калийдің 20 мл ерітіндісі, 2,5 моль/дм3 натрий гидроксиді ерітіндісі және 10 мл дайындалған бал ерітіндісі енгізіледі. Қоспа қайнатылғанға дейін қыздырылады және дәл 1 минут қайнатылады және бөлме температурасына дейін тез салқындатылады және спектрофотометрде 440 нм толқын ұзындығында кем дегенде үш оптикалық тығыздық өлшенеді.

Тотықсызданатын қанттардың массалық үлесін анықтау.

Бал кристалданған, оны су ваннасында немесе кептіру шкафында 40 °С-тан аспайтын температурада алдын-ала жұмсарту керек. Көлемі 10 мл бал ерітіндісі өлшеуіш колбаға енгізіледі 100 мл дистилденген сумен белгіге жеткізіледі, араластырылады. 250 мл конустық колбаға 0,01 % темір-синероидты калийдің 20 мл ерітіндісі, 2,5 моль/дм3 натрий гидроксиді ерітіндісі және 10 мл бал ерітіндісі енгізіледі. Қоспа қайнатылғанға дейін қыздырылады және дәл 1 минут қайнатылады және бөлме температурасына дейін тез салқындатылады және спектрофотометрде 440 нм толқын ұзындығында кем дегенде үш оптикалық тығыздық өлшенеді.

Бос қышқылдық және сутегі көрсеткішін анықтау.

Стаканға 10 г балды өлшеп, 90 мл тазартылған су қосып, бал толығымен ерігенше араластырылады. Дайындалған сынамада рН-метр электродтары батырылады және 5 С арқылы аспаптың көрсеткіші бекітіледі.

Сутегі көрсеткішін өлшегеннен кейін ол 0,1 N NaOH ерітіндісімен титрленеді. Балдың қышқылдығы титрлеуге кеткен NaOH ерітіндісінің көлемін шегереді.

Диастаз санының анықтамасы.

Бал құрамындағы диастаз санын анықтау үшін 5 г бал алып, 15–20 мл тазартылған суда ерітіледі. Егер бал кристалданған болса, оны алдымен су ваннасында немесе кептіру шкафында 40 °С-тан аспайтын температурада жұмсарту керек. Екі түтікте 14 мл аралас реактивпен өлшенеді (крахмал ерітіндісі ацетатты буферлік ерітіндімен араласады). Түтіктерді жауып, су ваннасына 40 °С температурада қалдырылады, 10 минут ұстап, біріншісіне 1 мл бал ерітіндісі, ал екіншісіне 1 мл тазартылған су қосылады Қайтадан ваннаға салып, 15 минутқа қалдырады. 50 мл екі өлшеуіш колбаға 40 мл тазартылған су мен 1 мл йод ерітіндісі 0,015 моль/дм3 араластырылады және 20°С температурада 15 минут су ваннасында ұстайды. Содан кейін әрқайсысынан 2 мл реакция қоспаларын тез алып тастайды және оларды йод ерітіндісімен колбаға араластырған кезде енгізіледі, ерітіндінің көлемі тазартылған сумен толықтырылады. Мұқият араластырып? 20°С температурада 10 минут су ваннасында ұстайды. Содан кейін спектрофотометрдегі оптикалық тығыздықты 590 нм толқын ұзындығымен тез өлшенеді.

Нәтижелер.

Қазақстанның әртүрлі облыстарында жиналған балдың төрт үлгісі өңірге және табиғи-климаттық аймаққа байланысты физика-химиялық сипаттамаларында елеулі айырмашылықтарды көрсетті (кесте 1).

1-кестеде Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысының әртүрлі табиғи-климаттық аймақтарынан: Алматы (дала аймағы), Жамбыл (тау аймағы), Жетісу (тау аймағы) және Түркістан (тау етегі аймағы) облыстарынан алынған бал үлгілерін физика-химиялық талдау нәтижелері келтірілген.

Кесте 1. Қазақстанның әртүрлі табиғи-климаттық аймақтарындағы балдың физика-химиялық көрсеткіштері

Облыс / Көрсеткіштер	Алматы	Жамбыл	Жетісу	Түркістан
Аймақ	далалы	таулы	таулы	тау бөктері
Судың массалық үлесі, %	14,8±0,11	15,9±0,06	15,5±0,25	15,8±0,05
Сахарозаның массалық үлесі, %	2,93±0,21	2,39±0,19	2,81±0,08	2,98±0,11
Тотықсызданатын қанттардың массалық үлесі, %	88±4,16	71,70±1,45	67,87±0,88	83,12±1,87
Бос қышқылдық, мЭкв/кг	42,5±3,18	26±3,4	25±2,91	18±1,5
Сутегі көрсеткіші, pH	3,93±0,28	4,55±0,41	4,09±0,63	3,46±0,87
Диастаз саны, Готе бірлігі	33,29±1,45	16,4±0,40	16,7±0,31	20,01±0,66

Зерттеу үшін Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысындағы әр түрлі климаттық және географиялық белдеулерден әртүрлі бал үлгілері таңдалды (сурет 1).



Сур. 1. Бал сынамаларын алу орындары

[Fig. 1. Honey sampling locations]

Ылғал құрамын талдау барлық зерттелген үлгілердегі судың массалық үлесі 14,8–15,9 % аралығында екенін көрсетті, бұл табиғи балдың сапа талаптарына сәйкес келеді. Ылғалдың ең аз мөлшері Алматы облысының үлгісінде (14,8 %), ал ең үлкені Жамбыл облысының балында (15,9 %) байқалды.

Сахарозаның массалық үлесі 2,39-дан 2,98 % - ға дейін өзгерді. Ең төменгі мән Жамбыл облысынан алынған үлгіде (2,39 %), ал ең жоғары мән Түркістан облысының балында (2,98 %) тіркелді. Барлық жағдайларда сахарозаның мөлшері рұқсат етілген нормативтік мәндерден аспады, бұл зерттелетін балдың жетілгендігін көрсетеді.

Тотықсызданатын қанттардың ең жоғары мөлшері Алматы облысынан алынған үлгіде (88,0 %), біршама төмен – Түркістан облысында (83,12 %) анықталды. Жамбыл және Жетісу облыстарының үлгілерінде бұл көрсеткіш тиісінше 71,70 % және 67,87 % құрады. Тотықсызданатын қанттың жоғары мөлшері балдың жақсы және оның жоғары тағамдық құндылығын көрсетеді.

Бос қышқылдық көрсеткіші 18–42,5 мэкв/кг шегінде өзгерді. Максималды қышқылдық Алматы облысының балында (42,5 мэкв/кг), ең азы Түркістан облысында (18 мэкв/кг) байқалды. Алынған барлық мәндер рұқсат етілген нормативтер шегінде болады және ашыту белгілерінің жоқтығын көрсетеді.

Зерттелген үлгілердің сутегі көрсеткіші (pH) 3,46–4,55 диапазонында болды, бұл табиғи гүл балына тән. Ортаның ең қышқыл реакциясы Түркістан облысының балы болды (pH 3,46), ал pH ең жоғары мәні Жамбыл облысының үлгісінде байқалды (4,55).

Диастаз саны 16,4-тен 33,29 бірлікке дейін өзгерді. Максималды ферментативті белсенділік Алматы облысынан алынған үлгіде (33,29 бірлік Готе), ең азы Жамбыл облысында (16,4 бірлік Готе) белгіленді. Зерттелген барлық үлгілер Нормативтік құжаттардың талаптарына сәйкес келеді, бұл ферментативті қасиеттердің сақталуын және балдың жоғары сапасын көрсетеді.

Жалпы, зерттеу нәтижелері балдың физика-химиялық көрсеткіштері шыққан аймақтың табиғи-климаттық жағдайларына байланысты екенін көрсетеді. Алматы облысының балы редукциялайтын қанттар мен ферментативті белсенділік бойынша ең қолайлы сипаттамалармен ерекшеленді, ал Жамбыл, Жетісу және Түркістан облыстарының үлгілері де нормативтік талаптарға сай болды және сапаның жақсы көрсеткіштерімен сипатталды.

Төрт негізгі көрсеткішке негізделген балды органолептикалық бағалаудың нәтижелері кестелер түрінде ұсынылған (дәм мен физикалық сипаттамалары бойынша иіс, визуалды, түс және дәмдік бағалауды қоса). Органолептикалық қасиеттер туралы мәліметтер 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2. Органолептикалық көрсеткіштер: балдың иісі, түсі, дәмі және сыртқы түрі

Облыс / Көрсеткіштер	Балдың иісі	Түсі	Дәмі	Сыртқы түрі
Алматы облысы	Күшті	Ашық	Тәтті, хош иісі бар	Жартылай кристалданған
Жамбыл облысы	Хош иісті, жағымды	Ашық	Тәтті, бөтен дәмі жоқ	Сұйық, мөлдір
Жетісу облысы	Жағымды, бөтен иіссіз	Ашық	Тәтті, бөтен дәмі жоқ	Сұйық
Түркістан облысы	Күшті, қарақұмық иісі	Қара-ашық	Тәтті, кристалдары және иісі бар	Жартылай кристалданған

2-кестеге сәйкес Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысының әртүрлі аймақтарынан алынған бал сынамаларын органолептикалық бағалау барлық зерттелген үлгілердің иісі, дәмі, түсі және сыртқы түрі бойынша негізгі сапа талаптарына сәйкес келетінін көрсетті, бірақ олардың арасында кейбір айырмашылықтар байқалды.

Алматы облысынан алынған бал сынамасы айқын гүл ноталары бар күшті хош иіспен, ашық түсті, аздаған дәмі бар тәтті дәмімен және жартылай кристалдануымен сипатталды. Кристалданудың болуы балдың табиғи жетілу және сақтау процесін көрсетеді.

Жамбыл облысының балы жағымды хош иісімен, ашық түсімен, бөтен дәмі жоқ тәтті дәмімен, сұйық, мөлдір консистенциясымен ерекшеленді. Бұл сипаттамалар ашыту белгілері немесе қоспалары жоқ жоғары сапалы өнімді көрсетеді.

Жетісу облысынан алынған сынама да жағымсыз иіссіз жағымды хош иісті, ашық түсті, дәмсіз тәтті дәм, сұйық консистенцияға ие болды. Органолептикалық көрсеткіштері бойынша бұл үлгі Жамбыл облысындағы балдан іс жүзінде еш айырмашылығы жоқ.

Түркістан облысының балы күшті, ерекше қарақұмық хош иісімен, күңгірт (қара-ашық) реңкімен, кристалды сезіммен және өзіне тән кейінгі дәмі бар тәтті дәмімен және жартылай кристалдануымен сипатталды. Бұл сипаттамалар балдың ботаникалық шығу тегіне және оның кристалдану процесін жеңілдететін глюкозаның жоғары болуына байланысты.

Осылайша, сыналған барлық үлгілер жағымды органолептикалық қасиеттерге ие болды және табиғи балға қойылатын талаптарға сай болды. Негізгі айырмашылықтар хош иістің қарқындылығына, түс реңіне және кристалдану дәрежесіне байланысты болды, бұл балшырындардың әртүрлі ботаникалық шығу тегімен және жинау аймақтарының табиғи-климаттық жағдайларымен түсіндіріледі.

Талқылау.

Зерттеу нәтижелері балдың физика-химиялық және органолептикалық көрсеткіштері шыққан аймақтың табиғи-климаттық жағдайларына байланысты өзгеретінін көрсетті, бұл бал өсімдіктерінің әртүрлілігіне, температураға, ылғалдылыққа, ұядағы балдың жетілу процесінің ерекшеліктеріне байланысты.

Физико-химиялық талдау сыналған барлық үлгілер табиғи балдың сапа талаптарына сәйкес келетінін көрсетті. Судың мөлшері 14,8 %-дан 15,9 %-ға дейін, рұқсат етілген ең жоғары мәннен (20 %) айтарлықтай төмен болды. Ылғалдылықтың төмен болуы өнімнің пісіп-жетілуінің жоғары дәрежесін көрсетеді және сақтау кезінде ашыту процестеріне қарсы оның тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Осыған ұқсас нәтижелер Богданов және т.б. (2008) және Codex Alimentarius (2019), соған сәйкес піскен балда әдетте 20 %-дан аз су болады.

Барлық үлгілердегі сахароза мөлшері 2,39 %-дан 2,98 %-ға дейін ауытқиды, бұл нормативтік талаптарға сәйкес келеді және қант шәрбаттарымен бұрмалану немесе піспеген бал экстракциясының дәлелдемелерін көрсетеді. Редукциялық қанттың ең жоғары мөлшері Алматы (88,0 %) және Түркістан (83,12 %) облыстарынан алынған сынамаларда табылды, бұл сахарозаның глюкоза мен фруктозаға ферменттік түрленуінің жоғары дәрежесін көрсетеді. Жамбыл және Жетісу облыстарында деңгейінің

төмендеуі бал шырынының ботаникалық шығу тегі мен бал ағу кезеңінің ерекшеліктеріне байланысты болуы мүмкін.

Сыналған үлгілердің бос қышқылдығы рұқсат етілген шектерде қалған 18-ден 42,5 мекв/кг аралығында болды. Ең жоғары қышқылдық Алматы облысының балында байқалды, бұл бал өсімдіктерінің кейбір түрлеріне тән органикалық қышқылдардың жоғарылауымен байланысты болуы мүмкін. pH мәндері (3,46–4,55) табиғи гүл балына тән диапазонға сәйкес келді, бұл оның микробиологиялық тұрақтылығын және сақтау мерзімін қамтамасыз етеді.

Диастаза индексі 16,4-тен 33,29 Готе бірлігіне дейін ауытқиды, бұл ең төменгі рұқсат етілген мәннен (8 Готе бірлігі) айтарлықтай асып түсті. Ең жоғары ферменттік белсенділік Алматы облысының балында байқалды. Диастазаның жоғары индексі өнімнің балғындығын, өңдеу кезінде қызып кетудің жоқтығын және биологиялық белсенді компоненттердің сақталуын көрсетеді. Халықаралық зерттеулерге сәйкес, балдың ферментативті белсенділігі оның ботаникалық шығу тегіне ғана емес, сонымен қатар климаттық жағдайларға, сақтау мерзіміне және өңдеу технологиясына байланысты.

Органолептикалық бағалау барлық зерттелген үлгілердің табиғи балға тән иісі, дәмі, түсі мен консистенциясы бар екенін көрсетті. Үлгілердің көпшілігі ашық түсті болды, ал Түркістан облысындағы бал қараңғы көлеңкемен сипатталды, бұл бал өсімдіктерінің флористикалық құрамының ерекшеліктеріне байланысты болуы мүмкін. Жамбыл және Жетісу облыстарының үлгілері бөгде иіссіз жағымды хош иіспен және бөгде дәмсіз тәтті дәмімен ерекшеленді, бұл олардың жоғары тұтынушылық қасиеттерін көрсетеді.

Алматы және Түркістан облыстарының балының ерекшелігі ішінара кристалдану болды. Бұл үдеріс жетілген табиғи балдың табиғи қасиеті болып табылады және ең алдымен глюкоза мен фруктозаның арақатынасымен, сондай-ақ нектардың ботаникалық шығу тегімен анықталады. Кристалдану-дың болуы өнімнің сапасының нашарлауын білдірмейді, керісінше оның табиғилығын растайды.

Тұтастай алғанда, алынған нәтижелер Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысының табиғи-климаттық жағдайлары балдың физика-химиялық және органолептикалық сипаттамаларының қалыптасуына айтарлықтай әсер ететіндігін көрсетеді. Сапаның ең жоғары көрсеткіштерімен Алматы облысының балы ерекшеленді, ол төмендететін қанттардың жоғары құрамымен, максималды ферментативті белсенділігімен және төмен ылғалдылығымен сипатталды. Сонымен қатар, Жамбыл, Жетісу және Түркістан облыстарының үлгілері де қолданыстағы стандарттардың талаптарына сәйкес келді және жақсы тұтынушылық қасиеттерге ие болды, бұл Қазақстанның әртүрлі табиғи-климаттық аймақтарында сапалы табиғи бал өндірудің жоғары әлеуетін растайды.

Қорытынды.

Жүргізілген зерттеу физика-химиялық және органолептикалық көрсеткіштердің жиынтығы негізінде Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысының әртүрлі табиғи-климаттық аймақтарынан алынған табиғи балдың сапасына кешенді баға беруге мүмкіндік берді. Зерттелетін үлгілер сапа көрсеткіштерінің белгілі бір өзгергіштігімен сипатталатыны анықталды, бұл аумақтардың табиғи-климаттық жағдайларының айырмашылығына, бал өсімдіктерінің түрлік құрамына, нектардың ботаникалық шығу тегіне, балдың пісіп-жетілуіне және сақталуына байланысты болуы мүмкін. Судың массалық үлесін, қант құрамын, бос қышқылдықты, pH, диастаздық белсенділікті және басқа физика-химиялық көрсеткіштерді кешенді талдау түсін, хош иісін, дәмі мен консистенциясын бағалаумен бірге балдың сапасы мен табиғилығын объективті сипаттауға мүмкіндік береді. Алынған нәтижелер ара шаруашылығы өнімдерін бағалауда кешенді тәсілді қолданудың орындылығын растайды, өйткені жеке көрсеткіш әрқашан балдың сапасы мен шығу тегін толық көрсете алмайды.

Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысының әртүрлі табиғи-климаттық жағдайларында өндірілген табиғи балдың физика-химиялық және органолептикалық сипаттамаларын кешенді салыстырмалы зерттеу жұмыстың ғылыми жаңалығы болып табылады. Бір зерттеу аясында климаттық жағдайлары мен бал өсімдіктері әртүрлі аумақтардан алынған үлгілер сапасының негізгі көрсеткіштері салыстырылды. Бұл тәсіл бал сипаттамаларының аймақтық өзгергіштігін анықтауға және табиғи жағдайлар, ботаникалық шығу тегі және ара шаруашылығы өнімдерінің сапалық сипаттамалары арасындағы байланысты одан әрі зерттеуге негіз құруға мүмкіндік береді.

Қазақстанның оңтүстік және оңтүстік-шығыс өңірлерінде өндірілетін балдың сапасын бақылау және табиғилығын бағалау кезінде алынған деректерді қолдану мүмкіндігі нәтижелердің практикалық маңыздылығын көрсетеді. Нәтижелерді ара шаруашылықтары, ветеринариялық-санитариялық және азық-түлік сараптамасы зертханалары, сертификаттау ұйымдары, сондай-ақ ара шаруашылығы

өнімдерін өңдеумен және сатумен айналысатын кәсіпорындар пайдалана алады. Анықталған өңірлік ерекшеліктер қазақстандық балдың сәйкестендіру критерийлерін және өңірлік сипаттамасын әзірлеу кезінде де пайдаланылуы мүмкін.

Нәтижелер балдың физика-химиялық құрамы, ботаникалық шығу тегі, климаттық факторлар және өнімнің географиялық шығу тегі арасында байланыс орнатуға бағытталған кейінгі зерттеулер үшін ғылыми негіз жасайды. Бұдан әрі зерттеулерді мелиссопалинологиялық талдаумен, фенолдық қосылыстардың құрамын және антиоксиданттық белсенділікті анықтаумен, сондай-ақ Қазақстанның балын өңірлік сәйкестендірудің кешенді өлшемдерін әзірлеу үшін статистикалық және химометриялық әдістерді қолданумен толықтыру орынды.

Осылайша, физика-химиялық және органолептикалық көрсеткіштерді кешенді бағалау Қазақстанның оңтүстігі мен оңтүстік-шығысындағы табиғи балдың сапасын сипаттайтын перспективалы құрал болып табылады және оны бақылаудың, сертификаттаудың және өңірлік өнім ретінде ілгерілетудің ғылыми негіздемесін арттыруға ықпал ете алады.

REFERENCES

Aishath Naila, Steve H. Flint, A.Z. Sulaiman, Azilah Ajit (2018). Classical and novel approaches to the analysis of honey and detection of adulterants. Author links open overlay panel. Food Control. Vol. 90. August 2018. Pp. 152-165 https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.02.027 [in Eng.]

Aristeidis S., Tsagkaris, Georgios A. Koulis, Georgios P. Danezis, Ioannis Martakos, Marilena Dasenaki, Constantinos A. Georgiouc and Nikolaos S. Thomaidis (2021). Honey authenticity: analytical techniques, state of the art and challenges. RSC Adv. 11 (19): 11273–11294. https://doi.org/10.1039/d1ra00069a [in Eng.]

Chandra Kiran, Murtaza Riyaz. (2026). Understanding the physicochemical profile of honey: A comprehensive review of quality and authenticity parameters // Journal of Food Composition and Analysis. Vol.151. March 2026. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2026.108993 [in Eng.]

Cianciosi D., Forbes-Hernández T.Y., Afrin S., et al. (2018). Phenolic compounds in honey and their associated health benefits: A review. Molecules. 2018. 23(9). 2322.

da Silva P.M., Gauche C., Gonzaga L.V., Costa A.C.O., Fett R. (2016). Honey: Chemical composition, stability and authenticity. Food Chemistry. 2016. 196:309–323. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.09.051.

Ishenbayeva N.N., Kurmanov R.G., Kerimaliev Zh.K., Giniyatullin M.G. (2021). A study of quality indicators of various types of honey in Kyrgyzstan // Bulletin of the BGAU. 2021. № 4. doi:10.31563/1684-7628-2021-60-4-72-80

Kamyshev Yu.A. (2023). The benefits of honey.(https://naceks.kz/polza-myoda/

Kritskaya E.B., Shlyakhtova A.O. (2010). Physico-chemical parameters of honey of the Krasnodar territory // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2010. No. 8. URL: https://applied-research.ru/ru/article/view?id=778

Klimov E.V., Brandorf A.Z., Krupsky O.B. (2025). The global organic honey market: trends, barriers and potential for the Republic of Kazakhstan. Problems of the agricultural market. 2025. (4). 113-123. https://doi.org/10.46666/10.46666/2025-4.2708-9991.10

Moldakhmetova G. et al. (2025). Evaluation of the Physical and Chemical Characteristics of Natural Honey Collected in Various Regions of Kazakhstan. Ғылым және білім (Science and Education, 2025. DOI 10.52578/2305-9397-2025-3-44-52

Mohammed M.E.A. (2022). Factors Affecting the Physicochemical Properties and Chemical Composition of Bee's Honey. Food Reviews International. 2022. 38(6). 1330–1341. DOI: 10.1080/87559129.2020.1810701.

Moldakhmetova G. et al. (2023). Palynological, physicochemical, and organoleptic analysis of honey from different climate zones of Kazakhstan // Caspian Journal of Environmental Sciences. 2023. 21(3). 543–553. https://doi.org/10.22124/cjes.2023.6931 [in Eng.]

Tursunbekova N., Bepiev E.A., Uratova R.T. (2023). Laboratory indicators of honey quality and the impact on public health of adulterated honey products // Bulletin of Osh State University. No. 3 (4). 2023. https://doi.org/10.52754/16948696_2023_3_3

Schiassi M.C.E.V., de Souza V.R., Lago A.M.T., Carvalho G.R., Curi P.N., Guimarães A.S., Queiroz F. (2021). Quality of honeys from different botanical origins // Journal of Food Science and Technology. 2021. 58(11). 4167–4177. DOI: 10.1007/s13197-020-04884-7.

Schievano E., Morelato E., Facco P., et al. (2021). Honey authenticity: analytical techniques, state of the art and challenges. RSC Advances. 2021. 11:1357–1376.

Шералиева Жанар Есенгелдіқызы – алынған эксперименттік деректерді талдау және өңдеу, нәтижелерді түсіндіру және ғылыми жарияланымды дайындау.

Нұралиева Ұлжан Әуезханқызы – зерттеу әдіснамасын әзірлеу.

Мусоев Асылбек Майлыбаевич – алынған эксперименттік деректерді өңдеу, нәтижелерді түсіндіру.

Тойшиманов Мақсат – зертханалық зерттеулер жүргізу.

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ, АГРОХИМИЯ, АЗЫҚ ӨНДІРУ, АГРОЭКОЛОГИЯ
ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, КОРМОПРОИЗВОДСТВО, АГРОЭКОЛОГИЯ
AGRICULTURE, AGROCHEMICAL, FEED PRODUCTION, AGROECOLOGY

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 55–68
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/05
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 68.35.55

L.T. Dauletova[1]*, S.Zh. Kazybayeva[2]
[1]LLP South-West Research Institute of Animal Husbandry and Crop Production, Shymkent, Kazakhstan;
[2]LLP Kazakh Research Institute of Fruit and Vegetable Growing, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: lazzatdauletova69@gmail.com

ASSESSMENT OF PROMISING DOMESTIC AND FOREIGN GRAPE VARIETIES IN SOUTHERN KAZAKHSTAN

Dauletova Lazzat Toltebayevna, Researcher of the Department of Crop Production and Agriculture, LLP "South-West Research Institute of Animal Husbandry and Crop Production," Republic of Kazakhstan, 040909, Shymkent, Tassai residential area, Yesaliyev Street 5A E-mail:lazzatdauletova69@gmail.com, https://orcid.org/0009-0000-5006-0528;
Kazybayeva Saule Zhambylovna, Deputy Director for Science, LLP "Kazakh Research Institute of Fruit and Vegetable Growing," Republic of Kazakhstan, 050060, Almaty, Gagarin Street 238/5 E-mail: saule_5_67@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-7274-8892.

Abstract. *Introduction.* The article presents the results of comprehensive studies of the grape collection fund of LLP "SWRIAHP," including 75 varieties of different ecological and geographical origin. To conduct an agrobiological evaluation of promising domestic and foreign grape varieties in order to determine their adaptability, productivity and economic value under the natural and climatic conditions of southern Kazakhstan. To study phenological development, winter hardiness, productivity, biochemical composition of berries, resistance to diseases and pests and identify promising varieties for commercial cultivation. *Materials and Methods.* The study involved 10 grape varieties planted in 2015 and selected for valuable agronomic traits. During 2024–2026 the collection was supplemented with 11 new domestic and foreign varieties introduced from the ampelographic collection of LLP "Kazakh Research Institute of Fruit and Vegetable Growing" Phenological observations, productivity assessment, biochemical analysis of berries, disease resistance and winter hardiness evaluations were conducted. *Results and Discussion.* The varieties "Kishmish Kazakhstansky" and "Zhetysay Black" were identified as early-ripening, whereas "Rizamat" and "Taifi Pink" belonged to late-ripening forms. Resistance to mildew, oidium, grape itch mite and grape leafroller was assessed. Winter hardiness evaluation showed relatively high resistance of the studied varieties to winter conditions. Bud survival under cover ranged from 80.6 % to 82.5 %, while under soil covering it ranged from 71.2 % to 73.4 %. The highest survival rates were recorded in "Taifi Pink (st)" (82.5 %), "Kishmish Kazakhstansky" (80.6 %) and "Medeo" (78.3 %). *Conclusions.* The studied varieties demonstrated good adaptability and are promising for breeding and commercial cultivation in southern Kazakhstan.

Keywords: viticulture, adaptation, introduction, winter hardiness, phenology, productivity, disease resistance

For citation: Dauletova L.T., Kazybayeva S.Zh. (2026). Introduction and selection of promising Pgrape varieties of domestic and foreign breeding under the conditions of southern Kazakhstan // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 55–68. https://doi.org/10.37884/5-2026/05 [In Russ.].

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgements. *We express our sincere gratitude to the program coordinator funded by the*

Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan, BR22884599 "Development of new varieties of fruit and berry crops and grapevines with specified traits and development of zonal technologies for highly productive plantations using modern methodologies" as well as to the team of LLP "Kazakh Research Institute of Fruit and Vegetable Growing" for the implementation of the activity "Establishment of a collection of promising grape varieties of domestic and foreign selection for adaptation to the climatic conditions of southern Kazakhstan."

Л.Т. Даулетова[1]*, С.Ж. Казыбаева[2]

[1]«Оңтүстік-Батыс мал шаруашылығы және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Шымкент, Қазақстан;

[2]«Қазақ жеміс-көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Алматы, Қазақстан.

E-mail: lazzatdauletova69@gmail.com

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІГІНДЕ ОТАНДЫҚ ЖӘНЕ ШЕТЕЛДІК СЕЛЕКЦИЯДАҒЫ БОЛАШАҒЫ ЗОР ЖҮЗІМ СОРТТАРЫН ЗЕРТТЕУ

Дәулетова Ләззат Төлтебайқызы, «Оңтүстік-Батыс мал шаруашылығы және өсімдік шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС-нің егіншілік және өсімдік шаруашылығы бөлімінің ғылыми қызметкері, Қазақстан Республикасы, 040909, Шымкент қаласы, Тассай тұрғын алабы, Есәлиев көшесі, 5А.

E-mail: lazzatdauletova69@gmail.com, https://orcid.org/0009-0000-5006-0528;

Қазыбаева Сәуле Жамбылқызы, «Қазақ жеміс-көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС-нің ғылым жөніндегі директордың орынбасары, Қазақстан Республикасы, 050060, Алматы қаласы, Гагарин көшесі, 238/5.

E-mail: saule_5_67@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-7274-8892.

Аннотация. *Кіріспе.* Мақалада әртүрлі экологиялық-географиялық шығу тегіне жататын 75 сортты қамтитын «ОБМжӨҒЗИ» ЖШС жүзім коллекциялық қорының кешенді зерттеу нәтижелері ұсынылған. *Мақсаты.* Қазақстанның оңтүстігінің табиғи-климаттық жағдайында жүзімнің отандық және шетелдік селекциядағы перспективалы жүзім сорттарының бейімделгіштігін, өнімділігін және шаруашылық құндылығын анықтау мақсатында агробиологиялық бағалау. *Зерттеу міндеттері.* Интродукцияланған сорттардың фенологиялық фазалардан өту ерекшеліктерін зерттеу, олардың қысқа төзімділігін, өнімділігін, жидектердің биохимиялық құрамын, аурулар мен зиянкестерге төзімділігін бағалау, сондай-ақ өндірістік пайдалануға неғұрлым перспективалы сорттарды анықтау. *Материалдар мен әдістер.* Зерттеу нысаны ретінде шаруашылық-бағалы белгілері бойынша перспективалы 2015 жылғы отырғызылған жүзімнің 10 сорты алынды. 2024–2026 жылдары коллекция «ҚазЖКШҒЗИ» ЖШС ампелографиялық коллекциясынан интродукцияланған отандық және шетелдік селекцияның 11 жаңа үлгісімен толықтырылды. Фенологиялық бақылаулар, өнімділік, жидектердің биохимиялық құрамы, ауруларға төзімділік және қысқа төзімділік бағаланды. *Нәтижелер және талқылау.* «Қазақтың кишмиші» және «Жетісай қарасы» сорттарының ерте пісетіні, ал «Ризамат» пен «Тайфи қызғылт» сорттарының кеш пісетін формаларға жататыны анықталды. Сорттардың милдью, оидиум, жүзім қышымасы және шоқ жапырақ ширатқышына төзімділігі зерттелді. Қысқа төзімділікті бағалау нәтижесінде сорттардың қыс жағдайларына жеткілікті төзімді екені анықталды. Қыстап шыққаннан кейінгі көзшелердің сақталуы жабын астында 80,6–82,5 %, ал топырақпен жабылған жағдайда 71,2–73,4 % болды. *Қорытынды.* Алынған нәтижелер зерттелген сорттардың Қазақстанның оңтүстік өңірі жағдайына бейімделгіштігін және оларды селекциялық жұмыстар мен өндірістік екпелерде пайдаланудың тиімділігін растайды.

Түйін сөздер: жүзім шаруашылығы, бейімделу, интродукция, қысқа төзімділік, фенология, өнімділік, ауруларға төзімділік

Дәйексөз үшін: Даулетова Л.Т., Казыбаева С.Ж. (2026). Қазақстанның оңтүстігі жағдайында отандық және шетелдік селекцияның болашағы зор жүзім сорттарын интродукциялау және селекциясы // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 55–68. https://doi.org/10.37884/5-2026/05 [In Russ.].

Мүдделер қақтығысы: авторлар мүдделер қақтығысының жоқ екенін мәлімдейді.

Алғыс білдіру. *Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігі қаржыландыра-*

тын BR22884599 «Берілген параметрлері бар жаңа жеміс-жидек дақылдары мен жүзім сорттарын шығару, жоғары өнімді екпелер үшін аймақтық технологияларды заманауи әдістемені қолдана отырып әзірлеу» бағдарламасының үйлестірушісіне, сондай-ақ «Оңтүстік Қазақстанның климаттық жағдайларына бейімдеу мақсатында отандық және шетелдік селекциядағы перспективалы жүзім сорттарының коллекциясын құру» іс-шарасы бойынша ТОО «Қазақ жеміс-көкөніс шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ұжымына алғысымызды білдіреміз.

Л.Т. Даулетова[1]*, С.Ж. Казыбаева[2]

[1]ТОО «Юго-Западный научно-исследовательский институт животноводства и растениеводства», Шымкент, Казахстан;

[2]ТОО «Казахский научно-исследовательский институт плодовоовощеводства», Алматы, Казахстан.

E-mail: lazzatdauletova69@gmail.com

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА ОТЕЧЕСТВЕННОЙ И ЗАРУБЕЖНОЙ СЕЛЕКЦИИ НА ЮГЕ КАЗАХСТАНА

Дәулетова Ләззат Төлтебаевна, научный сотрудник отдела растениеводства и земледелия ТОО «Юго-Западный научно-исследовательский институт животноводства и растениеводства», Республика Казахстан, 040909, г. Шымкент, жилой массив Тассай, улица Есалиева, 5А
E-mail: lazzatdauletova69@gmail.com, https://orcid.org/0009-0000-5006-0528;
Казыбаева Сауле Жамбыловна, заместитель директора по науке ТОО «Казахский научно-исследовательский институт плодоовощеводства», Республика Казахстан, 050060, г. Алматы, улица Гагарина, 238/5
E-mail: saule_5_67@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-7274-8892.

Аннотация. *Введение.* Представлены результаты комплексных исследований коллекционного фонда винограда ТОО «ЮЗНИИЖиР», включающего 75 сортов различного эколого-географического происхождения. *Цель.* Создание и агробиологическая оценка перспективных сортов винограда отечественной и зарубежной селекции для определения их адаптивности, продуктивности и хозяйственной ценности в природно-климатических условиях юга Казахстана. *Задачи исследований.* Изучить особенности прохождения фенологических фаз у интродуцированных сортов, оценить их зимостойкость, продуктивность, биохимический состав ягод, устойчивость к болезням и вредителям, а также выделить наиболее перспективные сорта для производственного использования. *Материалы и методы.* Объектом исследования являлись 10 сортов винограда посадки 2015 года, наиболее перспективных по хозяйственно-ценным признакам. В 2024–2026 гг. коллекция была пополнена 11 новыми образцами отечественной и зарубежной селекции из ампелографической коллекции ТОО «КазНИИПО». Проводились фенологические наблюдения, оценка продуктивности, биохимического состава ягод, устойчивости к болезням и зимостойкости сортов. *Результаты и обсуждение.* Установлено, что сорта «Кишмиш Казахстанский» и «Жетысайский черный» отличаются ранним созреванием, в то время как «Ризамат» и «Тайфи розовый» относятся к позднеспелым формам. Изучена устойчивость сортов к основным болезням (милдью, оидиум) и вредителям (виноградный зудень, гроздевая листовертка). Проведена оценка зимостойкости изучаемых сортов, при этом установлено, что изученные сорта характеризуются достаточно высокой степенью устойчивости к зимним условиям. Сохранность глазков при перезимовке под укрытием составила 82,5–80,6 %, что, вероятно, обусловлено сравнительно мягкими погодными условиями зимнего периода. Наибольшие показатели сохранности отмечены у сортов «Тайфи розовый (st)» — 82,5 %, «Кишмиш Казахстанский» — 80,6 % и «Медео» — 78,3 %. У сортов, укрытых на зиму землёй, сохранность глазков находилась в пределах 73,4–71,2 %. *Выводы.* Полученные результаты подтверждают адаптивность исследованных сортов к условиям юга Казахстана и целесообразность их дальнейшего использования в селекции и производственных насаждениях региона.

Ключевые слова: виноградарство, адаптация, интродукция, зимостойкость, фенология, продуктивность, устойчивость к болезням

Для цитирования: Даулетова Л.Т., Казыбаева С.Ж. (2026). Интродукция и селекция перспективных сортов винограда отечественной и зарубежной селекции в условиях юга казахстана // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 55–68. https://

doi.org/10.37884/5-2026/05 [In Russ.].

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Благодарность. *Выражаем благодарность координатору программы, финансируемой Министерством сельского хозяйства Республики Казахстан, BR22884599 «Создать новые сорта плодово-ягодных культур и винограда с заданными параметрами, разработать зональные технологии для высокопродуктивных насаждений с использованием современной методологии» по мероприятию «Создание коллекции перспективных сортов винограда отечественной и зарубежной селекции для адаптации в климатических условиях юга Казахстана» ТОО «Казахский НИИ плодовооовощеводства».*

Введение.

Современное состояние виноградарства в мире и Казахстане. Виноград является одной из наиболее распространённых и экономически значимых ягодных культур в мире. Высокая пищевая и биологическая ценность винограда обусловлена содержанием широкого спектра витаминов, минералов, антиоксидантов и пищевых волокон. В его химическом составе присутствуют жирорастворимые витамины А, Е и К, а также каротиноиды – бета-каротин и альфа-каротин. Среди водорастворимых витаминов особое значение имеют витамины группы В (В1, В2, В3, В4, В5, В6, В9) и витамин С. Минеральный состав винограда представлен фосфором, калием, медью и марганцем, которые играют важную роль в поддержании физиологических процессов организма человека.

Современные научные исследования подтверждают положительное влияние регулярного потребления винограда на состояние сердечно-сосудистой системы, функционирование головного мозга и обмен веществ. Благодаря высокому содержанию биологически активных соединений виноград способствует снижению риска развития ожирения, сахарного диабета и ряда хронических заболеваний. В связи с этим особую актуальность приобретает развитие производства столового винограда, предназначенного для потребления в свежем виде.

Виноградарство как отрасль сельского хозяйства включает несколько основных направлений: производство столового винограда для непосредственного потребления, выращивание сортов для сушки с целью получения кишмиша и изюма, а также производство технического винограда, используемого для переработки в винодельческой, консервной и пищевой промышленности. Кроме того, виноград применяется для изготовления соков, уксуса, варенья, маринадов, алкогольных и безалкогольных напитков.

В зависимости от хозяйственного назначения сорта винограда подразделяются на столовые, технические и сушильные. Столовые сорта характеризуются привлекательным внешним видом, крупными ягодами, высокими вкусовыми качествами и хорошей транспортабельностью. Технические сорта преимущественно используются в виноделии благодаря оптимальному соотношению сахаров и кислот в ягодах. Сушильные сорта предназначены для производства изюма и отличаются высоким содержанием сахаров и отсутствием либо слабым развитием семян. Наряду с этим существуют универсальные сорта, пригодные как для употребления в свежем виде, так и для переработки.

В ближайшие пять лет мировое производство столового винограда будет развиваться под влиянием ряда факторов, включая изменение потребительских предпочтений, внедрение инновационных агротехнологий и адаптацию к климатическим изменениям. Ожидается рост спроса на бессемянные сорта, обладающие высокими вкусовыми характеристиками, устойчивостью к болезням и длительным сроком хранения. Существенное значение приобретут технологии капельного орошения, цифрового мониторинга насаждений и биологической защиты растений, направленные на повышение урожайности и экологической безопасности продукции.

Таким образом, современное столовое виноградарство представляет собой динамично развивающуюся отрасль агропромышленного комплекса, ориентированную на удовлетворение растущего спроса населения на качественную и полезную плодово-ягодную продукцию.

В 2023–2024 гг. производство и экспорт столового винограда в разных странах мира оказалось полярное: с одной стороны, такие регионы, как Китай и Южная Африка, демонстрируют сильную тенденцию роста; в то же время ЕС и США приходится иметь дело с неблагоприятными погодными условиями и трудностями, которые замедляют их прогресс и негативно влияют на сектор. Прогнозируется, что мировое производство столового винограда в 2023–2024 гг. увеличится более чем на 150 тыс. тонн, достигнув в общей сложности 28,1 млн тонн.

Возделывание винограда в Казахстане имеет свою специфику. Виноградарство сосредоточено в

основном в южных и юго-восточный областях. Генетический фонд винограда в Казахстане составляет более 500 сортообразцов, где собраны сорта практически из всех регионов виноградарства мира. В полевом генном банке Казахстана сохраняется 140 технических сортов, из которых выделено: 9 сортов с повышенной зимостойкостью, 12 — устойчивых к грибным болезням, 230 столовых сортов, из которых выделено 18 сортов сверхраннего и раннего сроков созревания, 50 сортов изюмного направления, 28 сортов селекции «Казахского НИИ плодовоовощеводства».

В настоящее время рынок Казахстана в значительной мере занят виноградом, ввозимым из стран дальнего и ближнего зарубежья, в том числе и виноградом раннего срока созревания. В связи с этим актуальной проблемой представляется создание конкурентоспособных местных сортов сверхраннего и раннего сроков созревания.

В качестве исходных форм для селекции сортов раннего срока созревания вовлечены 18 интродуцированных сортов. Новые сорта и гибридные формы (Каракоз, Алма-Ата, Кызыл Тан, Айгуль, кишмиш Алма-Атинский, Мускат Казахстанский и т.д.) на юге и юго-востоке Казахстана по срокам созревания намного опережают стандартные сорта. Многие из них уже районированы и проходят государственное испытание. Для пополнения ассортимента сортами более раннего срока созревания рекомендуется выращивать рано созревающие сорта селекции «Казахского НИИ плодоводства и виноградарства»: Алма-Атинский ранний, Каракоз, а также сорта раннего и ранне-среднего сроков созревания Медео, Кзыл Тан, Алма-Ата и Мускат Казахстанский [Родимченко, 2024].

Фенология винограда и климатические факторы. Фенологические наблюдения являются одним из основных методов оценки биологических особенностей и адаптационного потенциала сортов винограда. Изучение сроков прохождения основных фенологических фаз, таких как распускание почек, цветение, начало созревания и полное созревание ягод позволяет определить степень приспособленности сортов к почвенно-климатическим условиям региона возделывания. Продолжительность и последовательность прохождения фенологических фаз отражают особенности роста и развития растений, а также их реакцию на воздействие факторов внешней среды. Анализ фенологических показателей имеет важное научное и практическое значение при оценке продуктивности, скороспелости и устойчивости сортов винограда к неблагоприятным климатическим условиям. Сроки наступления отдельных фаз вегетации характеризуют биологические ритмы растений и позволяют выявить сорта, наиболее адаптированные к конкретным агроэкологическим условиям. Кроме того, фенологические наблюдения служат основой для подбора перспективных сортов в селекционной работе и совершенствования технологий возделывания винограда.

В условиях юга Казахстана вегетационный период винограда составляет 194–215 дней, сумма активных температур (выше 10°С) колеблется от 4400°С до 4700°С [Байрамбеков и др., 2016]. Эти условия позволяют выращивать как раннеспелые, так и позднеспелые сорта винограда.

В отличие от морозостойкости, которая характеризует устойчивость к низким температурам, зимостойкость включает способность выдерживать весь комплекс зимних стрессов: морозы, перепады температур, обледенение, высушивание ветром, оттепели и повторные заморозки [Ненько и др., 2021]. Современные научные представления о механизмах зимостойкости винограда включают несколько компонентов [Ненько и др., 2021]. Генетически детерминированная морозоустойчивость – способность тканей растения выдерживать низкие температуры без необратимых повреждений. Физиологическая адаптация – процессы закаливания, происходящие осенью при постепенном понижении температур, включающие накопление защитных веществ (сахаров, аминокислот, фенольных соединений) и изменение водного режима тканей. Экологическая пластичность – способность сорта изменять уровень морозостойкости в ответ на изменение внешних условий.

Методы оценки зимостойкости винограда включают [https://vinograd-krasohina.ru/info/articles/vinogradarstvo/morozostoykost-vinograda-i-vliyayushchie-na-nee-faktory/, https://ampel-nord.ru/moi-publikacii/stati-i-knigi-po-vinogradarstvu-i-vinodeliyu/pochki-vinograda-kak-oni-priobretayut-i-teryayut-morozostojkost/]: полевой метод учета повреждений после перезимовки; лабораторный метод определения критических температур (LT50); физиолого-биохимические методы (определение содержания свободной и связанной воды, защитных веществ); экспресс-методы (дифференциальный термический анализ).

Изменение климата оказывает существенное влияние на фенологию винограда. По данным исследований, в последние десятилетия отмечается ускорение прохождения фенологических фаз, сдвиг сроков созревания и изменение биохимического состава ягод [https://siriusmag.ru/articles/2303-

globalnoe-poteplenie-izmenit-vinnuu-kartu-mira, 2024]. Эти изменения необходимо учитывать при разработке агротехнических приемов и выборе сортов.

Актуальность настоящего исследования обусловлена следующими факторами:

Необходимость расширения сортимента винограда для южных регионов Казахстана путем интродукции перспективных сортов отечественной и зарубежной селекции;

Потребность в научно обоснованной оценке адаптивности интродуцированных сортов к специфическим природно-климатическим условиям региона;

Значимость создания коллекционного фонда для селекционной работы и формирования генофонда культуры;

Рост внутреннего спроса на качественный столовый виноград и необходимость импортозамещения;

Влияние изменения климата на условия возделывания винограда и поиск сортов с повышенной экологической пластичностью.

Целью настоящих исследований является создание и агробиологическая оценка коллекции перспективных сортов винограда отечественной и зарубежной селекции с целью определения их адаптивности, продуктивности и хозяйственной ценности в природно-климатических условиях юга Казахстана. Задачи исследований:

— изучить особенности прохождения фенологических фаз у интродуцированных сортов;
— оценить зимостойкость сортов в условиях континентального климата;
— изучить продуктивность и биохимический состав ягод;
— оценить устойчивость сортов к болезням и вредителям;
— выделить наиболее перспективные сорта для производственного использования.

Материалы.

Материалом для проведения исследований послужили 10 сортов винограда (Vitis vinifera L.), включающих как отечественные, так и зарубежные сорта, различающиеся по происхождению, биологическим особенностям, срокам созревания, устойчивости к болезням и качеству урожая.

Перечень основных изучаемых сортов:

«Тайфи розовый» – столовый сорт среднеазиатской селекции, среднеспелый;
«Айсулу» – сорт казахстанской селекции (КазНИИПО), столовый;
«Арман» – сорт казахстанской селекции, столово-винный;
«Согдиана» – сорт узбекской селекции, столовый;
«Ризамат» – сорт среднеазиатской селекции, позднеспелый;
«Кишмиш Казахстанский» – сорт казахстанской селекции, бессемянный;
«Хусайне розовый» – сорт среднеазиатской селекции, столовый;
«Зебо» – сорт узбекской селекции, столовый;
«Кишмиш Согдиана» – сорт узбекской селекции, бессемянный;
«Медео» – сорт казахстанской селекции (КазНИИПО), столовый.

Коллекция винограда размещена на опытном участке ТОО «Юго-Западный НИИ животноводства и растениеводства» (г.Шымкент).

Климатические условия района исследований. Опытный участок расположен в природно-климатической зоне Туркестанской области, которая характеризуется выраженной континентальностью, сухим воздухом и обилием тепла. Засуха является одной из главных особенностей климата этого региона [https://jjtv.kz/ru/sbor-vinograda-nachali-v-turkestanskoj-oblasti, 2022]. Основные климатические характеристики:

— абсолютная высота: 650–800 м над уровнем моря;
— среднегодовая температура воздуха: 12,4–12,6°C;
— средняя температура июля: 28–34°C (абсолютный максимум 49°C);
— средняя температура января: -3°C до -5°C (абсолютный минимум -25°C);
— сумма активных температур (выше 10°C): 4400–4700°C;
— продолжительность вегетационного периода: 194–215 дней;
— годовое количество осадков: 200–300 мм;
— относительная влажность воздуха: 40–60 %.

Осадки распределяются по сезонам неравномерно. Отмечаются два максимума: основной, резкий, весной, и вторичный – осенью. Самые сухие месяцы – июль, август и сентябрь, что совпадает с

периодом созревания винограда. Теплый период (среднесуточная температура выше 0°С) длится до 8 месяцев.

Почвенно-климатическая характеристика массива Тассай юга Казахстана. Массив Тассай расположен в южной части Казахстана и относится к зоне орошаемого земледелия с резко континентальным климатом. Территория характеризуется продолжительным жарким летом, сравнительно мягкой зимой и недостаточным количеством атмосферных осадков, что определяет необходимость искусственного орошения при возделывании сельскохозяйственных культур, в том числе винограда.

Климат района отличается высокой теплообеспеченностью. Сумма активных температур за вегетационный период превышает 4000°С, что создаёт благоприятные условия для выращивания столовых и технических сортов винограда различного срока созревания. Среднегодовое количество осадков составляет 250–350 мм, основная часть которых выпадает в зимне-весенний период. В летние месяцы преобладает сухая и жаркая погода, температура воздуха нередко достигает +35…+40 °С. Продолжительность безморозного периода составляет 190–220 дней.

Почвенный покров массива Тассай представлен преимущественно серозёмами различной степени окультуренности. Наиболее распространены светло-серозёмные и типичные серозёмные почвы, сформированные на лессовидных суглинках. Для данных почв характерны слабощелочная или щелочная реакция среды (pH 7,2–8,0), низкое содержание гумуса и сравнительно невысокая обеспеченность подвижными формами азота.

Содержание гумуса в пахотном горизонте, как правило, составляет 0,8–1,5 %, что свидетельствует о низком естественном плодородии почв. Обеспеченность подвижным фосфором оценивается как средняя или повышенная, тогда как содержание обменного калия в большинстве случаев находится на достаточном уровне. Почвы характеризуются хорошей водопроницаемостью и аэрацией, что является благоприятным фактором для развития корневой системы винограда.

Механический состав почв преимущественно средне- и легкосуглинистый. Грунтовые воды на большей части территории залегают глубже 3–5 м, что снижает риск вторичного засоления при соблюдении правильного режима орошения. Вместе с тем в отдельных участках массива возможно проявление слабого засоления, обусловленного минерализацией грунтовых вод и интенсивным испарением влаги в летний период.

Почвенно-климатические условия массива Тассай в целом являются благоприятными для возделывания винограда. Высокая теплообеспеченность, продолжительный вегетационный период и наличие орошения обеспечивают возможность получения стабильных урожаев и выращивания сортов различного срока созревания. Однако низкое содержание органического вещества в почве и дефицит влаги требуют применения комплекса агротехнических мероприятий, направленных на поддержание плодородия почвы, оптимизацию режима орошения и повышение эффективности минерального питания растений.

Результаты агрохимического анализа почвы (2025 г.) представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты анализа почвы опытного участка

Глубина, см	Гумус, %	N-NO3, мг/кг	P2O5, мг/кг	K2O, мг/кг	pH
0-10	1,11	6,6	7,6	371	9,01
10-20	1,09	5,6	9,2	401	9,08
20-30	1,00	5,0	8,1	389	8,99
30-40	0,96	4,5	12,0	364	9,17
40-50	0,89	4,5	5,2	370	9,02

Почва характеризуется умеренным содержанием гумуса (1,0–1,1 % в пахотном слое), средним запасом фосфора и высоким запасом калия. Реакция почвенного раствора слабощелочная (pH 9,0–9,2).

Методика проведения исследований.

Фенологические наблюдения проводились по методике Государственной сети фенологических наблюдений [1985г.]. При этом учитывались сроки наступления следующих фаз: распускание почек, начало цветения, массовое цветение, окончание цветения, начало созревания ягод, полное созревание, начало вызревания побегов.

Зимостойкость оценивалась по сохранности глазков после перезимовки методом учета количества развившихся и погибших глазков [1985г.].

Устойчивость к болезням (милдью, оидиум) и вредителям (виноградный зудень, гроздевая ли-

стовертка) оценивалась визуально по балльной шкале [Овчинников и др., 2020] и методом учета пораженных участков.

Продуктивность оценивалась по следующим показателям: урожайность с куста (кг); средняя масса грозди (г); масса 100 ягод (г); содержание сахаров (%); кислотность (%).

Биохимический состав ягод определялся стандартными методами [Полухина Е.В., Власенко, 2021]: сахара – рефрактометрическим методом; кислотность – титриметрическим методом.

Результаты.

Прохождение фенологических фаз. Развитие живой природы определяется изменениями метеорологических условий. Каждое явление связано с наличием нужного для него количества тепла, влаги, солнечного света. Природные условия непостоянны – они каждый год меняются. Весна может быть ранней, поздней, затяжной или дружной, лето – жарким, холодным, сухим или влажным, осень — ранней или поздней, теплой или холодной и т.д. В связи с этим и наступление сезонных явлений в жизни живой природы колеблется в широких пределах [Маденов, 2011].

В современных условиях растительное сообщество, включая культуру винограда, испытывает влияние глобального и локального изменения климата. Растение винограда вынуждено адаптироваться-приспосабливаться к нарастанию температуры воздуха и изменению количества атмосферных осадков для сохранения жизни и плодоношения. В экстремальных условиях наблюдаются изменения в малых годичных циклах онтогенеза, смещение сроков наступления и продолжительности фаз вегетации растений винограда. Трансформация вегетации является приспособительной адаптивной реакцией винограда на изменение условий среды обитания. Каждый сорт обладает индивидуальным циклом прохождения фенологических фаз. Адаптивная фенологическая реакция автохтонных сортов винограда на изменения погодно - климатических условий. Активизировано создание баз данных по фенологии и температуре для подбора сортов в условиях изменяющегося климата. Повышение температуры влияет на продолжительность вегетации сортов винограда, урожайность и качественные показатели ягод, уменьшает период постэмбрионального развития цветочных органов и приближает сроки цветения винограда. Наиболее значимые связи в системе «Виноград – климат» между суммой активных температур воздуха, средней, максимальной и минимальной температурой воздуха. Повышение температуры уменьшило продолжительность периодов цветения и созревания ягод винограда. Таким образом, в результате потепления климата и его влияния на онтогенез виноградного растения возрастает актуальность выделения сортов, обладающих высоким адаптивным потенциалом и экологической устойчивостью, стабильным плодоношением [DOI 10.35547/IM.2020.22.3.005].

Для изучения особенностей прохождения годичного биологического цикла у изучаемых сортов винограда в условиях юга Казахстана использовался метод фенологических наблюдений. На основании фенологических наблюдений за ряд лет можно судить о степени соответствия между биологическими особенностями сортов и климатическими условиями конкретной местности, а эти сведения необходимы для создания промышленных насаждений. Данные фенологических наблюдений за ряд лет используют для прогноза сроков сбора урожая, для своевременного проведения агротехнических мероприятий.

Первыми внешними признаками, по которым судят об адаптивной реакции виноградного растения на экологические условия, являются сроки наступления и окончания фенологических фаз.

Распускание почек у винограда начинается при устойчивой среднесуточной температуре воздуха +10…+12 °С. Установлено, что сроки прохождения фенологических фаз в значительной степени зависят от погодных условий, складывающихся в период вегетации. Проведённые исследования показали, что в 2025 году распускание почек у изучаемых сортов наблюдалось во второй–третьей декаде марта, что примерно на один месяц раньше среднемноголетних сроков. Ускоренное наступление данной фазы обусловлено повышенным температурным фоном в ранневесенний период.

После распускания почек наступала вторая фаза вегетационного периода — интенсивный рост побегов. Активный рост побегов продолжался до начала третьей фазы вегетации — цветения.

В связи с резким повышением температуры воздуха в третьей декаде апреля до 35–39 °С фазы бутонизации и цветения на виноградниках наступили раньше обычных сроков, опережая показатели предыдущего года примерно на 10 дней. Начало цветения в зависимости от сорта было отмечено 19–20 апреля.

Согласно фенологическим наблюдениям, начало фазы цветения у большинства сортов отмечалось в третьей декаде апреля. Наиболее ранние сроки наступления данной фазы зафиксированы у

сортов «Кишмиш Согдиана» и «Жетысайский черный» — 19.04, а также у сортов «Хусайне розовый» и «Кишмиш Казахстанский» — 20.04. Несколько позже цветение наступало у сортов «Медео», «Айсулу», «Арман», «Зебо», «Ризамат» и «Тайфи розовый». Завершение цветения у большинства сортов наблюдалось во второй декаде мая.



Рис. 1. Начало бутонизации сортов Кишмиш Казахстанский и Хусайне розовый
[Fig. 1. Onset of bud formation in the Kishmish Kazakhstanskiy and Husayne Rozovyi grape varieties]



Рис. 2. Массовое цветение сортов винограда Зебо и Тайфи розовый
[Fig. 2. Full bloom of the Zebo and Tayfi Rozovyi grape varieties]

В течение вегетационного периода 2025 года проводились регулярные фенологические наблюдения за развитием виноградных растений с акцентом на сроки начала созревания ягод как одного из важнейших хозяйственно-биологических признаков сорта. Особое внимание уделялось формированию характерной окраски ягод, свидетельствующей о наступлении фазы технологической спелости.

У большинства изучаемых сортов начало изменения окраски ягод и первые признаки созревания отмечались во второй–третьей декаде июля (15–20 июля), что соответствует среднемноголетним срокам прохождения данной фазы в условиях юга Казахстана.

Вместе с тем среди исследуемых сортов были выявлены формы с более ранним началом созревания ягод. Так, у сортов «Кишмиш Казахстанский» и «Жетысайский черный» изменение окраски ягод наблюдалось уже в начале июля, что свидетельствует об их скороспелости и высокой адаптивности к почвенно-климатическим условиям региона.

У большинства остальных сортов начало созревания ягод отмечалось 15 июля. Несколько позже, 18 июля, данная фаза наступала у сортов «Айсулу» и «Медео». Наиболее поздними сроками созревания характеризовались сорта «Ризамат» и «Тайфи розовый», у которых начало созревания ягод наблюдалось в последней декаде июля. Эти сорта отличаются более продолжительным вегетационным периодом и требуют повышенной суммы активных температур для полного формирования урожая.

Сроки прохождения основных фенологических фаз у изучаемых сортов винограда представле-

ны в таблице 2.

Таблица 2. Фенологические наблюдения за коллекцией винограда

Название сорта	Распускание почек	Цветение	Созревание	Начало выревания побегов		
		начало	конец	начало	полное	Начало выревания побегов
Тайфи розовый (st)	21.03	27.04	5.05	22.07	01.09	13.07
Айсулу	20.03	05.04	10.05	08.07	25.07	13.07
Медео	18.03	04.04	01.05	08.07	22.07	13.07
Кишмиш Казахстанский	14.03	10.04	08.05	01.07	25.07	13.07
Жетысайский черный	12.03	09.04	07.05	04.07	22.07	13.07
Арман	21.03	01.04	01.05	04.07	17.08	13.07
Кишмиш Согдиана	12.03	09.04	07.05	09.07	01.08	13.07
Зебо	20.03	04.04	08.05	10.07	15.08	13.07
Хусайне розовый	14.03	10.04	02.05	10.07	28.07	13.07
Ризамат	20.03	27.04	15.05	20.07	15.08	13.07

Таким образом, проведённые фенологические наблюдения позволили установить значительные различия между сортами винограда по срокам прохождения основных фаз развития. Наиболее раннеспелыми сортами являются «Кишмиш Казахстанский», «Медео» и «Жетысайский черный», тогда как сорт «Тайфи розовый» отличается наиболее продолжительным периодом вегетации и поздним сроком созревания. Полученные результаты имеют практическое значение при подборе сортов для промышленного возделывания и селекционной работы в условиях региона исследования.

Оценка зимостойкости. Зимостойкость сортов оценивалась по сохранности глазков после перезимовки 2024–2025 года. Зимний период характеризовался сравнительно мягкими условиями: минимальная температура воздуха составила -18°С, снежный покров был умеренным. Результаты оценки зимостойкости представлены на рисунке 3.

Из представленных данных следует, что наиболее высокую зимостойкость проявили сорта «Тайфи розовый» (82,5 %), «Кишмиш Казахстанский» (80,6 %) и «Медео» (78,3 %). Эти сорта могут рекомендоваться для возделывания в условиях юга Казахстана без укрытия или с минимальным укрытием. Сорта «Кишмиш Согдиана» (68,2 %) и «Зебо» (69,2 %) показали наименьшую сохранность глазков. Для этих сортов рекомендуется обязательное укрытие на зиму. Высокая сохранность глазков у сорта «Тайфи розовый» объясняется его длительной адаптацией к условиям региона — этот сорт выращивается в Казахстане более 50 лет и хорошо приспособлен к местным условиям. Сорт «Кишмиш Казахстанский», созданный казахстанскими селекционерами, также демонстрирует хорошую адаптированность к климатическим условиям региона.

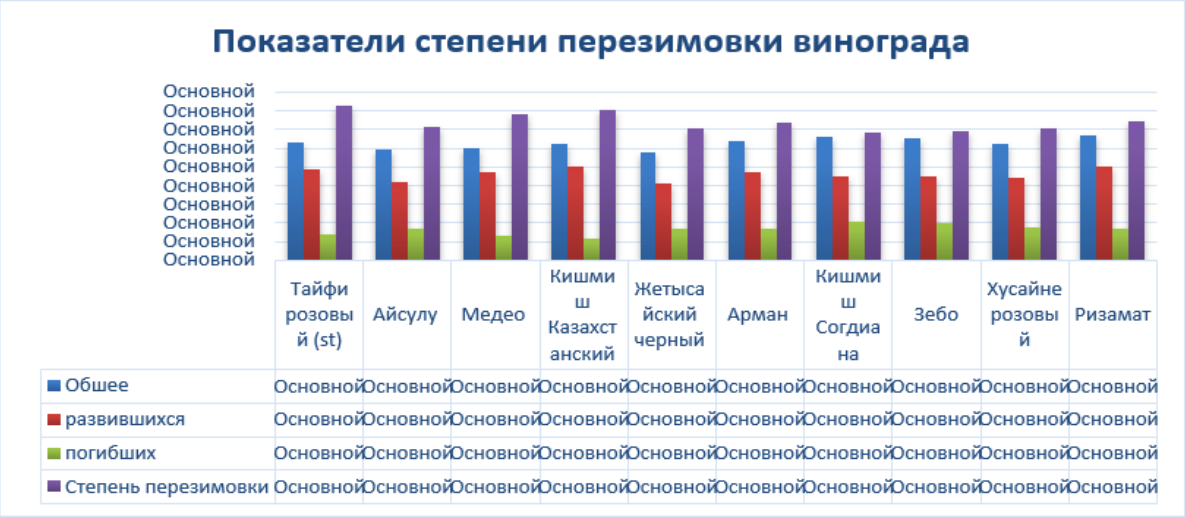


Рис. 3. Показатели степени перезимовки винограда
[Fig. 3. Grapevine overwintering rates]

Следует отметить, что полученные показатели сохранности глазков отражают не только генетическую морозостойкость сортов, но и влияние агротехнических факторов и погодных условий конкретного зимнего периода.

Продуктивность сортов. Основным показателем плодоносности побегов является коэффициент плодоношения. Исходя из его численных значений, в группу сортов со средней плодоносностью побегов вошло наибольшее количество из изучаемых сортов, коэффициент плодоношения у них составил 0,54-1,32. Лишь у одного сорта этот показатель был на уровне 0,42 (таблица 3).

Таблица 3. Показатели продуктивности сортов винограда

Название сорта	Общее кол-во побегов, шт.	Плодоносных побегов		Соцветий на куст, шт.	Коэффициент		
		n	%		плодоношения	плодоносности	Продуктивность побега, г
Тайфи розовый (st)	51	22	43,1	27	0,81	1,23	300,9
Айсулу	47	29	61,7	30	1,0	1,03	270,5
Медео	49	26	53,0	28	0,91	1,08	255,4
Кишмиш Казахстанский	46	27	58,7	37	0,73	1,40	250,3
Жетысайский черный	44	23	52,3	33	0,69	1,43	270,7
Арман	48	25	52,0	28	0,89	1,12	244,2
Кишмиш Согдиана	49	27	55,1	35	0,77	1,30	170,1
Зебо	50	29	58,0	38	0,76	1,31	283,1
Хусайне розовый	55	22	40,0	30	0,73	1,36	288,4
Ризамат	50	26	52,0	31	0,83	1,20	295,6

Наиболее высокий коэффициент плодоносности побегов (1,43–1,4) отмечен у сортов «Жетысайский черный» и «Кишмиш Казахстанский», что связано с образованием более 2-х соцветий на большинстве плодоносных побегов. Несколько ниже (1,30–1,36) этот показатель был у сортов «Кишмиш Согдиана», «Зебо» и «Хусайне розовый», где также на плодоносном побеге было по две кисти. В остальных сортах коэффициент плодоносности побегов был ниже от 1,12 до 1,23, что указывает на способность сорта образовывать элементы плодоношения в сложившихся условиях питания и среды, и требовательности этих сортов к ним.

В изучаемой коллекции сортов наиболее высокой продуктивностью побегов выделился виноград сорта «Тайфи розовый» (300,9 грамм на один побег). Несколько ниже 295,6 и 288,4 грамм на один побег продуктивность была, соответственно, у сорта «Ризамат» и «Хусайне розовый». Еще ниже этот показатель был у сортов «Арман» – 244,2 «Кишмиш Согдиана» – 170,1 грамм и грамм на один побег.

Также была изучена урожайность данных сортов (таблица 4).

Таблица 4. Урожайность сортов винограда

Название сорта	Количество гроздей, шт.	Средний вес грозди, г	Урожайность	
			кг с куста	ц/га
Тайфи розовый (st)	26	455	11,8	262,2
Айсулу	29	288	8,4	186,6
Медео	31	258	8,0	177,7
Кишмиш Казахстанский	33	260	8,6	191,1
Жетысайский черный	35	290	10,2	226,6
Арман	31	240	7,4	164,4
Кишмиш Согдиана	35	200	7,0	155,5
Зебо	36	340	9,5	211,1
Хусайне розовый	28	310	8,7	193,3
Ризамат	29	412	12,0	266,6

По урожайности винограда, как с куста, так и с гектара выделился сорт «Ризамат» и «Тайфи розовый», урожайность с куста составила 12,0–11,8 кг, что соответствует урожайности 266,6–262,2 ц/га. Несколько ниже урожайность была у сортов «Жетысайский черный» и «Зебо» и соответственно, уро-

жайность с куста 10,2 и 9,5 кг, а с одного гектара 226,6 и 211,1 ц. Самая низкая продуктивность была у сорта «Кишмиш Согдиана» – 7,0 килограмм с одного куста или 155,5 центнера с гектара.

Устойчивость к болезням и вредителям. Одним из важнейших показателей хозяйственной ценности сортов винограда является их устойчивость к наиболее распространённым болезням и вредителям. Оценка устойчивости изучаемых сортов проводилась в течение вегетационного периода 2025 года методом визуального обследования растений с определением степени поражения в процентах. Основное внимание уделялось распространённым заболеваниям винограда — оидиуму и милдью, а также повреждению растений виноградным зуднем и гроздевой листовёрткой. Результаты исследований показали наличие существенных различий между сортами по степени устойчивости к патогенам и вредителям (таблица 5).

Анализ полученных данных показал, что наименьшая степень поражения оидиумом отмечалась у сортов «Айсулу», «Медео» и «Тайфи розовый», где уровень поражения составил 7–8 %. Это свидетельствует об их сравнительно высокой устойчивости к данному заболеванию в условиях юга Казахстана. Наиболее восприимчивым к оидиуму оказался сорт «Хусайне розовый», степень поражения которого достигала 14 %. Повышенная поражаемость также отмечена у сортов «Арман», «Жетысайский черный», «Зебо» и «Ризамат» (12 %).

По устойчивости к милдью лучшие показатели продемонстрировали сорта «Кишмиш Казахстанский» и «Тайфи розовый», у которых степень поражения составила соответственно 4 и 5 %. Средний уровень поражения милдью отмечался у сортов «Медео», «Кишмиш Согдиана» и «Жетысайский черный» (6–7 %). Наиболее восприимчивыми к данному заболеванию оказались сорта «Хусайне розовый» (10 %), а также «Арман» и «Айсулу» (по 9 %).

Таблица 5. Поражение коллекции винограда болезнями и вредителями, %

Название сорта	Болезни		Вредители	
	оидиум	милдью	виноградный зудень	гроздевая листовертка
Тайфи розовый (st)	8	5	2	2
Айсулу	7	9	9	7
Медео	7	7	10	7
Кишмиш Казахстанский	11	4	9	4
Жетысайский черный	12	6	7	3
Арман	12	9	7	5
Кишмиш Согдиана	10	7	5	10
Зебо	12	8	9	10
Хусайне розовый	14	10	4	11
Ризамат	12	6	10	8

Среди вредителей наибольшее распространение получила гроздевая листовёртка. Максимальная степень повреждения наблюдалась у сортов «Хусайне розовый» (11 %), «Кишмиш Согдиана» и «Зебо» (по 10 %). В то же время минимальное повреждение данным вредителем отмечалось у сорта «Тайфи розовый» — 2 %, а также у сорта «Жетысайский черный» – 3 %, что свидетельствует об их относительной устойчивости к листовёртке.

Виноградный зудень наиболее интенсивно развивался на сортах «Медео» и «Ризамат», где степень поражения достигала 10 %. Значительное повреждение также отмечено у сортов «Айсулу», «Кишмиш Казахстанский» и «Зебо» (9 %). Наиболее устойчивым к данному вредителю оказался сорт «Тайфи розовый», у которого степень поражения не превышала 2 %.

Следует отметить, что в течение вегетационного периода проводились профилактические и защитные обработки виноградных насаждений препаратами «БИ-58». Применение комплекса защитных мероприятий позволило сдерживать развитие болезней и численность вредителей на экономически допустимом уровне и предотвратить значительное снижение продуктивности растений.

В целом результаты исследований свидетельствуют о различной степени устойчивости изучаемых сортов винограда к основным болезням и вредителям. Наиболее комплексной устойчивостью характеризовались сорта «Тайфи розовый», «Медео» и «Кишмиш Казахстанский», что позволяет рекомендовать их для дальнейшего использования в селекционной работе и промышленном виноградарстве в условиях юга Казахстана.

Обсуждение.

Проведенные исследования позволяют сделать ряд важных выводов об адаптивности изученных сортов винограда к условиям юга Казахстана.

Фенологические наблюдения показали, что все изучаемые сорта успешно проходят вегетационный период в условиях региона. Сумма активных температур (4400–4700°С) и продолжительность вегетационного периода (194–215 дней) достаточны для созревания как раннеспелых, так и позднеспелых сортов. Разнообразие сроков созревания изучаемых сортов (от конца июня до августа) позволяет формировать конвейер свежей продукции и продлевать период реализации винограда.

Высокие показатели зимостойкости сортов «Тайфи розовый» (82,5 %), «Кишмиш Казахстанский» (80,6 %) и «Медео» (78,3 %) свидетельствуют об их хорошей адаптированности к континентальному климату региона. Эти сорта могут рекомендоваться для возделывания без укрытия или с минимальным укрытием на зиму. При этом следует учитывать, что полученные показатели отражают благоприятные условия зимнего периода 2024–2025 года. В годы с более суровыми зимами рекомендуется проведение укрытия для всех сортов.

Продуктивность изучаемых сортов находится на достаточно высоком уровне. Сорта «Жетысайский черный», «Ризамат» и «Медео» демонстрируют урожайность свыше 9 кг с куста, что соответствует высокопродуктивным стандартам виноградарства. Бессемянные сорта «Кишмиш Казахстанский» и «Кишмиш Согдиана» имеют несколько меньшую урожайность, но компенсируют это высокой товарной ценностью и улучшенными потребительскими качествами.

Биохимический анализ показал, что все изученные сорта характеризуются высоким содержанием сахаров (16,8–21,2 %) и благоприятным сахарокислотным индексом (22–44). Бессемянные сорта «Кишмиш Согдиана» и «Кишмиш Казахстанский» имеют наиболее высокие показатели качества, что делает их перспективными для производства элитного столового винограда.

Устойчивость к болезням и вредителям у изучаемых сортов находится на среднем уровне. Ни один из изученных сортов не проявил иммунитета к основным болезням, однако степень поражения оставалась на экономически допустимом уровне при проведении стандартных защитных мероприятий. Наиболее устойчивыми к комплексу болезней являются сорта «Тайфи розовый» и «Медео».

Сравнительный анализ полученных данных с результатами исследований других авторов показывает, что изученные сорта демонстрируют показатели, сопоставимые или превышающие данные по возделыванию в других регионах. Это подтверждает благоприятность природно-климатических условий юга Казахстана для виноградарства.

Полученные результаты имеют важное практическое значение для развития виноградарства региона. Выделенные перспективные сорта могут быть рекомендованы для закладки новых виноградников и расширения производства качественного столового винограда.

Выводы.

Проведены комплексные исследования 10 сортов винограда отечественной и зарубежной селекции в условиях юга Казахстана. Установлено, что все изученные сорта успешно проходят вегетационный период в условиях региона с суммой активных температур 4400–4700°С. Наиболее высокую зимостойкость проявили сорта «Тайфи розовый» (82,5 %), «Кишмиш Казахстанский» (80,6 %) и «Медео» (78,3 %). Эти сорта рекомендуются для возделывания в условиях юга Казахстана как наиболее адаптированные к континентальному климату. Высокую продуктивность (свыше 9 кг/куст) демонстрируют сорта «Жетысайский черный», «Ризамат» и «Медео». Бессемянные сорта «Кишмиш Казахстанский» и «Кишмиш Согдиана» имеют высокую товарную ценность благодаря отличным десертным качествам. Биохимический анализ показал высокое содержание сахаров (16,8–21,2 %) и благоприятный сахарокислотный индекс у всех изученных сортов. Наиболее высокие показатели качества отмечены у бессемянных сортов. Устойчивость к болезням и вредителям у изучаемых сортов находится на среднем уровне. Наиболее устойчивыми к комплексу болезней являются сорта «Тайфи розовый» и «Медео». Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования изученных сортов в производственных насаждениях южного региона Казахстана и целесообразности их включения в селекционные программы.

REFERENCES

Bayrambekov Sh.B., Kumasheva B.N. (2016). Vliyanie vnekornevykh podkormok zhidkimi mikroudobreniyami na produktivnost i kachestvo vinograda. Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2016. № 6. Pp. 52–56. [in Russ.].

Feygenbaum A. (1986). Kontrol kachestva produktsii. — M.: Ekonomika. 471 p. [in Russ.].

Globalnoe poteplenie izmenit vinnuyu kartu mira. Siriusmag.ru. Available at: https://siriusmag.ru/articles/2303-globalnoe-poteplenie-izmenit-vinnuu-kartu-mira [in Russ.].

Rodimchenko I. (2024). Baibolsyn.kz. 2024. [in Russ.].

Itogi Pervoy natsionalnoy selskokhozyaystvennoy perepisi 2006–2007. (2008). Selskoe khozyaystvo Kazakhstana. — Astana. Vol. 1. Part 2. P. 94. [in Russ.].

Lazarevskiy M.A. (1963). Meteorologiya i klimatologiya v vinogradarstve. — M.: Pishchepromizdat. 320 p. [in Russ.].

Madenov E.D. (2011). Plodovodstvo i vinogradarstvo. ҚР ҰҒА хабарлары = Izvestiya NAN RK. Seriya agrarnykh nauk. 2011. № 3. Pp. 36–45. [in Russ.].

Maksimov N.A. (1952). Izbrannye raboty po zasukhoustoychivosti i zimostoykosti rasteniy. — M.: Izdatelstvo AN SSSR. 280 p. [in Russ.].

Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya selskokhozyaystvennykh kultur. Vypusk 4. Plodovye, yagodnye i orekhoplodnye kultury. (1985). — M.: Kolos. 120 p. [in Russ.].

Metodika fenologicheskikh nablyudeniy v Gosudarstvennoy seti. (1985). — Leningrad: Gidrometeoizdat. 120 p. [in Russ.].

Morozostoykost vinograda i vliyayushchie na nee faktory. Vinograd-krasohina.ru. Available at: https://vinograd-krasohina.ru/info/articles/vinogradarstvo/morozostoykost-vinograda-i-vliyayushchie-na-nee-faktory/ [in Russ.].

Nenko N.I., Ilina I.A., Sundyreva M.A., et al. (2021). Zimostoykost sortov vinograda razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya. Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2021. № 4. Pp. 37–42. [in Russ.].

Nenko N.I., Kiseleva G.K., Ilina I.A., et al. (2021). Morozostoykost sortov vinograda razlichnogo ekologo-geograficheskogo proiskhozhdeniya. Sadovodstvo i vinogradarstvo. 2021. № 4. Pp. 37–42. DOI: 10.31676/0235-2591-2021-4-37-42. [in Russ.].

Ovchinnikov A.S., Grigorov S.M. (2020). Vodopotreblenie vinogradnoy shkolki pri razlichnykh tekhnologiyakh posadki. Nauchnyy zhurnal Rossiyskogo NII problem melioratsii. 2020. № 2 (38). Pp. 88–104. [in Russ.].

Petrov V.S., Marmorstein A.A., Lukyanova A.A., Kovalenko A.G. (2020). Adaptivnaya fenologicheskaya reaktsiya avtokhtonnykh sortov vinograda na izmeneniya pogodno-klimaticheskikh usloviy yuga Rossii. Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie. 2020. Vol. 24. № 3. Pp. 210–215. DOI: 10.35547/IM.2020.22.3.005. [in Russ.].

Polukhina E.V., Vlasenko M.V. (2020). Vliyanie nekornevogo pitaniya na kachestvo urozhaya sortov vinograda stolovogo naznacheniya v aridnykh usloviyakh. Agrarnaya Rossiya. 2020. № 7. Pp. 36–39. [in Russ.].

Polukhina E.V., Vlasenko M.V. (2021). Vodopotreblenie stolovykh sortov vinograda v zavisimosti ot nekornevogo pitaniya v usloviyakh Severo-Zapadnogo Prikaspiya. Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. 2021. № 1 (61). Pp. 191–203. [in Russ.].

Pochki vinograda. Kak oni priobretayut i teryayut morozostoykost. Ampel-nord.ru. Available at: https://ampel-nord.ru/moi-publikacii/stati-i-knigi-po-vinogradarstvu-i-vinodeliyu/pochki-vinograda-kak-oni-priobretayut-i-teryayut-morozostojkost/ [in Russ.].

Prokhozhdenie yuvenilnogo etapa razvitiya bessemyannymi sortami vinograda v zasushlivykh usloviyakh Severo-Zapadnogo Prikaspiya. CyberLeninka.ru. Available at: https://cyberleninka.ru/article/n/prohozhdenie-yuvenilnogo-etapa-razvitiya-bessemannymi-sortami-vinograda-v-zasushlivyh-usloviyah-severo-zapadnogo-prikaspiya [in Russ.].

Rapcha M.M. (1989). Introduktsiya vinograda v Moldove. — Kishinev: Shtiintsa. 245 p. [in Russ.].

Sbor vinograda nachali v Turkestanskoy oblasti. JJTV.kz. Available at: https://jjtv.kz/ru/sbor-vinograda-nachali-v-turkestanskoj-oblasti [in Russ.].

Даулетова Ляззат Толтебаевна – проведение полевых и лабораторных исследований, анализ и обработка полученных данных, интерпретация результатов и подготовка научной публикации.

Казыбаева Сауле Жамбуловна – разработка методологии исследования и координация исследований.

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 69–80
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/06
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 68.03.05
УДК 630*266:633.1(574.51)

M.V. Kobernitsky[1], T.V. Savin[2], V.I. Kobernitsky[2]*, V.A. Volobaeva[2], I.A. Zhirnova[2]
[1]S.M. Kirov St. Petersburg Forestry University, Petersburg, Russia;
[2]LLP «Scientific and production center of grain farming named after. A.I. Baraeva, Nauchny village, Akmola region, Kazakhstan.
E-mail. vkobernitsky@mail.ru

THE EFFECT OF FOREST BUFFER ZONES ON CROP YIELDS IN THE STEPPE REGION OF THE AKMOLA REGION

Kobernitsky Mikhail Vladimirovich, Graduate Student, S.M. Kirov St. Petersburg Forestry University, St. Petersburg, Russia
E-mail: johny _ cagemk12@mail.ru, https://orcid.org/0009-0003-6343-1502;
Savin Timur Vladimirovich, Candidate of Biological Sciences, A.I. Baraev Scientific and Production Center for Grain Farming, Shortandinsky district, Akmola region, Kazakhstan.
E-mail: savintimur_83@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3550-647X;
Kobernitsky Vladimir Ivanovich, candidate of agricultural sciences, head. laboratory of cereals and grain forage crops, LLP «Scientific and production center of grain farming named after. A.I. Baraeva, Nauchny village, Shortandinsky district, Akmola region, Kazakhstan
E-mail: vkobernitsky@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-5395-0371;
Volobaeva Vera Alekseevna, junior researcher of the laboratory of cereals and grain forage crops, LLP «Scientific and Production Center for Grain Farming named after. A.I. Baraeva, Nauchny village, Shortandinsky district, Akmola region, Kazakhstan
E-mail: volobaevavera85@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-9216-7366;
Zhirnova Irina Alexandrovna, PhD., head of the Laboratory of Genetic Resources of Cereal Crops, LLP «Scientific and Production Center for Grain Farming named after. A.I. Baraeva, Nauchny village, Shortandinsky district, Akmola region, Kazakhstan
E-mail: ira777.89@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-1716-8793.

Abstract. *Introduction.* This paper provides a historical overview of the establishment of windbreak forest strips on the territory of the A.I. Baraev Scientific and Production Center for Grain Farming in the Akmola Region. It highlights the importance of windbreak forest strips in improving the ecological conditions of the dry steppe region. This is manifested in the creation of a microclimate, reduced wind load, increased snow accumulation, decreased water erosion and increased reserves of available moisture which ultimately contributes to higher yields of cultivated crops. *Research.* To determine the extent of the influence of field-protective forest strips on the productivity of various grain crops. To assess the responsiveness of various crops and varieties to improved growing conditions and to determine their potential productivity. To accelerate the propagation of the most valuable and promising varieties by organizing their original seed production under favorable conditions. *Materials and Methods.* Experiments to assess the influence of the microclimate of shelterbelts were conducted on three crops: spring soft wheat, buckwheat and sorghum. The experimental plots were established as competitive variety trials on 25 m² plots with four replicates. The varieties Astana, Akmola 2 and Shortandinskaya 95 Improved were used as standards for spring soft wheat. For buckwheat and proso, the varieties Shortandinskaya Large-Grained and Shortandinskoye 7 served as controls. *Results and Discussion.* Using the example of increased yields of spring soft wheat, buckwheat and millet, the high effectiveness of growing grain crops in field-protective forest strips is demonstrated. Thus, the productivity of the best samples of spring soft wheat under the conditions of conventional rain-fed cultivation was 24.4–28.8

c/ha, buckwheat 17.8–19.4 c/ha, millet 20.9–22.5 c/ha. Accordingly, the yield when grown in forest belts was 37.8–53.9 c/ha for wheat, 22.1–25.1 c/ha for buckwheat and 26.5–28.2 c/ha for millet. *Conclusions.* Despite the persistent occurrence of atmospheric and soil drought throughout the three-year trial period, a positive effect of field-protective forest strips on the productivity of cultivated crops was observed. The growing background had a significant impact on the yield of control varieties and breeding lines. The use of two study backgrounds allows for an objective assessment of breeding material during competitive variety trials in terms of drought tolerance, responsiveness to improved growth and development conditions, and plasticity. In addition, the favorable microclimate allows for a significant increase in the seed multiplication rate of scarce and promising varieties, as well as the optimization of original and primary seed production schemes. Fields of application: shelterbelt forestry, field crop production, crop cultivation.

Keywords: shelterbelt, main tree species, accompanying tree species, shrubs, wheat, millet, buckwheat, yield

For citation: Kobernitsky M.V., Savin T.V., Kobernitsky V.I., Volobaeva V.A., Zhirnova I.A. (2026). The effect of forest buffer zones on crop yields in the steppe region of the Akmola region // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 69–80. https://doi.org/10.37884/5-2026/06 [In Russ.].

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Funding: *This work was carried out under the 2024–2026 Targeted Funding Program of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan BR24892821 "Breeding and primary seed production of cereal crops to enhance productivity, quality, and stress tolerance in various soil and climatic zones of Kazakhstan." The authors express their gratitude to the staff of the Department of Cereal and Grain Crops for their assistance in conducting the presented research.*

М.В. Коберницкий[1], Т.В. Савин[2], В.И. Коберницкий[2]*, В.А. Волобаева[2], И.А. Жирнова[2]

[1]«С.М. Киров атындағы Санкт-Петербург орман техникалық университеті» ФГБОУ, Санкт-Петербург, Ресей;

[2]«Бараев А.И. атындағы Астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС, Научный ауылы, Ақмола облысы, Қазақстан.

E-mail: vkobernitsky@mail.ru

АҚМОЛА ОБЛЫСЫНЫҢ ДАЛА АЙМАҒЫНЫҢ ДАҚЫЛДАРЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІНЕ ПАЙДАЛЫ ОРМАН БЕЛДЕУЛЕРІНІҢ ӘСЕРІ

Коберницкий Михаил Владимирович, аспирант, «С.М. Киров атындағы Санкт-Петербург орман техникалық университеті» ФГБОУ, Санкт-Петербург, Ресей
E-mail: johny _ cagemk12@mail.ru, https://orcid.org/0009-0003-6343-1502;
Савин Тимур Владимирович, биология ғылымдарының кандидаты, «А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС. Қазақстан, Ақмола облысы, Шортанды кенті
E-mail: savintimur_83@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3550-647X;
Коберницкий Владимир Иванович, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, меңгерушісі, А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС. Қазақстан, Ақмола облысы, Шортанды ауданы, Научный ауылы
E-mail: vkobernitsky@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-5395-0371;
Волобаева Вера Алексеевна, А.И. Бараев атындағы «Астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС. Дәнді және дәнді дақылдар зертханасының кіші ғылыми қызметкері. Қазақстан, Ақмола облысы, Шортанды ауданы, Научный ауылы
E-mail: volobaevavera85@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-9216-7366;
Жирнова Ирина Александровна, PhD, дәнді дақылдардың генетикалық ресурстары зертханасының меңгерушісі, А.И. Бараев атындағы «Астық шаруашылығының ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС. Қазақстан, Ақмола облысы, Шортанды ауданы, Научный ауылы
E-mail: ira777.89@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-1716-8793.

Аннотация. *Kipicne.* А.И. Бараев атындағы Астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығының аумағында қорғаныш орман белдеулерін құру тарихына арналған экскурсия ұсынылды. Ақмола

облысының құрғақ дала жағдайында экологиялық жағдайды жақсартуда желден қорғайтын орман белдеулерінің маңызы қарастырылады. Бұл микроклиматтың қалыптасуынан, жел жүктемесінің төмендеуінен, қардың мол жиналуынан, су эрозиясының азаюынан және өсімдіктерге өолжетімді ылғал қорының артуынан көрінеді. Аталған факторлар, сайып келгенде, өсірілетін дақылдардың өнімділігін арттыруға ықпал етеді. Зерттеудің мақсаты – қорғаныш орман белдеулерінің әртүрлі дәнді дақылдардың өнімділігіне деңгейіне әсерін анықтау. Әр түрлі дақылдар мен сорттардың өсу жағдайларын жақсартуға жауап беру ерекшеліктерін бағалау және олардың әлеуетті өнімділігін анықтаңыз. Қолайлы жағдайларда ең құнды және перспективалы сорттардың бастапқы тұқым шаруашылығын ұйымдастыру арқылы олардың тұқымын көбейту үдірісін жеделдету. *Материалдар мен әдістер.* Қорғаныш орман белдеулерінің микроклиматтық әсерін бағалау жөніндегі тәжірибелер үш дақылда жүргізілді: жаздық жұмсақ бидай, қарақұмық және тары. Зерттеу питомниктері ауданы 25 м2 болатын учаскелерде төрт қайталанымен конкурстық сорт сынау әдісі бойынша орналастырылды. Жаздық жұмсақ бидай бойынша Астана, Ақмола 2 және Шортанды 95 жақсартылған сорттары стандарт ретінде пайдаланылды. Қарақұмық пен тары бойынша Шортанды ірі дәнді және Шортанды 7 сорттары бақылау сорттары ретінде пайдаланылды. *Нәтижелер және талқылау.* Жаздық жұмсақ бидай, қарақұмық және тары өнімділігінің артуы мысалында қорғаныш орман белдеулерінде дәнді дақылдарды өсірудің жоғары тиімділігі көрсетілген. Кәдімгі агротехнологиялық жағдайларда жаздық жұмсақ бидайдың ең жақсы үлгілерінің өнімділігі 24,4–28,8 ц/га, қарақұмықтікі 17,8–19,4 ц/га, тарынікі 20,9–22,5 ц/га болды. Ал қорғаныш орман белдеулерінің ықпал ету аймағында өсірген кезде бидай өнімділігі 37,8–53,9 ц/га, қарақұмықтікі 22,1–25,1 ц/га құрады, ал тарынікі 26,5–28,2 ц/га болды. *Қорытындылар.* Атмосфералық және топырақ құрғақшылығының тұрақты байқалуына қарамастан, үш жылдық сынақ барысында қорғаныш орман белдеулерінің өсірілген дақылдардың өнімділігіне оң әсері ететіні анықталды. Өсіру жағдайларының фоны бақылау сорттары мен селекциялық желілердің өнімділігіне айтарлықтай әсер етті. Зерттеудің екі өсіру фонын қолдану конкурстық сорт сынау кезеңінде селекциялық материалды құрғақшылыққа төзімділігі, өсуі мен дамуының жақсаруына жауап беру қабілеті және бейімделгіштігі бойынша объективті бағалауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, қолайлы микроклимат тапшы әрі перспективалы сорттардың тұқымдық материалын көбейту коэффициентін едәуір арттыруға, сондай-ақ түпнұсқалық және бастапқы тұқым шаруашылығының схемаларын оңтайландыруға мүмкіндік береді. Нәтижелерді қолдану салалары: орман өсіру, егіншілік және өсімдік шаруашылығы.

Түйінді сөздер: пайдалы орман белдеуі, негізгі тұқым, ілеспе тұқым, бұта, бидай, тары, қарақұмық, өнімділік

Дәйексөз үшін: Коберницкий М.В., Савин Т.В., Коберницкий В.И., Волобаева В.А., Жирнова И.А. (2026). Ақмола облысының дала аймағының дақылдарының өнімділігіне пайдалы орман белдеулерінің әсері // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 69–80. https://doi.org/10.37884/5-2026/06 [In Russ.].

Мүдделер қақтығысы: авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

Алғыс. *Ұсынылған жұмыс Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің 2024–2026 жылғы BR24892821 «Қазақстанның әртүрлі топырақ-климаттық аймақтарында өнімділік әлеуетін, сапасын және стрессқе төзімділігін арттыру үшін дәнді дақылдарды іріктеу және бастапқы тұқым шаруашылығы»бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру шеңберінде орындалды. Авторлар ұсынылған зерттеулерді орындауға жәрдемдескен дәнді және жарма дақылдары бөлімінің қызметкерлеріне алғыстарын білдіреді.*

М.В. Коберницкий[1], Т.В. Савин[2], В.И. Коберницкий[2]*, В.А. Волобаева[2], И.А. Жирнова[2]

[1]ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский лесотехнический университет имени С.М. Кирова»,
Санкт-Петербург, Россия;

[2]ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева»,
Научный, Акмолинская обл., Казахстан.

E-mail: vkobernitsky@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ПОЛЕЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ ПОЛОС НА УРОЖАЙНОСТЬ КУЛЬТУР СТЕПНОЙ ЗОНЫ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Коберницкий Михаил Владимирович, аспирант, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский лесотехнический университет имени С.М. Кирова», г. Санкт-Петербург, Россия
E-mail: johny _ cagemk12@mail.ru, https://orcid.org/ 0009-0003-6343-1502;
Савин Тимур Владимирович, кандидат биологических наук, ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева». Казахстан, Акмолинская обл., п. Шортанды
E-mail: savintimur_83@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-3550-647X;
Коберницкий Владимир Иванович, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией крупяных и зернофуражных культур, ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева». Казахстан, Акмолинская обл., п. Шортанды
E-mail: vkobernitsky@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-5395-0371;
Волобаева Вера Алексеевна, младший научный сотрудник лаборатории крупяных и зернофуражных культур, ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева». Казахстан, Акмолинская обл., п. Шортанды
E-mail: volobaevavera85@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-9216-7366;
Жирнова Ирина Александровна, PhD, заведующий лабораторией Генетических ресурсов зерновых культур, ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева», Казахстан, Акмолинская обл., п. Шортанды
E-mail: ira777.89@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-17168793.

Аннотация. *Введение.* Представлен исторический экскурс по созданию полезащитных лесных полос на территории Научно-производственного центра зернового хозяйства им. А.И. Бараева Акмолинской области. Определяется значение ветрозащитных лесополос в улучшении экологической обстановки в регионе сухой степи. Это выражается в создании микроклимата, снижении ветровой нагрузки, интенсивном снегонакоплении, уменьшении водной эрозии, увеличении запасов продуктивной влаги, что в конечном итоге способствует увеличению урожайности возделываемых культур. *Цель исследования:* установить степень влияния полезащитной лесополосы на уровень продуктивности различных зерновых культур. Оценить степень отзывчивости различных культур и сортов на улучшение условий произрастания и определить их потенциальную продуктивность. Ускорить размножение наиболее ценных и перспективных сортов, путем организации их оригинального семеноводства в благоприятных условиях. *Материалы и методы.* Опыты по оценке влияния микроклимата защитных лесополос проведены на трех культурах: яровой мягкой пшенице, гречихе и просу. Питомники изучения заложены по типу конкурсного сортоиспытания на делянках площадью 25м2 в 4-х кратной повторности. *Результаты и обсуждение.* На примере увеличения урожайности яровой мягкой пшеницы, гречихи и проса показана высокая эффективность возделывания зерновых культур в полезащитных лесополосах. Так продуктивность лучших образцов яровой мягкой пшеницы в условиях обычного богарного возделывания составила 24,4–28,8 ц/га, гречихи 17,8–19,4 ц/га, проса 20,9–22,5 ц/га. Соответственно урожайность при выращивании в лесополосах составила по пшенице 37,8–53,9 ц/га, гречихе 22,1–25,1 ц/га, просу 26,5–28,2 ц/га. *Выводы.* Несмотря на постоянное проявление атмосферной и почвенной засухи на протяжении трех лет испытания установлено положительное влияние полезащитных лесополос на уровень продуктивности выращиваемых культур. Фон выращивания оказывал значительное влияние на урожайность контрольных сортов и селекционных линий. Использование двух фонов изучения позволяет дать на этапе конкурсного сортоиспытания объективную оценку селекционному материалу по степени засухоустойчивости, отзывчивости на улучшение условий роста и развития, пластичности. Кроме этого, благоприятный микроклимат позволяет значительно увеличить коэффициент размножения семян дефицитных и перспективных сортов, а также оптимизировать схемы оригинального и первичного семеноводства. Область использования результатов – полезащитное лесоразведение, полеводство, растениеводство.

Ключевые слова: полезащитная лесная полоса, главная порода, сопутствующая порода, кустарник, пшеница, просо, гречиха, урожайность

Для цитирования: Коберницкий М.В., Савин Т.В., Коберницкий В.И., Волобаева В.А., Жирнова И.А. (2026). Влияние полезащитных лесных полос на урожайность культур степной зоны Акмолинской области // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 69–80. https://doi.org/10.37884/5-2026/06 [In Russ.].

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарность. *Представленная работа выполнена в рамках Программно-целевого финансирования 2024–2026 года Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан BR24892821 «Селекция и первичное семеноводство зерновых культур для повышения потенциала продуктивности, качества и стрессоустойчивости в различных почвенно-климатических зонах Казахстана». Авторы выражают благодарность сотрудникам отдела зерновых и крупяных культур, оказавших содействие в выполнении представленных исследований.*

Введение.

Разработка планов по созданию полезащитных лесных полос с целью развития народного хозяйства для борьбы с засухами, пыльными бурями, суховеями, развертыванию оросительных систем в южных и степных регионах территории бывшего Союза начата еще в 40-х годах XX века. Осуществление этих планов должно было способствовать получению устойчивых урожаев и гарантированного продовольственного обеспечения независимого от погодных изменений. Даже частичная реализация запланированных мероприятий оказала положительное влияние на сельскохозяйственное производство и экологическое состояние внешней среды [Сарсекова и др.,2024: 295–304; Smagulov, 2021: 279–296].

Отмечается исключительно действенная роль лесных насаждений в повышении урожаев сельскохозяйственных культур. Это положение актуально как для участков естественного произрастания, так и для искусственно созданных лесных полос [Бочкарев и др., 2025: 41–49; Васильченко, Звягин, Петрова, 2020: 9–15; Huiliang и др., 2022].

Степень влияния лесозащитных лесных полос на развитие агроландшафтов особенно значима для степных регионов [Замиусская и др., 2021: 15–19; Савенкова и др., 2020: 74–83], так как для них характерны засухи, пыльные бури, летние суховеи, приносящие сельскому хозяйству значительный ущерб. Отрицательным фактом также является снижение плодородия почвы, смыв гумусового слоя, водоэрозионные процессы.

Вопросам сохранения почвенного плодородия под влиянием полезащитных лесных полос посвящен цикл научных работ, выполненных в различных почвенно-климатических зонах Республики Казахстан и за ее пределами [Sarsekova и др., 2021: 99–108; Конищева и др., 2021: 124–126; Трещевская и др., 2025: 22–39].

Пространственное размещение, конструкционные особенности, структура, густота посадки, ширина полос и междурядий, способность к снегонакоплению, уменьшение скорости ветрового потока отмечены в большом количестве современных исследований [Yapiyev и др., 2020; Примаков, 2021: 54–77; Шинкаренко, 2022: 65–79].Для совершенствования способов и схем создания лесозащитных насаждений необходимо изучать природные, климатические, экономические факторы и специфику соответствующих территорий [Романовская, 2023: 780–792; Савенкова и др., 2020: 57–67; Байшоланов и др., 2024].

Экологические аспекты искусственного лесоразведения и их положительное влияние на агроландшафты отражены в работах [Шевердина и др., 2023: 18–27; Driscoll et al, 2024]. Создание лесополос является частью комплекса мероприятий, направленных на ослабление негативных природных явлений и высокоэффективным средством защиты сельскохозяйственных посевов. Благоприятный микроклимат способствует положительным изменениям экологической обстановки.

В острозасушливых условиях степной зоны природные условия для выращивания леса крайне неблагоприятны. Малое количество осадков, сухая и короткая весна, жаркое и засушливое лето с суховейными ветрами, суровая зима с сильными морозами слабым снежным покровом требуют особого внимания для способов и методов выращивания леса, ограничивают выбор лесных пород и кустарников, обеспечивающих хорошую приживаемость древесных пород, их интенсивный рост и быстрое создание эффективно действующих полезащитных лесополос.

В регионе распространения темно-каштановых, светло-каштановых почв и южных карбонатных черноземов предпочтение по быстроте роста, засухоустойчивости, и солевыносливости имеют следующие породы: вяз мелколистный, клен татарский, тополь бальзамический или сибирский. В качестве сопутствующих пород применяются вяз обыкновенный, береза, яблоня. Из кустарников хорошо приживаются жимолость татарская, смородина золотистая, лох, ирга, тамариск и желтая акация. В рассматриваемых нами лесопосадках в качестве основной и главной породы используется тополь бальзамический *(Populus balsamifera L),* сопутствующей породой служит вяз мелколистный *(Ulmus*

pumila), кустарники представлены акацией желтой *(Caragána arboréscens),* рисунок 1.

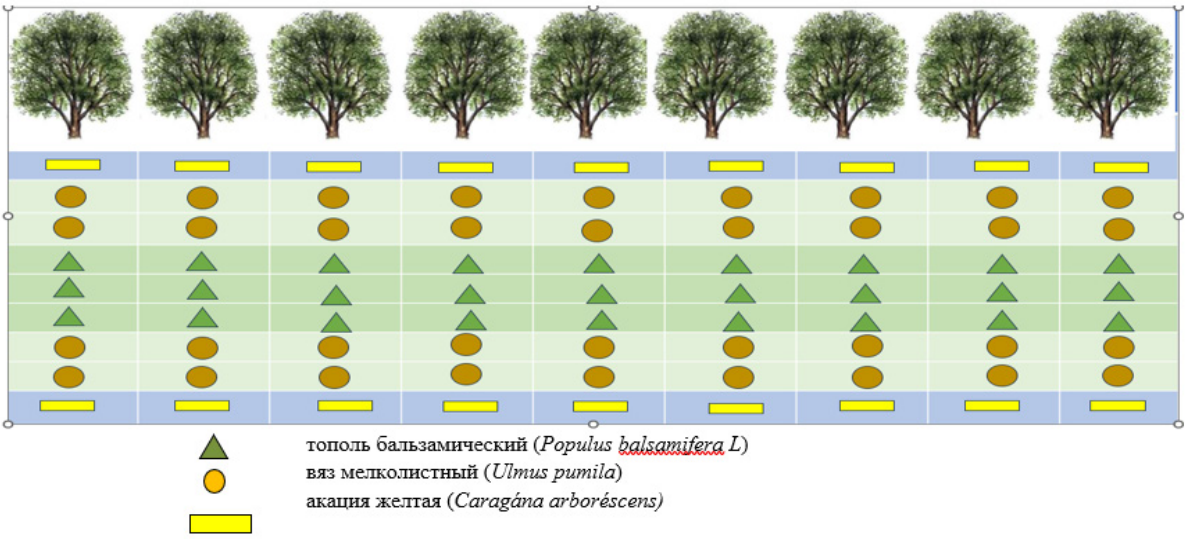


Рис. 1. Структура полезащитной лесополосы
[Fig. 1. The structure of the protective forest belt]

Развитие лесонасаждений крайне необходимо для озеленения населенных пунктов степного региона области. Это будет способствовать нормализации экологической обстановки и условий проживания. Для преодоления негативного влияния климатических факторов при возделывании сельскохозяйственных культур возможным решением является создание искусственных полезащитных лесных полос, при помощи которых может создаваться микроклимат на ограниченных посевных площадях. Искусственные лесные защитные полосы могут служить защитой полевых и бригадных станов, применятся при создании и зарыблении прудов и водохранилищ для сохранения талых вод для производственных нужд в течение летнего периода. Также с их помощью могут быть созданы блоки накопители для полива овощных культур.

В направлении задач по осуществлению зеленого строительства в северном Казахстане тополь как быстрорастущая и перспективная культура находит широкое применение в защитном лесоразведении и общей лесокультуре. При адаптированной агротехнике и масштабном применении тополевые лесокультуры наиболее приемлемы и пригодны при облесении неудобных и малопригодных для земледелия земель. Наличие лесозащитных полос способствует предотвращению развития водной эрозии и образованию оврагов.

На территории Дамсинского сельского округа Акмолинской области выращиванию защитных лесных полос уделяется большое внимание. В предыдущие годы были созданы лесозащитные полосы вдоль железнодорожной магистрали, обсажены лесными массивами полеводческие бригады, водохранилище и территории жилых зон. Решением этих задач занималось специально созданное подразделение – группа Агролесомелиорации, которая в настоящее время реформирована в подразделение государственный службы «Жасыл Аймак».

Для возделывания ценных влаголюбивых культур путем создания микроклимата, организации селекционного процесса с ускоренными методами первичного семеноводства и определения потенциальной продуктивности яровой пшеницы, проса и гречихи. Создан полезащитный полигон с использованием лесных полос на площади 100 га. (рисунок 2)

Весь участок окаймлен со всех сторон полезащитной лесополосой из лиственных пород деревьев и кустарников. Общая площадь разбита на пять кварталов площадью от 15 до 23гектаров. Каждый квартал также отделен друг от друга лесозащитной полосой, состоящей из древесных и кустарниковых пород. Ширина защитных полос составляет 12,5–15,0 метров. Расположение лесозащитных полос с севера на юг, перпендикулярно господствующим западным и юго-западным ветрам. Длина обрабатываемых полос для посева сельскохозяйственных культур составляет 1300 метров. Ширина соответственно в зависимости от размера полос изменяется 110 до 180 метров.

Наличие ветрозащитных лесополос способствует обильному снегонакоплению в зимний период, для роста и развития культур благодаря этому формируются благоприятные условия. Кроме этого, полосы взрослого леса ограничивают отрицательное воздействие иссушающих суховейных ветров на

урожайность возделываемых сортов.



Рис. 2. Посевы культур в полезащитном полигоне.
[Fig. 2. crops in a protective landfill]

Немаловажное значение имеет и экологическая составляющая развития лесных насаждений в зоне сухой степи. Вдоль лесных полос высаживаются ягодные кустарники. В посадках начинают гнездиться дикие голуби, куропатки. Появились различные животные: зайцы, косули, барсуки.

Материалы и методы.

По каждой культуре высевались стандартные сорта и перспективные линии. Норма высева образцов 3,0 млн. всхожих зерен на гектар. Сроки посева 25-30 мая, в зависимости от складывающихся погодных условий. Для сравнения аналогичный набор культур и сортов испытывался также на богарном фоне. Учет продуктивности, фенологические наблюдения, замеры и оценки велись согласно Методике Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур. Для оценки влияния метеорологических условий на состояние посевов возделываемых культур были использованы данные агрометеостанции (АМС п.Шортанды) собранные в течение летних месяцев за период май-август в 2021–2023гг. В качестве стандартов по яровой мягкой пшенице использованы сорта Астана, Акмола 2 и Шортандинская 95 улучшенная. По гречихе и просу контролем служили сорта Шортандинская крупнозерная и Шортандинское 7. Обработка почвы – плоскорежущими орудиями в течении вегетации, весеннее закрытие влаги боронами БИГ-3, предпосевная обработка сеялками СКП-2,1, посев селекционными дисковыми сеялками.

Кратко характеризуя годы проведения опытов отмечено, что в 2021 году при дефиците осадков и повышенных температурах наблюдалась острая почвенная и воздушная засуха. Наблюдались значительные перепады от жары к прохладной погоде. В период всходов при наличии запасов влаги в почве отмечено быстрое прорастание семян. Осадки июля и августа способствовали формированию высокого потенциала продуктивности. Лучшие селекционные образцы показали превышение урожайности над стандартами. В 2022году дефицит осадков и повышенные температуры воздуха отмечены начиная с апреля месяца. В мае было жарче на 3,2 градуса при недостатке осадков 15,5 мм. В июне было теплее на 1,9 градусов при дефиците осадков 17,3 мм. Значительные осадки июля позволили культурам сформировать хороший урожай. Отрицательным моментом оказалось затягивание периода вегетации на 10-15 дней, но сухая теплая погода способствовала качественной уборке зерна. В 2023году за три

весенних месяца март, апрель, май превышение фактической температуры воздуха над многолетними значениями изменялось от +0,2 до +6,5 градусов Цельсия. Сумма осадков за этот период составила 76,2 мм, 84 % которых выпали в апреле месяце, немного восполнив осенне-зимний дефицит влаги. Из-за экстремальных климатических условий (полное отсутствие осадков и высокие положительные температуры, достигающие 37–48 0С на протяжении более 60 дней) состояние посевов оценивалось как удовлетворительное. Количество выпавших осадков за период май-август составило всего 39,0 мм, при многолетних значениях 168,7мм – дефицит 129,7мм. Из трех лет наблюдений это были наиболее сложные условия для роста и развития растений, таблица 1.

Таблица 1. Метеорологические данные 2021-2023гг., АМС Шортанды

Месяц	Температура, 0С			Осадки, мм		
	фактическая	средне-многолетняя	отклонение	фактическая	средне-многолетняя	отклонение
2021 год						
Май	17,2	12,5	+4,5	12,1	32,4	-20,3
Июнь	18,4	18,3	+0,1	18,3	39,5	-21,2
Июль	20,4	19,9	+0,5	31,9	57,0	-25,1
Август	19,6	17,4	+2,2	37,8	39,8	-2,0
сумма, ср.	18,9	17,0	+1,9	125,1	168,7	-43,6
2022 год						
Май	15,7	12,5	+3,2	16,9	32,4	-15,5
Июнь	20,2	18,3	+1,9	22,2	39,5	-17,3
Июль	21,1	19,9	+1,2	52,9	57,0	-4,1
Август	17,2	17,4	-0,2	25,2	39,8	-14,6
сумма, ср.	18,6	17,0	+1,6	117,2	168,7	-51,5
2023 год						
Май	15,3	12,5	+2,8	2,5	32,4	-29,9
Июнь	24,4	19,9	+4,5	10,6	57,0	-46,4
Июль	20,0	18,3	+1,7	13,2	39,5	-26,3
Август	19,0	17,4	+1,6	12,7	39,8	-27,1
сумма, ср.	19,7	17,0	+2,7	39,0	168,7	-129,7

Для определения влияния микроклимата, созданного полезащитной лесополосой на уровень продуктивности различных культур проведено сравнительное изучение селекционных посевов, возделываемых на богаре и в условиях лесопосадки. Высевались питомники конкурсного сортоиспытания яровой мягкой пшеницы, гречихи и проса зернового направления. При исследовании использовался принцип единственного различия, которым служил агрофон выращивания. Контролем служил обычный богарный фон выращивания.

Результаты и обсуждение.

Территория Акмолинской области расположена в центре Республики, преимущественно в степной и сухостепной зонах, отличающихся резко континентальным климатом, сложным для возделывания различных сельскохозяйственных культур. Зима продолжительная, малоснежная очень холодная. Средняя температура наиболее холодных месяцев января и февраля составляет минус 18–19 градусов Цельсия. Длина безморозного периода в среднем 110–115 дней. Летний период – сухой и жаркий. Сумма эффективных температур за период вегетации с мая по август составляет чуть более 2000 градусов. Среднегодовая норма осадков изменяется в пределах 200–350 мм. Кроме этого, характерной особенностью климата является сильная ветровая деятельность. В зимний период ветры выдувают снег с полей, что способствует сильному промерзанию почвы и, следовательно плохому впитыванию талых вод и проявлению эрозии. Особый вред ветры наносят весной в послепосевной период, когда верхний слой почвы иссушен, а поверхность не защищена растительным покровом. Результатом этого бывают пыльные бури, уносящие самый плодородный слой почвы. Отрицательное влияние ветров также проявляется в жаркое время, возникает атмосферная засуха, под воздействием ветра обезвоживаются ткани растений, нарушаются процессы обмена и метаболизма, возникают необратимые изменения, приводящие к остановке роста и гибели растений. Природные условия зоны крайне неблагоприятны и сложны для получения высоких и стабильных урожаев возделываемых культур. Для этой зоны ха-

рактерны незначительное промачивание почвы естественными осадками. В суровых условиях сухой степи необходимо применять систему мероприятий смягчающую негативное воздействие континентального климата. Одним из таких способов может служить создание эффективных полезащитных лесополос на небольших приспособленных участках рельефа.

При изучении показателей урожайности яровой пшеницы заметна разница между фонами выращивания. На паровом фоне она составила в 2021 году 25,0–43,7 ц/га, в 2022 году 37,8–53,9 ц/га, в 2023 году 20,6–30,8 ц/га. На богаре 2021год 24,4–29,0 ц/га, 2022 год 19,4–24,6 ц/га, в 2023 году 12,3–17,2 ц/га. Яровая пшеница имеет огромный потенциал при современных высоких технологиях возделывания (таблица 2).

Таблица 2. Показатели урожайности яровой пшеницы

Образец	Урожайность ц/га, богара				Урожайность ц/га, лесополоса				
	2021г.	2022г.	2023г.	среднее	2021г.	2022г.	2023г.	среднее	
Астана St	25,3	19,5	17,2	20,7	39,2	39,0	24,2	34,1	13,4
342/08	28,6	22,1	16,4	22,4	40,8	46,7	30,8	39,4	17,0
233/10	28,4	24,2	17,7	23,4	43,7	46,1	30,2	40,0	16,6
Шортанд.2012	24,4	22,8	12,3	19,8	37,9	53,9	24,4	38,7	18,9
Акмола 2 St	26,7	21,0	13,7	20,5	38,3	47,9	27,3	37,8	17,3
241/14	27,9	23,5	15,1	22,2	32,6	37,8	20,6	30,3	8,1
189/14	29,0	22,3	14,3	21,9	37,2	48,2	27,1	37,5	15,6
182/14	28,8	24,6	16,1	23,2	39,3	46,4	28,5	38,1	14,9
Шортанд. 2014	25,9	19,4	13,5	19,6	43,5	49,0	29,4	40,6	21,0
Шортанд.95 ул.	24,8	21,8	12,3	19,6	25,0	52,6	27,3	35,0	15,4
среднее	27,0	22,1	14,9	21,3	37,8	46,8	27,0	37,2	15,9

По культуре гречихе средняя урожайность на фоне лесополосы составила 19,2 ц/га, на богаре 14,2 ц/га, при среднем значении в 2021 году лесополоса 24,2 ц/га, богара 17,3 ц/га, 2022 год 23,5 и 18,8 ц/га, 2023 год 9,8 и 6,6 ц/га. Учитывая биологические особенности, внешние условия произрастания, у культуры есть огромные перспективы в плане повышения роста урожайности (таблица 3).

Таблица 3. Продуктивность гречихи по фонам выращивания

Образец	Урожайность ц/га, богара				Урожайность ц/га, лесополоса				+- ц/га
	2021г.	2022г.	2023г.	среднее	2021г.	2022г.	2023г.	среднее	
Шортандинская крупнозерная (стандарт)	16,4	17,8	6,8	13,7	24,1	23,1	9,8	19,0	5,3
Р 149-92	16,8	19,4	7,6	14,6	24,6	23,2	10,4	19,4	4,8
29/95	18,1	18,9	6,5	14,5	23,5	25,1	10,8	19,8	5,3
3/96-12	17,5	19,2	6,2	14,3	22,6	24,0	9,6	18,8	4,5
Р 202-92	17,8	19,4	6,6	14,6	25,1	23,3	9,2	19,2	4,6
Р 189-92	16,9	18,8	5,9	13,9	24,4	22,1	9,7	18,7	4,8
Р 112-94	17,3	18,4	6,3	14,0	25,1	23,6	8,9	19,2	5,2
среднее	17,3	18,8	6,6	14,2	24,2	23,5	9,8	19,2	5,0



Рис. 3. Посевы сортов гречихи для изучения.

[Fig. 3. Crops of buckwheat varieties for study]



Рис. 4. Посевы проса в полезащитной полосе.

[Fig. 4. Millet crops in the protective zone]

Средняя урожайность по просу варьирует в пределах 8,1–21,7 ц/га на богаре и 12,2–30,9 ц/га в лесополосе. Разница урожайности высокопродуктивных линий проса между фонами возделывания составляет 8,1 ц/га. В 2021 году на богаре урожайность варьировала в пределах 20,9–22,6 ц/га, в лесополосе 26,3–34,9 ц/га, превышение было в 1,4 раза. В 2022 году средняя урожайность составила 27,4 ц/га на паровом фоне и 16,3 ц/га на богаре, следовательно 1,6 раз. В 2023 году превышение составило в 1,5 раза (таблица 4).

Таблица 4. Сравнительная урожайность проса

Образец	Урожайность ц/га, богара				Урожайность ц/га, лесополоса				
	2021г.	2022г.	2023г.	среднее	2021г.	2022г.	2023г.	среднее	
Шортандинское 7, st.	22,5	16,5	7,8	15,6	26,3	26,9	12,8	22,0	6,4
80/56-16	21,8	16,1	8,5	15,5	30,6	27,3	13,4	23,8	8,3
77 2004	21,1	16,4	8,2	15,2	34,9	26,5	12,0	24,5	9,3
24/84-15	20,9	17,2	7,9	15,3	31,7	28,2	11,1	23,7	8,4
70/89-3	22,6	16,5	8,1	15,7	32,5	27,4	11,2	23,7	8,0
53/86-9	21,2	16,2	8,0	15,1	30,9	27,6	12,4	23,6	8,5
73/89-6	21,8	15,2	7,9	15,0	29,7	27,9	12,5	23,4	8,4
среднее	21,7	16,3	8,1	15,4	30,9	27,4	12,2	23,5	8,1

Выводы.

Многолетнее изучение полезащитных лесополос с набором различных сельскохозяйственных культур позволило оценить влияние микроклимата, создаваемого полосами взрослого леса и кустарниками на урожайность яровой мягкой пшеницы, гречихи и проса. Набор сортов каждой культуры был изучен по типу конкурсного сортоиспытания и состоял из стандартных сортов и перспективных селекционных линий. В качестве эталонных сортов использованы по яровой мягкой пшенице – сорта Астана и Акмола 2, гречихе – Шортандинская крупнозерная, просу Шортандинское 7. Площадь делянки 25 м2, повторность 4-х кратная. Аналогичный набор изучаемого материала для сравнения высевался на обычном богарном фоне. За все три года изучения наблюдалась летняя засуха различной степени интенсивности, выражавшаяся в дефиците атмосферных осадков и превышении положительных температур по сравнению с многолетними погодными показателями. Наиболее сложные погодные условия сложились в 2023 году, что привело к снижению урожайности культур и образцов на обоих фонах изучения. Однако, несмотря на сложные погодные условия, отмечено общее положительное влияние полезащитного фона на урожайность. По яровой мягкой пшенице на богарном фоне средняя продуктивность за три года составила 21,3 ц/га, при испытании в лесополосах – 37,2 ц/га. Общая прибавка по опыту составила 15,9 ц/га. Прибавка по сортам изменялась в пределах от 8,1 до 21,0 ц/га. По гречихе средний уровень урожайности на богаре составил 14,2 ц/га, в полезащитных лесополосах – 19,2 ц/га. Прибавка урожайности по образцам изменялась от 4,5 до 5,3 ц/га. По культуре проса продуктивность на богаре изменялась от 15,0 до 15,7 ц/га, в лесополосе от 22,0 до 24,5ц/га и в среднем составила 23,5 ц/га. Прибавка от использования лучшего фона изменялась в пределах от 6,4 до 9,3 ц/га. В целом наибольшую продуктивность в различных условиях выращивания показала яровая мягкая пшеница: богара – 21,3ц/га, лесополосы – 37,2 ц/га. Следующими по продуктивности оказались просо – 15,4–23,5 ц/га и гречиха – 14,2–19,2 ц/га соответственно. В процессе изучения различных культур установлены различные нормы реакции сортов и линий на изменение условий произрастания. В условиях богарного возделывания самую высокую продуктивность за годы изучения показали линии пшеницы 233/10 и 182/14 с показателями 23,4 и 23,2 ц/га соответственно. В условиях лесополосы выделился перспективный сорт Шортандинская 2014 и номер 233/10 с урожайностью 40,6 и 40,0 ц/га. Селекционная линия 233/10 отличилась стабильно высокой продуктивностью на различных фонах изучения со средним показателем 31,7 ц/га. По культуре гречихи следует отметить линии Р149–92, 29/95 и Р202–92 с урожайностью на богаре 14,6, 14,5, 14,6 ц/га и 19,4, 19,8, 19,2 ц/га на полезащитном фоне соответственно. Вероятно, что на продуктивность линий гречихи могла повлиять излишне сформированная фитомасса, приведшая к уменьшению показателей выхода зерновой части. При изучении проса установлено, что лучшими по продуктивности на богарном фоне оказались линии 80/56–16 (15,5 ц/га) и 70/89–6 (15,7 ц/га). В условиях защитной лесополосы высокопродуктивной также была линия 80/56–16 (23,8 ц/га) и линия 77 2004 (24,5 ц/га). По изменению степени отзывчивости генотипов на изменение условий

среды можно судить о принадлежности к интенсивному или полуинтенсивному использованию будущих сортов. Необходимо продолжить изучение созданных линий на предмет изменения норм высева и использования различных доз удобрений.

Таким образом, использование быстрорастущих лиственных пород тополя бальзамического и вяза мелколистного в качестве главной и сопутствующей породы, а также кустарника акации желтой для полезащитного лесоразведения наиболее приемлемо с точки зрения их долголетия. Использование этих пород позволяет создавать биологически здоровые, долговечные и продуктивные насаждения, приспособленные к местному климату. Использование полезащитных лесополос позволяет эффективно осваивать малопригодные земли для производства продукции, снижает риск водной эрозии, образование оврагов и промоин. Созданный фон пригоден для изучения потенциальной продуктивности новых селекционных сортов, позволяет применять новые схемы семеноводства за счет высокого коэффициента размножения семян ценных и перспективных сортов. Благоприятные условия созданного микроклимата способствуют повышению урожайности яровой мягкой пшеницы, рапса, гречихи, проса и ячменя в 1,4–2,1раза. В целом, озеленение степных регионов способствует повышению эффективности сельскохозяйственного производства, улучшению экологической обстановки, путем создания зеленых поясов для смягчения воздействия резко-континентального климата. Резюмируя вышесказанное необходимо отметить положительные стороны воздействия лесозащитных насаждений на урожайность выращиваемых культур, сохранение почвенной и атмосферной влаги, озеленение населенных пунктов, создание благоприятного микроклимата, улучшения экологической обстановки в целом. Однако, для ухода и сохранения созданных в 70-80-х годах XX века лесных насаждений и выращивания новых лесных массивов требуется государственная финансовая поддержка.

REFERENCES

Bochkarev, N.P., Kudryavtsev, M.A., Lobanov, I.I., Vavilin, D.A. & Surodeev, M.S. (2025). Sravnitel'nyi analiz vliyaniya nasazhdenii i vetrozashchitnykh polos na sostoyanie agrogeosistem na primere Belgorodskoi oblasti [Comparative analysis of the influence of plantations and windbreaks on the state of agrogeosystems using the Belgorod Region as an example]. Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki, 19(2), 41–49. https://doi.org/10.31161/1995-0675-2025-19-2-41-49 [in Russ.]

Baisholanov, S., Akshalov, K., Mukanov, Y., Zhumabek, B. & Karakulov, E. (2024). Agro-climatic zoning of the territory of Northern Kazakhstan for zoning of agricultural crops under conditions of climate change. Climate, 13(1), 3. https://doi.org/10.3390/cli13010003

Cheverdina, Y., Bespalova, V. & Titova, V. (2023). Changes in parameters of effective soil fertility in the Kamennaya Steppe under the effect of forest shelter belts allocated to various landscapes // Moscow University Soil Science Bulletin, 78(Suppl. 1), 18–27. https://doi.org/10.3103/S0147687423060030

Driscoll, E. & de Beurs, K. (2024). Using satellite imagery to track the development of the Green Belt of Astana, Kazakhstan: A remote sensing perspective on artificial forestry development. Remote Sensing Applications: Society and Environment, 38(3), 101543. https://doi.org/10.1016/j.rsase.2025.101543

Huiliang, L., Yongdong, W., Shengyu, L., Aikedai, A. & Haifeng, W. (2022). Efficiency of various shelterbelt configurations: A wind tunnel study. Atmosphere, 13(7), 1022. https://doi.org/10.3390/atmos13071022

Konishcheva, A.V. & Klochkova, N.L. (2021). Lesozashchitnye polosy, ikh rol' v sokhranenii plodorodiya, vidy i naznachenie [Protective forest belts, their role in preserving soil fertility, types and purposes] // Sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «World Science: Problems and Innovations». Penza, 124–126. [in Russ.]

Vasil'chenko, N.I., Zvyagin, G.A. & Petrova, A.A. (2020). Vliyanie polezashchitnykh lesopolos na osnovnye pokazateli plodorodiya chernozemov yuzhnogo Severnogo Kazakhstana [The influence of field-protective forest belts on the main fertility indicators of chernozems in southern Northern Kazakhstan] // Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva, 1, 9–15. https://doi.org/10.36508/RSATU.2020.45.1.002 [in Russ.]

Primakov, N.V. (2021). Vliyanie polezashchitnykh lesnykh polos na mikroklimat i strukturu agrolandshaftov [The influence of field-protective forest belts on the microclimate and structure of agricultural landscapes] // Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University, 11(3), 54–77. https://doi.org/10.31774/2712-9357-2021-11-3-54-77 [in Russ.]

Romanovskaya, Yu.A. (2023). Dinamika ekosistem lesozashchitnykh polos v zasushlivykh regionakh [Dynamics of forest shelterbelt ecosystems in arid regions] // Izvestiya Rossiiskoi akademii nauk. Seriya geograficheskaya, 87(4), 780–792. https://doi.org/10.31857/S2587556623040118 [in Russ.]

Savenkova, I.V. & Pashkov, S.V. (2020). Sovremennoe sostoyanie zashchitnykh lesopolos Severnogo Kazakhstana [Current state of protective forest belts in Northern Kazakhstan]. Vestnik MGPU. Seriya «Estestvennye nauki», 1(37), 57–67. https://doi.org/10.25688/2076-9091.2020.37.1.7 [in Russ.]

Sarsekova, D.N., Kentbaev, E.Zh. & Danchenko, M.A. (2024). Monitoring polezashchitnykh lesnykh polos na sel'skokhozyaistvennykh ugod'yakh Akmolinskoi oblasti i modelirovanie prudov-nakopitelei talykh vod [Monitoring of field-protective forest belts on agricultural lands in Akmola Region and modeling of meltwater storage ponds]. Research, Results, 2(102), 295–304. https://doi.org/10.52578/2305-9397-2025-2-3-35-47 [in Russ.]

Shinkarenko, S.S. (2022). Sravnitel'nyi analiz sokhrannosti gosudarstvennykh zashchitnykh i polezashchitnykh lesnykh polos [Comparative analysis of the preservation status of state-protected and field-protective forest belts] // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie, 4(68), 65–79. https://doi.org/10.32786/2071-9485-2022-04-08 [in Russ.]

Sarsekova, D., Perzadayeva, A., Kitaibekova, S. & Ayan, S. (2021). Recommendations for sustainable greening of urbanized ecosystems in dry-steppe zones of Akmola Region, Kazakhstan // Alinteri Journal of Agricultural Sciences, 36(1), 99–108. https://doi.org/10.47059/alinteri/V36I1/AJAS21016

Smagulov, Y.N. (2021). Spatial differentiation of the impact of climate change on agriculture in Akmola Oblast. Arid Ecosystems, 11, 279–286. https://doi.org/10.1134/S2079096121030124

Treshchevskaya, E.I., Tikhonova, E.N. & Golyadkina, I.V. (2025). Zashchitnye lesnye polosy kak sostavnaya chast' meropriyatii po biologicheskoi rekul'tivatsii tekhnogenno narushennykh zemel' [Protective forest belts as an integral part of biological reclamation measures for technologically disturbed lands]. Biosfera, 17(2), 22–39. https://doi.org/10.21266/2079-4304.2025.252.22-39 [in Russ.]

Yapiyev, V., Skrzypek, G., Verhoef, A., Macdonald, D. & Sagin, Z. (2020). Between boreal Siberia and arid Central Asia–Stable isotope hydrology and water budget of Burabay National Nature Park ecotone (Northern Kazakhstan) // Journal of Hydrology: Regional Studies, 27, 100644. https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100644

Zamiusskaya, E.V., Koza, V.A. & Kramareva, T.N. (2021). Sostoyanie polezashchitnykh polos v usloviyakh stepnoi zony Voronezhskoi oblasti [The state of field-protective forest belts under the conditions of the steppe zone of the Voronezh Region]. Materialy Vserossiiskoi molodezhnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Sovremennye problemy ekologii zhivotnogo i rastitel'nogo mira», 15–19. https://doi.org/10.34220/MPEAPW2021_ [in Russ.]

Вклад авторов

Коберницкий М.В. – концептуализация, методология, анализ и обработка экспериментальных данных, интерпретация результатов и подготовка научной статьи.

Савин Т.В. – руководство исследованием, проведение полевых и лабораторных опытов, подготовка научного материала.

Коберницкий В.И. – руководство исследованием, проведение полевых и лабораторных опытов, анализ и обработка экспериментальных данных, подготовка материала.

Волобаева В.А. – методология, визуализация, ресурсы, создание черновика рукописи.

Жирнова И.А. – проведение полевых и лабораторных исследований, анализ и обработка экспериментальных данных.

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 81–96
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/07
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 68.05.31; 68.05.43; 68.05.39

A. Naushabayev[1], T. Vassilina[1]*, N. Seitkali[1], A. Balgabayev[1], Donwei Guo[2]
[1]Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan;
[2]Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi, China.
E-mail: v_tursunai@mail.ru

THERMODYNAMIC MODELING OF SOLONETZ PASTURES IN THE AKMOLA REGION TO DETERMINE THE ROLE OF MAGNESIUM IN THE PROCESS OF PEDOGENESIS AND SOLONETZIZATION

Naushabayev Askhat, Associate Professor, Department of Soil Science, Agrochemistry and Ecology, PhD, Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: askhat.naushabayev@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0000-0001-8291-265X;
Vassilina Tursunay, Associate Professor, Department of Soil Science, Agrochemistry and Ecology, PhD, Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: v_tursunai@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-0554-9839;
Seitkali Nurzkhan, PhD, Department of Soil Science, Agrochemistry and Ecology, Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: nurzikhan.seitkali@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0000-0003-0942-8188;
Balgabayev Alimbay, Candidate of Agricultural Sciences, Member of the Academy of Agricultural Sciences of the Republic of Kazakhstan, Department of Soil Science, Agrochemistry and Ecology, Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: alimbai@bk.ru;
Dongwei Guo, Associate professor, College of Agronomy, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi, China
E-mail: gdwei@nwsuaf.edu.cn, https://orcid.org/0000-0003-1908-5393.

Abstract. *Introduction.* In the steppe zone of the Akmola region, low-sodium, magnesium-rich solonetz and solonetzic soils are widespread in the chestnut soil subzone. These soils are currently subject to anthropogenic degradation due to conversion to arable land. They are characterized by unfavorable hydrophysical properties, similar to classic solonetz soils. However, their solonetzic horizon B1 has low sodium and significant magnesium content. The role of magnesium in soil geochemical processes of salinization and solonetzization in the steppe zone remains insufficiently studied and has not been quantitatively substantiated. *Materials and Methods.* Therefore, thermodynamic modeling was conducted in this study to elucidate the processes of magnesian pedogenesis and solonetzization. *Results and Discussion.* A study of the aMg/aCa ion ratio revealed that the solonetzic horizon of pasture solonetz soils exhibits pronounced magnesium-rich soil solution and exchange complexes, leading to structural deterioration. *Conclusion.* The obtained results provide a theoretical basis for developing a strategy for the reclamation and restoration of solonetz soils in the steppe zone which are subject to anthropogenic degradation.

Keywords: semiarid zone, solonetz soils, magnesium, degradation, pedogenesis, geochemistry, solonetzization process, thermodynamic modeling

For citation: Naushabayev A., Vassilina T., Seitkali N., Balgabayev A., Dongwei G. (2026). Thermodynamic modeling of solonetz pastures in the Akmola region to determine the role of magnesium in the process of pedogenesis and solonetzization // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 81–96. https://doi.org/10.37884/5-2026/07 [In Eng.].

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Acknowledgements: *This work was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP26101627). The authors express their deep gratitude to the anonymous reviewers for their review of the manuscript and valuable comments.*

А. Наушабаев[1], Т. Василина[1*], Н. Сейткали[1], А. Балгабаев[1], Donwei Guo[2]
[1]Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан;
[2]Northwest A&F University, Янлин, Шэньси провинциясы, Қытай.
E-mail: v_tursunai@mail.ru

АҚМОЛА ОБЛЫСЫНЫҢ ЖАЙЫЛЫМДЫҚ СОРТАҢ ТОПЫРАҚТАРЫНДА МАГНИЙДІҢ ТОПЫРАҚ ТҮЗІЛУ ЖӘНЕ СОРТАҢДАНУ ҮДЕРІСТЕРІНДЕГІ РӨЛІН АНЫҚТАУ МАҚСАТЫНДАҒЫ ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ

Наушабаев Асхат Хамитович, Топырақтану, агрохимия және экология кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: askhat.naushabayev@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0000-0001-8291-265X;
Василина Турсунай Кажымуратовна, Топырақтану, агрохимия және экология кафедрасының қауымдастырылған профессоры, PhD, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: v_tursunai@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-0554-9839;
Сейткали Нурзихан, PhD, Топырақтану, агрохимия және экология кафедрасы, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: nurzikhan.seitkali@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0000-0003-0942-8188;
Балгабаев Алимбай Мадибекович, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, ҚР Ауыл шаруашылығы ғылымдары академиясының академигі, Топырақтану, агрохимия және экология кафедрасы, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: alimbai@bk.ru;
Dongwei Guo, Агрономия факультетінің қауымдастырылған профессоры, Солтүстік-Батыс ауыл және орман шаруашылығы университеті (Northwest A&F University), Янлин, Шэньси провинциясы, Қытай
E-mail: gdwei@nwsuaf.edu.cn, https://orcid.org/0000-0003-1908-5393.

Аннотация. *Kipicne.* Ақмола облысының дала аймағындағы қара-қоңыр топырақтар таралған белдеме натрий мөлшері төмен, магнийге бай сортаң және сортаңданған топырақтар кең таралған. Қазіргі уақытта бұл топырақтар егістік мақсатында жыртылуына байланысты антропогендік деградацияға ұшырауда. Олар классикалық сортаң топырақтарға тән қолайсыз гидрофизикалық қасиеттермен сипатталады. Алайда олардың В1 сортаңды горизонты натрийдің төмен мөлшерімен және магнийдің жоғары мөлшерімен ерекшеленеді. Дала аймағындағы топырақтардың тұзденуы мен сортаңдануының геохимиялық үдерістеріндегі магнийдің рөлі жеткілікті зерттелмеген және сандық тұрғыдан негізделмеген. *Материалдар мен әдістер.* Осыған байланысты зерттеуде топырақ түзілу және сортаңдану үдерістеріндегі ролін анықтау мақсатында термодинамикалық модельдеу жүргізілді. *Нәтижелер мен талқылау.* aMg/aCa иондарының арақатынасын зерттеу жайылымдық сортаң топырақтардың сортаңды горизонтында топырақ ерітіндісі мен топырақтың сіңіру кешенінде магнийдің айқын басым екенін көрсетті, бұл жағдай топырақ құрылымының нашарлауына әкеледі. *Қорытынды.* Алынған нәтижелер антропогендік деградацияға ұшыраған дала аймағының сортаң топырақтарын мелиорациялау және қалпына келтіру стратегиясын әзірлеудің теориялық негізін қалайды.

Түйінді сөздер: жартылай құрғақ аймақ, сортаң топырақтар, магний, деградация, топырақ түзілу, геохимия, сортаңдану үдерісі, термодинамикалық модельдеу

Дәйексөз үшін: Наушабаев А.А., Василина Т.К., Сейтқали Н., Балғабаев Ә., Donwei Guo (2026). Ақмола облысының жайылымдық сортаң топырақтарында магнийдің топырақ түзілу және сортаңдану үдерістеріндегі рөлін анықтау мақсатындағы термодинамикалық модельдеу // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 81–96. https://doi.org/10.37884/5-2026/07 [In Eng.].

Мүдделер қақтығысы: авторлар мүдделер қақтығысының жоқ екенін мәлімдейді.

Алғыс білдіру. *Зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің қолдауымен (AP26101627 гранты) орындалды. Авторлар қолжазбаны қарастырып, құнды пікірлер*

берген анонимді рецензенттерге шынайы алғыстарын білдіреді.

А. Наушабаев[1], Т. Василина[1]*, Н. Сейткали[1], А. Балгабаев[1], Donwei Guo[2]
[1]Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан;
[2]Northwest A&F University), Янлин, провинция Шэньси, Китай.
E-mail: v_tursunai@mail.ru

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПАСТБИЩНЫХ СОЛОНЦОВ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РОЛИ МАГНИЯ В ПРОЦЕССАХ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ И ОСОЛОНЦЕВАНИЯ

Наушабаев Асхат Хамитович, ассоциированный профессор кафедры Почвоведение, агрохимия и экология, PhD, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан
E-mail: askhat.naushabayev@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0000-0001-8291-265X;
Василина Турсунай Кажымуратовна, ассоциированный профессор кафедры Почвоведение, агрохимия и экология, PhD, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан
E-mail: v_tursunai@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-0554-9839;
Сейткали Нурзихан, PhD, Почвоведение, агрохимия и экология, PhD, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан
E-mail: nurzikhan.seitkali@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0000-0003-0942-8188;
Балгабаев Алимбай Мадибекович, кандидат сельскохозяйственных наук, Академик АСХН РК, кафедра Почвоведение, агрохимия и экология, PhD, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан
E-mail: alimbai@bk.ru;
Dongwei Guo, ассоциированный профессор факультета агрономии Северо-Западного университета сельского и лесного хозяйства (Northwest A&F University), Янлин, провинция Шэньси, Китай
E-mail: gdwei@nwsuaf.edu.cn, https://orcid.org/0000-0003-1908-5393.

Аннотация. *Введение.* В степной зоне Акмолинской области в подзоне каштановых почв широко распространены малонатриевые магнийсодержащие солонцы и солонцеватые почвы. В настоящее время эти почвы подвергаются антропогенной деградации вследствие их распашки. Они характеризуются неблагоприятными гидрофизическими свойствами, сходными с классическими солонцами. Однако их солонцовый горизонт В1 отличается низким содержанием натрия и значительным содержанием магния. Роль магния в геохимических процессах засоления и осолонцевания почв степной зоны остается недостаточно изученной и количественно не обоснованной. *Материалы и методы.* В связи с этим в настоящем исследовании было проведено термодинамическое моделирование для выяснения процессов магниевого почвообразования и осолонцевания. *Результаты и обсуждение.* Исследование соотношения ионов aMg/aCa показало, что солонцовый горизонт пастбищных солонцов характеризуется выраженным преобладанием магния в почвенном растворе и поглощающем комплексе, что приводит к ухудшению структуры почвы. *Заключение.* Полученные результаты создают теоретическую основу для разработки стратегии мелиорации и восстановления солонцовых почв степной зоны, подверженных антропогенной деградации.

Ключевые слова: полузасушливая зона, солонцовые почвы, магний, деградация, почвообразование, геохимия, процесс осолонцевания, термодинамическое моделирование

Для цитирования: Наушабаев А.А., Василина Т.К., Сейткали Н., Балгабаев А.М., Dongwei Guo (2026). Термодинамическое моделирование пастбищных солонцов Акмолинской области для определения роли магния в процессах почвообразования и осолонцевания // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 81–96. https://doi.org/10.37884/5-2026/07 [In Eng.].

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарности. *Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP26101627). Авторы выражают искреннюю благодарность анонимным рецензентам за рассмотрение рукописи и ценные замечания.*

Introduction.

Soil salinization is a major cause of declining agricultural productivity in many arid and semi-arid regions of the world [Qadir et al., 2000: 501–521]. According to the FAO Salt-Soil Map, it covers 8 5 % of the world's land area or more than 424 million hectares of topsoil (0–30 cm) and 833 million hectares of subsoil (30–100 cm) are affected by salinization [Global Map of Salt Affected Soils, 2021]. Among these saline solonetzic soils occupy a special place and are also widespread worldwide. The main areas of solonetzic soil distribution are in Ukraine, the Russian Federation, Kazakhstan, Hungary, Bulgaria, Romania, China, the USA, Canada, South Africa, Argentina and Australia [Miller & Brierley, 889–902]. The total area of solonetzic soils worldwide is approximately 135 million hectares. They are characterized by a dense structure and the presence of a clay horizon B where the proportion of adsorbed sodium is relatively high. Solonetz soils containing free soda (Na_2CO_3) have a highly alkaline reaction (pH> 8.5) [IUSS Working Group WRB, 2015]. In Kazakhstan, the main areas of solonetz soils and solonetzic soils are concentrated in the central and northern regions. According to the Agency for Land Management of the Republic of Kazakhstan solonetzic soils occupy 61.5 million hectares [Committee for Land Resources Management, 2023]. They were formed among the most fertile zonal soils of Northern Kazakhstan and in comparison with them are distinguished by very low fertility. In the Akmola region where the area of solonetz soils is about 3.2 million hectares, low-sodium solonetz soils and solonetzic soils are widespread. In the chernozem zone of Northern Kazakhstan, their area amounts to 0.528 million hectares [Mikhailichenko, 1979]. They, like all solonetz soils, have poor water-physical and physicomechanical properties but in their dense and clayey horizon B, the proportion of adsorbed (exchangeable) sodium is very low and the proportion of absorbed magnesium is significant. Similar soils were found in the Canadian Prairies [Miller & Brierley, 2011: 889–902] and North Dakota (USA) which had a sodic morphology but did not meet the chemical criteria and the requirement for a sodium adsorption coefficient ≥13. Although magnesium has a lower dispersion capacity than sodium (magnesium dispersion in clay soils is ~5 % of that of sodium), its high concentrations still contribute to the deterioration of soil structure. A Mg/Ca ratio of >1 in irrigation water and a proportion of exchangeable Mg^{2+} of >25 % in soils are considered sufficiently high to lead to soil degradation and negatively impact crop yields [Qadir et al., 2018: 1108–1117]. In Kazakhstan along with typical solonetz and solonetzic soils, they provide an additional source of increased feed production for growing livestock.

High magnesium content was found in more than 30 % of irrigated lands in southern Kazakhstan which were characterized by low infiltration and hydraulic conductivity. This resulted in a gradual decline in cotton (Gossypium hirsutum L.) yields. Unsustainable irrigation methods in the irrigation zone of the Arys Turkestan Canal led to the formation of sierozem soils with poor physicochemical properties containing high concentrations of Mg^{2+} in the cation exchange complex. Therefore, in the context of increasing climate change and growing anthropogenic load on solonetzic pastures, the problem of restoring their fertility is of particular importance. Moreover, the role of magnesium as an independent pedogenetic factor remains insufficiently quantitatively substantiated, despite a significant volume of research devoted to sodium-dominant solonetzes. Therefore, this paper clarifies the existing model of solonetz formation, which allows us to consider magnesian solonetzism as an independent geochemical mechanism for the evolution of solonetzs in the steppe zone of Kazakhstan.

The objective of this study was to study the role of magnesium in the soil-geochemical processes of salinization and alkalinization of pasture solonetz soils in the Akmola region based on thermodynamic analysis.

Main research objectives:

- to study the material composition of solonetz soils in pasture areas in the Akmola region and assess their spatial distribution along the profile;
- to study the comparative activity of the ratio of major cations (aMg/aCa, aMg/aNa) in the soil solution of solonetz soils in pasture areas;
- to assess the preferential absorption of cations from solution by the soil absorption complex of solonetz soils in pasture areas based on the Gapon selectivity coefficient (KG);
- to model the chemical composition of the soil solution of solonetz soils in pasture areas to determine the saturation indices (SI) of key minerals;
- to determine the direction and intensity of salinization, alkalinization and magnesium content based on a comprehensive analysis of the chemical composition, ion activity, KG and SI of solonetz soils.

The study was conducted in the Akmola Region of Kazakhstan which is located in the steppe zone in

the northwestern part of the Central Kazakhstan Uplands and occupies a vast area of the upper Ishim River basin, the lower reaches of the Nura and Selety rivers and the vast endorheic basin of Lake Tengiz-Kurgaldzhin. The region is characterized by basement-denudation and stratigraphic-denudation plains, river valleys and lacustrine-alluvial plains. The study region is part of the chloride-sulfate salt accumulation province in the Kara Sea drainage basin with inversion of salt belts which encompasses the entire West Siberian Lowland and the northern slope of the Kazakh folded country. Kazakhstan occupies a very small southwestern part of this vast region [Issanova et al., 2017: 243–250]. These plains of the southern part of the West Siberian Lowland were formed as a result of epeirogenic subsidence of the earth's crust and are composed of strata of Paleogene, Neogene and Quaternary marine sediments, saline with residual marine salts and gypsum. They are overlain on the surface by a mantle of thin alluvial-deltaic deposits. Extensive watershed plains are characterized by increased salinity and swampiness. The most common parent rocks are Quaternary deposits which almost completely overlie earlier sediments. They are represented by mantle loess-like loams, alluvial, eluvial-deluvial and ancient alluvial (fluvial and lacustrine) deposits. Loess-like loams occupy elevated watershed plains and are characterized by considerable thickness (15–25 m), a heavy texture, high carbonate content and a finely porous and weakly stratified structure in the lower horizons.

To study and evaluate the current state of subsurface halogenesis and alkalization processes in sodium-magnesian solonetz soils in the Akmola region we selected two sites (Nos. 21 and 24) located in the Astrakhan and Sandytau districts. In these districts these sites are used as distant pastures.

Table 1. Characteristics of the locations of solonetzic soils of pastures in the Akmola region

Plot No.	District, point	Location coordinates	Absolute height, m
21	Astrakhan, Ornek	N 51° 313' 935», E 070° 209' 884»	387
24	Sandyktau, Vladimirovka	N 52° 323' 206», E 068° 611' 116».	307

The Akmola Region is located in the dry steppe zone of the West Siberian temperate climate zone. Due to its vast territory and the presence of highly dissected, hilly terrain, the region's climate is highly variable. The abrupt transition from harsh winters to hot summers and low precipitation result in a sharply continental climate. According to the Kazhydromet weather station, the average monthly temperature in July is 18.5–21.5°C and in January, -13–18°C. On some hot days the temperature rises to 39–42°C (absolute maximum) while in very harsh winters on flat, open areas it drops to -49°C to -52°C (absolute minimum). The warm period with temperatures above 0°C averages 200 days. The central part of the region receives approximately 350 mm of precipitation annually while in the east of the region it reaches 400 mm. Precipitation peaks in July and during the summer months (June, July, and August) it mostly occurs in the form of showers. Summer is generally dry, despite the relatively high precipitation. The precipitation regime necessitates the implementation of measures to accumulate and retain soil moisture. A characteristic and unfavorable climatic feature of the region is its strong spring and summer wind activity, as well as early spring drought. Average annual wind speeds range from 3.4 to 5.4 m/s. The annual maximum wind speed within the region is 20–34 m/s, with gusts up to 30–48 m/s. The prevailing wind direction is southwesterly with a frequency of 4–55 % [https://www.kazhydromet.kz/uploads/files/69/file/5ec14594bbfb0-oblast.pdf].

The formation of stable snow cover begins in late October and early November. The final snowmelt occurs in mid-April. Since the Akmola region grows its main grain crops under rainfed, fallow conditions they are extremely sensitive to climate change.

In the Akmola Region, a combination of soil-forming factors has contributed to the formation and distribution of some of the most fertile soils in the world: chernozems and chestnut soils. Since the reclamation of virgin and fallow lands (1954–1955), these soils have been used for growing grain crops (e.g., spring wheat). The chernozem zone is divided into two subzones: ordinary chernozems and southern chernozems. The chestnut zone within the region is divided into three subzones: dark chestnut, chestnut and light chestnut soils. However, among these soils solonetzic soils and solonetz soils are widespread in patches, confined to steppe depressions, lake basins, plains between hills, lowlands and other relief depressions. The widespread occurrence of solonetzic soils is due to the natural and historical conditions of the region's development. In the steppe zone where our research was conducted, steppe, meadow-steppe and meadow solonetz soils are found depending on the hydrological regime. In automorphic steppe solonetz soils groundwater is quite deep (deeper than 8-10 m) and does not significantly influence soil formation processes. Steppe solonetz soils are rarely found in homogeneous massifs. They are most often found in association with chernozems or chestnut

soils, significantly reducing the quality of the latter.

According to the classification system of Kazakhstan which was largely inherited from the Soviet Union, solonetz soils in the Akmola region are divided into three types based on their water regime and the complex of associated properties: automorphic, semihydromorphic and hydromorphic. At the species level according to the thickness of the humus horizon A they are divided into "crust" (Ah≤5 cm), "shallow" (Ah=6–10 cm), "medium" (Ah=11–18 cm) and "deep" (Ah≥18 cm) [Rayment & Lyons, 2011]. According to WRB 2014 the Solonetz group includes soils with a dense, well-structured, clayey horizon B which is characterized by a high proportion of adsorbed (exchangeable) Na+ and in some cases also Mg2+. Soils in which free soda (Na_2CO_3) is present have a strongly alkaline reaction (field pH>8.5) [IUSS Working Group WRB, 2015]. However, most automorphic solonetz soils in the Akmola region have morphological properties that allow them to be classified as solonetzic but their exchangeable cation is predominantly represented by absorbed magnesium, not sodium. Therefore, based on the principles of WRB (2014) and the domestic soil classification, the names of the soils in this study and their qualifiers were determined (Table 2).

Table 2. Classification of solonetz soils of pasture areas of the Akmola region

Plot No.	District, point	Soil classification Kazakhstan system, WRB, 2014	
		Name	Qualifiers
21	Astrakhan, Ornek	Solonetz (SN): automorphic cortical	magnesic (mg); natric (na); salic (sc); calcic (cc); chloridic (cl); sulfatic (sf)
24	Sandyktau, Vladimirovka	Solonetz (SN): small meadow	magnesic (mg); salic (sc); calcic (cc); chloridic (cl); sulfatic (sf)

Soil Sample Collection and Chemical Analysis.

Full-profile pits were established in the field on solonetzic soils of the two aforementioned pasture plots and the morphogenetic characteristics of their genetic horizons were described. Typical pit locations on solonetz soils were determined based on the nature of the main landforms (meso- and microrelief), vegetation and soil surface. The coordinates of the soil pits were determined using a global positioning system. The surface character and main plant species are described.

Monitoring Site No. 21 is located in the Astrakhan District of the Akmola Region, 300 meters south of the Astana-Atbasar highway and 600 meters north of the village of Ornek. The soil type is crusted solonetz, the topography is flat, the landscape aspect is grayish-greenish and the water regime is atmospheric.

Monitoring Site No. 24 is located in the Sandytau District of the Akmola Region, 4 km southeast of the Atbasar-Kokshetau highway and 1.5 km southeast of the village of Vladimirovka. The soil type is shallow meadow solonetz, the topography is gently rolling plain, the landscape aspect is green and the water regime is groundwater.

Sampling from the pits was conducted in the fall, during the peak of soil salinity and solonetzization, according to standard protocol [Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006]. These soil samples taken from all genetic horizons were prepared and submitted to the laboratory for chemical analysis. To study solonetz soils of pasture areas at the ion-molecular level, the following indicators were used reflecting the manifestation of magnesium content: cation exchange capacity (CEC), CO_2, the composition of exchangeable cations in the SEC, SARact, ESP, pH of the soil solution and soluble ions (HCO_3^-, CO_3^{2-}, Cl^-, SO_4^{2-}, Ca^{2+}, Na^+, Mg^{2+}, K^+) of the aqueous extract (Table 3).

Table 3. Methods for determining the chemical composition and physicochemical properties of solonetz soils

Indicators	Unit of measurement	Methods	Sources
HCO_3^-, CO_3^{2-}, Cl^-, SO_4^{2-}, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+	mg-eq/100 g of soil	soil:water extract (1:5)*	[Rayment & Lyons, 2011]
Absorbed Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, K^+	mg-eq/100 g of soil	replacement of exchangeable cations with a solution BaCl$_2$	[Bazilevich & Pankova, 1968]
CEC, cation exchange capacity	mg-eq/100 g of soil	forced exchange method of barium chloride	[Bazilevich & Pankova, 1968]
Sum of salts	%	sum of ions of aqueous extract	[Rayment & Lyons, 2011]
pH water		pH meter for soil and water extract analysis	[Thomas, 1996: 475–490]
CO_2 carbonates	%	volumetric method	[Loeppert & Suarez, 1996: 437–474]
Granulometric composition	%	pipette method	[Gee & Or, 2002: 255–293]

* A clear aqueous extract obtained from water in a soil to water ratio 1:5.

The dynamics of these indicators indicate changes in the processes of interphase interactions occurring at the boundaries: solid phase of the soil - soil solution - gas phase [Rhoades, 1996: 417–435]. Saline solonetzic

soils were identified based on several key indicators: the sodium adsorption coefficient (SAR_{act}), exchangeable magnesium (Mg saturation) and sodium (ESP) which reflects the proportion of exchangeable Mg^{2+} and Na^{+} relative to the total cation exchange capacity (CEC) of the soil [U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954].

$$\text{ESP } (\%) = \frac{\textbf{Exchangeable Na+, meq}}{\text{CEC, meg}} \times 100 \text{ESP } (\%) = \frac{\textbf{Exchangeable Na+, meq}}{\text{CEC, meg}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Mg saturation } (\%) = \frac{\text{exchangeable } Mg^{2+}, \text{ meq}}{\text{CEC, meg}} \times 100 \text{Mg saturation } (\%) = \frac{\text{exchangeable } Mg^{2+}, \text{ meq}}{\text{CEC, meg}} \times 100 \quad (2)$$

where:

ESP = Percentage of exchangeable sodium.

Mg saturation = percentage of exchangeable magnesium

Na^{+}, Mg^{2+} = measured exchange Na^{+} и Mg^{2+}

CEC = Cation exchange capacity calculated as the sum of exchangeable cations [Thomas, 1996: 475–490].

Geochemical Modeling.

The PHREEQC program [Parkhurst & Appelo, 2013] was used to assess the geochemical equilibrium of soil solutions in solonetz pasture plots. The model was used to calculate the activities of ions in the soil solution, mineral saturation indices (calcite, dolomite, magnesite, gypsum) and the Gapon selectivity coefficient for the ratio of magnesium, calcium and sodium ions (KG_MgCa, KG_MgNa, KG_NaCa). Ion concentrations from a 1:5 aqueous extract and exchangeable cation data for the adsorption complex for each soil horizon were entered into the model. For example, for the Mg/Ca pair, the coefficient was calculated using the following formula:

$$KG_{Mg/Ca} = \frac{Mg_{excangeable}/Ca_{exchangeable}}{\sqrt{aMg / aCa}} KG_{Mg/Ca} = \frac{Mg_{excangeable}/Ca_{exchangeable}}{\sqrt{aMg / aCa}} \quad (3)$$

$KG_{Mg/Ca}$ - Gapon coefficient for the pair Mg–Ca

$Mg_{excangeable}$, $Ca_{excangeable}$ — exchange cations (cmol(+)/kg or mEq/100 g);

aMg/aCa — activity of ions in the soil solution.

Visualization of spatial data on the distribution of ions in water extract and the absorption complex along the profile of solonetz pasture areas was performed in the Python environment using specialized statistical libraries [Python Software Foundation, 2023].

Results and Discussion.

Morphological and Genetic Characteristics of Na-Magnesium Solonetzes.

In the semiarid subzone of dark chestnut soils in the Akmola region, the structural features of the steppe automorphic solonetzes used as pastures were studied. These solonetzes formed under conditions of deep mineralized groundwater (deeper than 6 m) and the close proximity of saline soil-forming rocks (sandy loams of alluvial-lacustrine and deluvial-proluvial origin) and underlying rocks (Tertiary variegated clays, marine sediments, etc.) to the surface. Their salinization is due to the salinity of the parent rocks which is in most cases associated with hydromorphic conditions in the past. Research has shown that in the pasture crusted solonetz soils of pasture plot No. 21, the solonetz horizon B1 is characterized by a columnar structure, a dense structure and a heavy loamy texture (Table 4). In these soils, a vigorous reaction to hydrochloric acid is observed in the subsolonetz horizons where carbonate deposits appear. These deposits become more numerous with depth. Their maximum accumulation in the form of deposits is achieved in the parent rock where gypsum clusters also appear.

On pasture plot No. 24, the meadow shallow solonetz soils are characterized by the presence of dark brown natric and subnatric horizons. The natric horizon is distinguished by a columnar structure, dense consistency and a heavy loam texture. Unlike the previous plot, effervescence with hydrochloric acid is observed throughout the entire soil profile, indicating the carbonate nature of the studied soils. Carbonates occur as patches and their abundance increases with depth, reaching a maximum in the parent material (Fig. 1).

Thus, the external characteristics of solonetz soils in pasture areas reveal a clear differentiation of the profile and the formation of a dense illuvial horizon. Their solonetz horizon is characterized by a dark brown

color, a columnar structure, high compactness and a heavy loamy texture. These characteristics, taken together, indicate unfavorable physicochemical properties of the soil and its limited agronomic value. Improvement of these properties is based on reclamation measures.

Table 4. Main morphological features of solonetz pastures in the Akmola region

Horizon	Depth (cm)	Color matrix	Structure	Class of granule composition	composition	Reaction to 10% HCl
Pasture area 21 - Crusted solonetz (SN):						
A	0-4	dark gray	layered-lumpy	loamy	dry, poorly compacted	does not effervesce
B_1	5-22	dark brown	columnar	heavy loam	dry, dense	does not effervesce
B_2	23-40	brown	lumpy	loamy	wet, compacted	effervesces vigorously; isolated carbonate patches are present
BC	41-74	dark brown	structureless	clayish	wet, compacted	effervesces vigorously; carbonate patches occur
C	75-120	dark brown with a white tint	structureless	clayish	wet, compacted	Abundant carbonate patches and gypsum druses
Pasture plot 24 - Solonetz meadow (SN):овый (SN):						
A	0-12	brown	granular-lumpy	loamy	wet, compacted	effervesces
B1	13-32	dark brown	columnar	heavy loam	fresh, dense	effervesces; carbonate patches present
B2	33-56	darker than the previous one with a grayish tint	lumpy	loamy	wet, compacted	effervesces; scattered carbonate patches
BC	57-78	grayish-dark	structureless	loamy	wet, compacted	effervesces; carbonate patches
C	79-120	light brown	structureless	clayish	damp, slightly compacted	effervesces vigorously



(А) (Б)

Fig. 1. Profile structure of automorphic crusted (A) and meadow shallow solonetz (B) soils of pasture plots in the Akmola region.

Characteristics and nutritional value of vegetation.

To assess the condition of the natural vegetation on the solonetz pasture plots, we studied their forage value. Research showed that the projective vegetation cover in pasture plot No. 21 is 65 % of the total area. The pasture type is wormwood-feather grass-fescue. The botanical composition of plants in this plot consists of wormwood (60 %), feather grass (20 %), fescue (10 %), and izyon (10 %). Single specimens of wheatgrass,

alyssum and kermek are also found. The pasture yield is 6.1 c/ha. The coordinates of the boundaries of study point No. 21 are N 51º18’50.2”; E 070º12’35.7”. Analysis of the obtained data when determining the chemical composition of plants growing on solonetz soils, shows that the air-dry protein content is 12.52 %, fat – 6.32 %, fiber – 32.23 %, BEF – 34.04 %, and ash – 12.21 %. Moreover, on these types of pastures, the yield of feed units at natural plant moisture is 0.51 per kilogram of feed, and the metabolizable energy is 8.23 MJ.



(А) (Б)

Fig. 2. The state of vegetation of automorphic crust (A) and meadow small solonetz (B) pasture areas of the Akmola region

In the meadow solonetz pasture plot No. 24 the projective vegetation cover is 85 % of the total area. The pasture type is grass and forbs. The botanical composition of plants in this plot consists of couch grass – 30 %, alkali grass – 16 %, brome grass – 15 %, yarrow – 10 %, wormwood – 10 %, knotweed – 10 % and fescue – 9 % of the area. The pasture mass yield is 17.0 c/ha. The coordinates of the boundaries of the contour of survey point No. 24 are N 52º19’23.4”; E 068º36’40.1”. A study of the chemical composition of plants growing on meadow solonetz soils revealed that the air-dry protein content was 16.63 %, fat 3.93 %, fiber 32.72%, BEF 33.42% and ash 10.14 %. The yield of feed units at natural plant moisture was 0.50 per kilogram of feed and the metabolizable energy was 6.91 MJ.

Chemical composition and physicochemical properties of sodium-magnesium solonetz soils.

Solonetzes in the Akmola region with high exchangeable magnesium content like high-sodium solonetzes are characterized by low fertility. In many respects, low-sodium (magnesium) solonetzes are very similar to typical solonetzes.

Chemical composition data for crusted solonetzes at monitoring site No. 21 in the Astrakhan district of the Akmola region show a humus content of 2.20 % in the humus horizon and 1.64% in the subhumus horizon (Table 5). From a depth of 10 cm downwards, the soil pH ranges from moderate to highly alkaline.

Table 5. Chemical composition and physical properties of solonetz soils in pasture areas

Plot №	Depth, см	Total humus, %	Gross nitrogen, %	Movable forms, мг/кг			Physical clay, <0,01мм
				Nitrogen	Phosphorus	Potassium	
Pasture plot 21 - Crusted solonetz (SN):							
21	0-4	2,20	0,140	50,4	62	600	22,000
	10-20	1,64	0,098	36,4	20	330	74,428
	25-35	0,93	0,070	25,2	6	250	54,257
Pasture plot 24 - Meadow solonetz (SN):							
24	0-10	5,03	0,336	53,2	62	1000	62,077
	20-30	4,66	0,322	39,2	6	260	64,289

Compared to the previous soils, the meadow solonetz soils of Monitoring Site No. 24 in the Sandytau District of the Akmola Region are characterized by high humus levels, reaching 5.03 % and 4.66 % in the upper horizons, respectively (Table 4). The soils of the two pasture plots studied have a coarse texture, beginning with the solonetzic horizon. While the crusted solonetz soils have a physical clay content of 74.4 %, the shallow meadow solonetz soils have a physical clay content in the solonetzic horizon reaching 64.29 % (Table 5).

The combination of natural soil-forming factors and the hydromorphic conditions of the steppe zone in historical times determined the current salt regime of the automorphic solonetz soils of the above-mentioned plots. Their salinization is largely due to the salinity of the parent material. In meadow analogues of solonetz soils, the main source of readily soluble salts is, in most cases, groundwater which is located close to the surface and influences soil formation processes. This is clearly demonstrated by the total salt content which increases with depth. For example, the crusted solonetz soils of pasture plot No. 21 are both solonchakous and solonchakous. The maximum mass of readily soluble salts is concentrated in the underlying layers, amounting

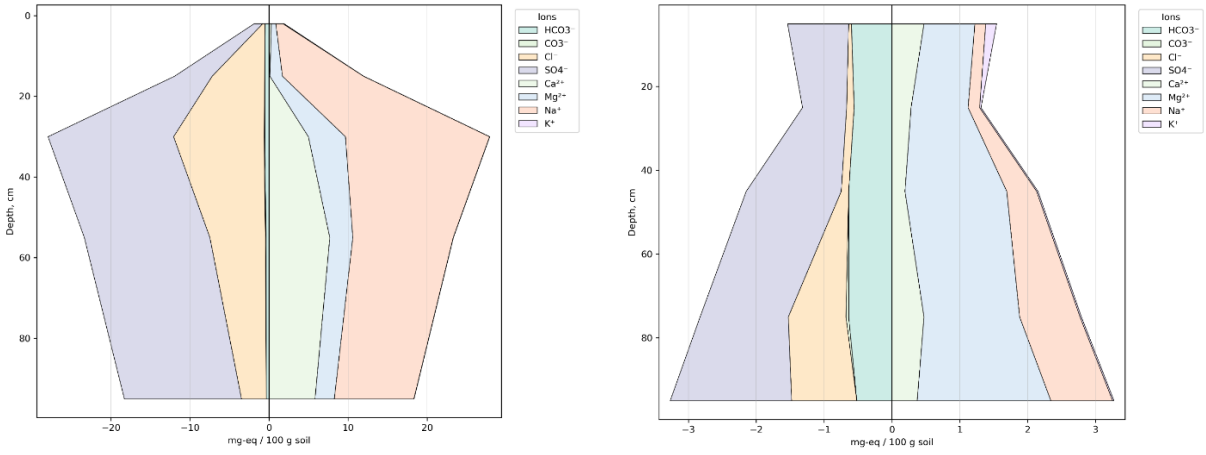
to 1.2–1.8 % (Table 6).

Table 6. Main parameters of salinity and solonetzization of magnesian solonetz soils in pasture plots in the Akmola region.

Depth, см	Sum of salts, %	SAR_{act}	pH	ESP %	Mg sat, %	Ca sat, %	CEC, mg-eq per 100 g of soil
Pasture plot 21 - Crusted solonetz (SN):							
0-4	0,133	0,10	7,70	1,40	29,40	65,80	13,61
10-20	0,755	0,90	8,32	18,03	56,57	25,36	23,31
25-35	1,779	0,72	8,83	41,65	16,94	41,39	52,89
50-60	1,517	0,48	8,63	45,62	24,71	29,65	40,27
90-100	1,222	0,43	8,50	31,89	35,67	32,41	30,70
Pasture plot 24 - Meadow solonetz (SN):							
0-10	0,109	0,01	8,24	0,27	22,27	74,30	33,49
20-30	0,090	0,02	8,22	0,10	44,20	55,56	48,36
40-50	0,143	0,04	8,45	1,61	41,77	56,46	44,07
70-80	0,179	0,07	8,34	3,53	42,93	53,39	47,52
90-100	0,205	0,06	8,34	4,92	35,19	59,67	32,51

The energy (rate) of solonetzization (the incorporation of sodium into the soil-extracting complex) is determined not only by the concentration of the solution but also by its composition. It increases according to the following series: NaCl<Na2SO4<NaHCO3<Na2CO3 [Mikhailichenko, 1979]. The potential ability of the soil solution to soda salinization (SARact) throughout the solonetz profile is very low. The SARact parameter in these soils does not exceed 1. Soils are usually subject to soda salinization when they are exposed to water (e.g., capillary water) with a high SAR>5 value and a high NaHCO3 content. Such soils can form with surface wetting or under the influence of capillary ascending solutions [Bower, 1971: 53–57]. In solonetz, soda usually causes plant death at a content of 0.005 %.

The high salt content in the automorphic solonetz soils of pasture plot № 21 is due to both sodium chlorides and sulfates (Fig. 3). The latter predominates in the anionic composition. The absolute maximum of sulfate ion in the soil solution was established at depths of 25–35, 50–60 and 90–100 cm, where it constituted 15.88, 15.88 and 14.81 mg-eq per 100 g of soil, respectively. Harmful chloride ion content begins already at 10 cm and covers almost the entire meter-thick layer. Its concentration within these limits fluctuates from 3.14 to 11.45 mg-eq per 100 g of soil. Sodium dominates in the cationic composition, varying from 10.06 to 18.23 mg-eq per 100 g of soil in the depth range from 10 to 100 cm. Magnesium deserves special attention as its concentration should also be considered significant. In the above-mentioned soil layer, it ranges from 1.59 to 4.69 mg-eq per 100 g of soil. These soils are virtually devoid of normal carbonates. However, traces of it (0.08 mg-eq per 100 g of soil) are found in the 25–35 and 50–60 cm layers. Therefore, in the crusted solonetz soils of pasture plot No. 21, the subsolonetz horizons located at depths of 25–35 and 50–60 cm should be considered salic.



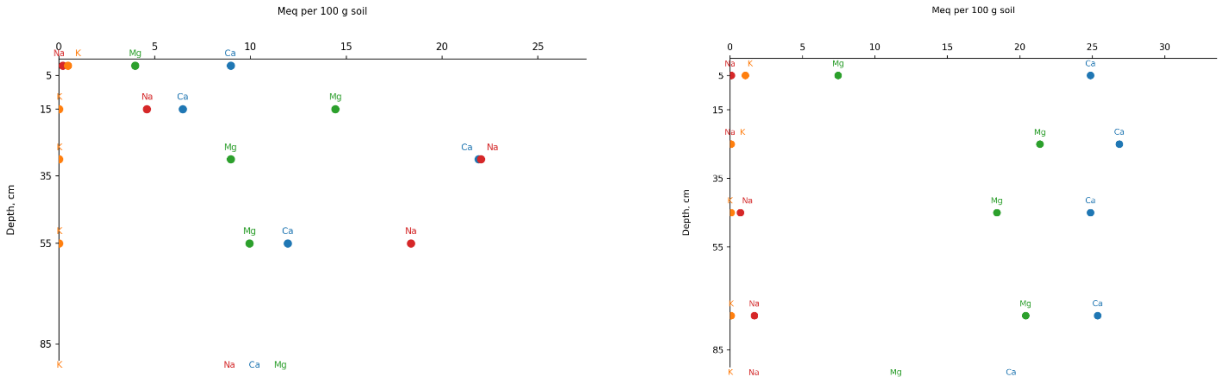
Pasture plot 21 - Solonetz (SN) crusted *Pasture plot 24 – Solonetz (SN) meadow*

Fig. 3. Spatial differentiation of ions in aqueous extracts of solonetz pasture areas

The shallow meadow solonetz soils of pasture plot No. 24 are virtually free of salinity on the surface. Salt content in the first half-meter varies from 0.090 to 0.109 % (Table 5). However, in the underlying horizons, salt levels gradually increase, reaching slightly saline levels (0.205 %) in the parent rock. The soil pH in the solonetz soils of the first pasture plot ranges from slightly to strongly alkaline (pH 7.7–8.8) while in the second plot it is moderately alkaline (pH 8.22–8.45).

The crusted solonetz soils of pasture plot No. 21 in the Astrakhan district of the Akmola region are characterized by high levels of exchangeable magnesium and especially, sodium. Their content in the solonetzic horizon (10–20 cm) is 14.43 and 4.60 mg-eq per 100 g of soil, respectively (Fig. 4), and the share

reaches 56.67 and 18.03 % of the cation exchange capacity (25.51 mg-eq per 100 g of soil). However, in the subsolonetzic horizon at a depth of 25–35 cm, exchangeable magnesium gives way to sodium in the absorption complex. The latter in this layer reaches a maximum (22.03 mg-eq) and is 41.65 % (ESP) of CEC (Table 6). Even deeper, in the layers of 50-60 and 90-100 cm, the magnesium content increases slightly compared to the overlying horizon and is 9.95 and 10.95 mg-eq per 100 g of soil. The concentration of exchangeable sodium, on the other hand, decreases with depth from 22.03 to 9.79 mg-eq per 100 g of soil (Fig. 4). Despite this, a high proportion of exchangeable sodium (ESP 31.89–45.62 %) relative to other cations remains in the 25–100 cm soil layer.



Пастбищный участок 21 - Солонец корковый (SN): *Пастбищный участок 24 - Солонец луговый (SN):*

Fig.4. Composition of absorbed bases of solonetz pasture areas

Exchangeable sodium and hydrolytically alkaline salts cause solonetz formation indirectly (through changes in the zeta potential and increased solvation of the sodium ion), but indirectly through hydrophilic molecular plasma. This plasma is present in solonetzes with both low and high exchangeable sodium contents and acts as a peptizer and stabilizer for hydrophobic systems. Some of this plasma is not precipitated by magnesium and calcium cations.

The shallow meadow solonetzes of pasture plot No. 24 in the Sandytau district of the Akmola region are characterized by magnesium dominance and possibly solonetzic properties. This is due to the high content of absorbed magnesium which in the solonetzic and supra-solonetzic horizons ranges from 18.41 to 21.39 mg-eq per 100 g of soil, accounting for 41.77% and 44.2 % of the total electrolyte content, respectively (Table 6). Therefore, the possibility of the modern formation of low-sodium solonetzes and the active role of magnesium in the solonetz process should not be denied. It is noteworthy that despite the clear manifestation of physical solonetzism, the content of exchangeable sodium in these soils is very low and does not exceed 5.0 % of the CEC. The reason for its low content in the solonetzic horizon is apparently the leaching of a significant amount of sodium into the depths by the descending water flow, i.e., at present, its amount has decreased in the process of desalination. Therefore, they began to be called relict solonetzes, i.e., formed at some point under the influence of sodium salts. Meadow solonetzes in the process of self-development are in the initial stage of transition to meadow-steppe, and then to steppe solonetzes as the steppeification process of the Northern Kazakhstan plain develops.

Geochemical role of magnesium in the processes of pedogenesis and solonetzization of solonetzic pastures in the semi-arid zone of the Akmola region

To assess the geochemical processes of solonetz pedogenesis and the role of magnesium in the solonetzization process, a study was conducted of the activity of the aMg/aCa and aMg/aNa ion ratios in the soil solution, the Gapon selectivity coefficient describing the Mg–Ca–Na exchange reactions in the soil adsorption complex (KGMgCa, KGMgNa, KGNaCa), the sodium adsorption coefficient (SARact) calculated using ionic activity, the proportion of exchangeable magnesium in the soil adsorption complex expressed as a percentage of the cation exchange capacity (Mg saturation, %) and mineral saturation indices (SI). The results of the studies showed that in the solonetz soils of pasture plot No. 21, the influence of magnesium in the surface horizons is observed. This is clearly evidenced by the activity of the aMg/aCa ion ratio in the soil solution. Its value in the humus horizon (0–4 cm) is 1.91, indicating magnesium dominance and the risk of magnesium depletion in this layer. In the underlying solonetzic horizon, the aMg/aCa ratio increases very sharply and significantly, reaching 16.32. This ratio provides a pronounced magnesium depletion in the soil solution which leads to deterioration of the solonetzic horizon structure. In the latter, the saturation of the magnesium adsorbing complex reaches 56.57 % of the CEC. Meanwhile, the calcium saturation is reduced to

25.36 % of the CEC. However, a strong sodium hazard cannot be ruled out in the aforementioned solonetzic and supra-alonetzic horizons. Since the aMg/aNa activity ratio in the soil solution of these horizons is 0.22 and 0.04, respectively, that is below unity. In the solonetzic horizon, the ESP is 18.03 % of the CEC. As one moves deeper into the underlying horizons, the Ca2+ content begins to dominate over magnesium. For example, at depths of 25–35, 50–60 and 90–100 cm, the aMg/aCa ion activity ratios in the soil solution were 0.84, 0.33, and 0.36, respectively (Table 7). It should also be noted that in the underlying horizons, a strong sodium hazard in the soil solution still persists.

Table 7. Soil solution ion activity ratios in solonetzic pasture plots according to PHREEQC data.

Plot	Depth, см	aMg	aCa	aNa	aMg/aCa	aMg/aNa	SAR_{act}
21	0-4	3,640000E-04	1,910000E-04	1,670000E-03	1,905759	0,217964	0,10
	10-20	6,840000E-04	4,190000E-05	1,720000E-02	16,324582	0,039767	0,90
	25-35	1,390000E-03	1,660000E-03	2,830000E-02	0,837349	0,049117	0,72
	50-60	8,630000E-04	2,620000E-03	1,990000E-02	0,329389	0,043367	0,48
	90-100	7,350000E-04	2,050000E-03	1,600000E-02	0,358537	0,045938	0,43
24	0-10	5,020000E-04	3,240000E-04	2,960000E-04	1,549383	1,695946	0,01
	20-30	5,890000E-04	2,000000E-04	3,160000E-04	2,945000	1,863924	0,02
	40-50	9,270000E-04	1,220000E-04	8,040000E-04	7,598361	1,152985	0,04
	70-80	8,670000E-04	2,990000E-04	1,610000E-03	2,899666	0,538509	0,07
	90-100	1,150000E-03	2,260000E-04	1,640000E-03	5,088496	0,701220	0,06

A somewhat different situation was observed in the meadow solonetz soils of pasture plot № 24. Unlike the solonetz soil of the previous plot, these soils exhibit a noticeable magnesium content in the soil solution throughout the entire profile. This state is demonstrated by the aMg/aCa ion activity ratio, which varies from 1.55 to 7.59 within a meter of the meadow solonetz soil. Despite the low salinity of this soil, Mg^{2+} predominates in the soil solution (aMg/aNa>1) in the upper three horizons, particularly in the A, B1 and B2 horizons. However, the horizons located at depths of 20–30, 40–50 and 70–80 cm are characterized by high exchangeable magnesium saturation of the adsorption complex. In the latter horizons, magnesium saturation was 44.20, 41.77 and 42.93 % of the SEC, respectively. A significant sodium hazard is established only in the deepest parent and supra-parental horizons where the aMg/aNa ratio in solution is 0.54 and 0.70, respectively (Table 7). These soils have a relatively low ESP value throughout the profile but it gradually increases with depth from 0.27 to 4.92 % of the SEC. This suggests that in the underlying horizons (70–80 and 90–100 cm) of meadow solonetzic soils, the sodium hazard in the soil solution is consistent with its hazard in the adsorption complex.

To determine the role of magnesium in the pedogenesis and solonetzization of solonetzic soils in pasture areas, we determined the Gapon coefficient (KG) of the Mg/Ca, Mg/Na, and Na/Ca ratios. This indicator demonstrates the preference (selectivity) of the adsorption complex (AC) for exchanging one cation for another at equilibrium between the soil solution and the AAC. Since KG takes into account the activity of ions, not their concentrations, it is a thermodynamic indicator and reflects the actual equilibrium in the system. The data showed that on the automorphic solonetz soils of pasture plot #21, the soil-absorbing complex of the upper horizons prefers Ca^{2+}. The KGMg/Ca parameter at depths of 0–4, 10–20 and 25–35 cm was 0.32, 0.55 and 0.45, respectively. However, in the lowest horizons at depths of 50–60 and 90–100 cm, Mg accumulates in the absorbing complex, indicating moderate magnesium content. In these horizons, the KGMg/Ca values reach 1.45 and 1.84, respectively (Table 8).

The Gapon coefficient for Mg/Na showed that the automorphic solonetz soils of pasture plot #21 are superficially resistant to sodium. This is due to the predominance of Mg^{2+} in the absorption complex which reaches 56.57 % of the SEC in the solonetzic horizon. In the solonetzic horizon of the studied soil, the KGMg/Na value was 2.06, likely indicating strong suppression of sodium by exchangeable magnesium and to some extent, calcium. Below the solonetzic horizon B1 (10–20 cm), this parameter drops sharply to 0.3–0.4 and then rises again to 0.66 in the parent rock. In this part of the crustal solonetz, exchangeable sodium is well retained in the absorption complex where it predominates and through competition, creates a high risk of sodium solonetzation. Thus, the shallow, shallow humus horizon of the crustal solonetz retains calcium well, reaching 65.80% of the SEC in the SEC. However, magnesium becomes dominant in the solonetzic horizon, suppressing sodium. However, it should be noted that exchangeable magnesium is not the primary cause of the solonetzic nature of this horizon. Its impact on the soil is closer to that of calcium than to sodium. Exchangeable

magnesium reduces the rate of water filtration at a ratio of one to calcium. Meanwhile, Na+ significantly reduces filtration even at a Ca:Na absorption ratio of 94:4. In the deeper layers of the automorphic solonetz, there is a risk of sodium solonetzization and moderate magnesium content. Therefore, even at minimal levels, exchangeable sodium can be the primary cause of soil solonetzic nature. In the meadow solonetz soils of pasture plot No. 24, the Mg/Ca and Mg/Na ion ratios indicate strong calcium retention throughout the profile and, along with it, surface magnesium retention in the SEC. For example, KGMg/Ca varies across the profile from 0.26 to 0.47, i.e., does not exceed unity (Table 8). This dominance of calcium and magnesium over sodium is also demonstrated by KGNa/Ca, which does not exceed unity throughout the profile and fluctuates between 0.05 and 0.76. In this soil, the risk of solonetzization manifests itself primarily in horizons located deeper than the solonetzic horizon. This is evidenced not only by the ESP values which increase to 1.61–4.92 % but also by the KGMg/Na value (0.35–0.68). To determine the direction and intensity of soil-geochemical processes in solonetz soils of pasture plots, we studied mineral saturation indices (SI). This indicator indicates the degree of deviation of a system from equilibrium, potentially leading to undersaturation (dissolution) or precipitation into the mineral phase. It was found that in the automorphic crusted solonetz soils of pasture plot No. 21, carbonate minerals (calcite and aragonite) are precipitated primarily in the three underlying horizons at depths of 25–35, 50–60, and 90–100 cm. Within these horizons, the saturation indices (SI) of calcite and aragonite (CaCO3) range from 0.70 to 1.08 and from 0.56 to 0.93, respectively (Table 9).

Table 8. Selectivity coefficient of cation exchange of Gapon solonetz soils in pasture areas.

Plot	Depth, см	√aMg	√aCa	KG_MgCa	KG_MgNa	KG_NaCa
21	0-4	1,907878E-02	1,382027E-02	0,321767	1,741882	0,184724
	10-20	2,615339E-02	6,473021E-03	0,552002	2,063046	0,267567
	25-35	3,728270E-02	4,074310E-02	0,447310	0,308726	1,448893
	50-60	2,937686E-02	5,118594E-02	1,451991	0,366912	3,957331
	90-100	2,711088E-02	4,527693E-02	1,837910	0,660097	2,784303
24	0-10	2,240536E-02	1,800000E-02	0,240885	1,095056	0,219975
	20-30	2,426932E-02	1,414214E-02	0,463874	9,283654	0,049967
	40-50	3,044667E-02	1,104536E-02	0,268438	0,684718	0,392041
	70-80	2,944486E-02	1,729162E-02	0,472211	0,663953	0,711211
	90-100	3,391165E-02	1,503330E-02	0,261414	0,345781	0,756012

Table 9. Thermodynamic state of carbonate and soda minerals in solonetz soil solutions by saturation indices (SI)

Plot	Depth, см	Carbonates				Soda		
		Calcite	Aragonite	Dolomite	Magnesite	Natron	Nahcolite	Na_2CO_3
21	0-4	-0,890	-1,030	-0,310	-1,050	-10,480	-5,670	-12,060
	10-20	-0,930	-1,070	0,530	-0,160	-7,840	-4,670	-9,420
	25-35	1,080	0,930	3,260	0,550	-7,010	-4,550	-8,570
	50-60	0,950	0,810	2,600	0,020	-7,640	-4,830	-9,210
	90-100	0,700	0,560	2,130	-0,190	-7,970	-4,940	-9,540
24	0-10	-0,040	-0,190	1,280	-0,300	-11,380	-6,360	-12,950
	20-30	-0,300	-0,450	1,040	-0,280	-11,370	-6,360	-12,940
	40-50	-0,240	-0,380	1,580	0,190	-10,280	-5,910	-11,850
	70-80	0,040	-0,110	1,710	0,050	-9,790	-5,610	-11,360
	90-100	-0,180	-0,330	1,520	0,080	-9,870	-5,690	-11,450

Dolomite saturation indices ($CaMg(CO_3)_2$) are characterized by higher values compared to calcite and aragonite, reflecting the more intense kinetics of its formation. Unlike these minerals, the positive SI value for dolomite also covers the solonetzic horizon. The relief fluctuation of dolomite's SI ranges from 0.53 to 3.26. Magnesite ($MgCO_3$) is characterized somewhat differently with positive values (SI>0) established at depths of 25–35 and 50–60 cm, at levels of 0.55 and 0.02, respectively. This indicates that magnesite is in a precipitated state and its excess in solution leads to magnesium depletion. Thus, elevated or positive SI values indicate magnesium accumulation in the system and can be considered an indicator of the development of magnesium depletion in soils. While negative SI values for magnesite indicate its presence in the solution predominantly in a mobile state. In our case, the surface solonetzic and supra-solonetzic horizons of the automorphic solonetz

have negative SI values for almost all carbonate minerals. This indicates that the latter are in a dissolved equilibrium state. For example, the SI values of calcite and aragonite in the surface soil horizons vary from –0.89 to -0.93 and from –1.03 to –1.07 (Table 8). A negative saturation index of dolomite is shown only by the humus horizon (SI = –0.31). Magnesite deserves special attention, for which negative SI values were established not only in the surface horizons (–1.05 and –0.16) but also in the parent rock (–0.19). Magnesite is characterized by significantly higher solubility than calcite. Its solubility increases in the presence of carbon dioxide through the formation of sodium bicarbonates.

The meadow solonetz soils of pasture plot No. 24 exhibit a somewhat different character of carbonate minerals in the system. Dolomite [$CaMg(CO_3)_2$] is a virtually insoluble form of magnesium compound. In the soils under consideration, it is present in a precipitated state throughout the entire profile. The SI parameter of dolomite within a meter of soil thickness ranges from 1.04 to 1.71 (Table 8). Calcite and aragonite do not form a mineral form separately since their saturation indices have negative values, varying from –0.04 to –0.24 and from –0.11 to –0.45. The lower horizons of the meadow solonetz are characterized by a high magnesia content due to the presence of magnesium and the formation of a precipitated form of magnesite. In this part of the meadow solonetz, the SI of magnesite has positive values, varying from 0.05 to 0.19. Thus, it can be cautiously concluded that magnesium minerals may be the source of magnesium in automorphic crustose and meadow shallow solonetz soils. Their decomposition will yield significant amounts of exchangeable magnesium. Like sodium, magnesium, when incorporated into the absorption complex, although to a lesser extent, increases the hydrophilicity of colloids, disrupting the bonds between aggregates and making the rock unstable to alkaline hydrolysis.

In addition to carbonate minerals, we identified and studied soda compounds which in both soils had negative SI values throughout the profile. This suggests that soda minerals such as natron ($Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$), nahcolite ($NaHCO_3$) and soda ash (Na_2CO_3) are dissolved. Moreover, the more negative the SI value, the more intense the potential dissolution processes. A relatively high degree of solubility for soda and sodium carbonate was observed in meadow solonetzes. The SI value for soda within a meter of soil depth in automorphic solonetzes varies from –7.0 to –10.48, while in meadow solonetzes it ranges from –9.7 to –11.38 (Table 9). The degree of soda saturation in the former soils ranges from –8.57 to –12.06, and in the latter, from –11.36 to –12.95.

The thermodynamic state of neutral chloride and sulfate compounds in soil solutions of automorphic and semihydromorphic solonetzes at various sites indicates their active dissolution. This is primarily due to their high solubility in water. As Table 10 shows, among the sulfate minerals, epsomite ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) and thenardite (Na_2SO_4) have higher solubility than gypsum ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) and anhydrite ($CaSO_4$). Magnesium sulfate (epsomite) is a typical magnesium-containing compound found in saline soils. Its solubility is 252 g/L, making it extremely toxic and the most poisonous and harmful to plants. It never accumulates in soils in its pure form.

Table 10. Thermodynamic state of sulfate and chloride minerals in solonetz soil solutions by saturation indices (SI)

Plot	Depth, см	Sulfates				Chlorides
		gypsum	anhydrite	epsomite	thenardite	halite
21	0-4	-2,330	-2,510	-4,620	-8,340	-7,600
	10-20	-2,520	-2,700	-3,880	-5,840	-5,280
	25-35	-0,570	-0,750	-3,220	-5,060	-4,850
	50-60	-0,350	-0,530	-3,400	-5,340	-5,210
	90-100	-0,440	-0,620	-3,460	-5,520	-5,650
24	0-10	-2,190	-2,370	-4,570	-9,930	-9,220
	20-30	-2,530	-2,710	-4,630	-10,010	-8,750
	40-50	-2,460	-2,640	-4,150	-8,910	-8,350
	70-80	-2,120	-2,300	-4,230	-8,350	-7,170
	90-100	-2,130	-2,310	-3,990	-8,230	-7,110

Comparing solonetz soils from individual pasture plots reveals differences in the dissolution rates of the aforementioned minerals. For example, in meadow solonetz soils which are naturally wetter, virtually all sulfate minerals are in a more intense state of dissolution and exhibit increased environmental aggressiveness. Automorphic solonetz soils, however, are somewhat inferior in this regard. Epsomite exhibits somewhat similar SI values in the studied soils, ranging from -3.22 to -4.62 in automorphic solonetz soils and from -3.99 to -4.57 in a meter-thick layer. The chloride mineral we studied was halite (NaCl). It is characterized by the

highest water solubility among minerals found in saline soils. In the studied soils, the SI of halite is negative, indicating undersaturation in the soil solution. $MgCl_2$ is significantly more prevalent in saline soils and due to its high solubility (353 g/L), is exceptionally toxic. Its accumulation is possible only at the highest levels of salinity. In the upper horizons of solonchaks, $MgCl_2$, like $CaCl_2$, can form as a result of exchange reactions between the ascending NaCl solution and the absorbed magnesium in the soil. $MgCl_2$ and $CaCl_2$ are highly hygroscopic salts, absorbing water vapor from the atmosphere at low air temperatures. During this process their crystalline precipitate quickly liquefies and turns into a concentrated solution.

Conclusion.

In the flat semiarid zone of the Akmola region, saline, low-sodium solonetz soils with high exchangeable magnesium contents are widespread. They exhibit the full range of negative hydrophysical properties typical of classic sodium solonetz soils. However, in these soils, the morphological characteristics of solonetzic soils do not correlate with the low content of absorbed sodium. These soils in the Akmola region are actively used as distant pastures. Therefore, they are currently subject to anthropogenic degradation. Their formation is associated with saline parent materials in conditions of deep groundwater. To elucidate the role of magnesium in pedogenesis and solonetzization processes, we modeled solonetz soils in two pasture plots using thermodynamic analysis (PHREEQC). A study of the aMg/aCa and aMg/aNa ion ratios in soil solution and the potential for mineral formation (SI), as well as the selectivity of cation exchange between the solution and the adsorbing complex, revealed localized magnesium enrichment in automorphic crustal solonetzes with a general predominance of sodium in both the solution and the adsorbing complex. Based on the SI of carbonate minerals, it was established that they form sediments only in the lower horizons. The KG value confirms the sodium-magnesium exchange type in the solonetzic horizon while in the lower horizons, sodium exchange increases, characterizing the development of sodium solonetzization.

In meadow solonetzes, the carbonate equilibrium shifts toward dolomite oversaturation throughout the profile. Furthermore, localized magnesite oversaturation was observed in the lower horizons while soda, sulfate and chloride minerals remained undersaturated. Sodium selectivity (KGNa/Ca<1) is absent throughout virtually the entire meadow solonetz profile, except in the lower horizons, indicating weak development of sodium solonetzation processes. The ion activity ratio aMg/aCa>1 throughout the profile and aMg/aNa>1 only in the upper horizons indicates a pronounced magnesium content in meadow solonetz with a limited dominance of calcium over magnesium.

REFERENCES

Bazilevich, N.I. & Pankova, E.I. (1968). Methodological instructions for the accounting of saline soils. Dokuchaev Soil Institute.

Bower, C.A. (1971). Identification and characteristics of sodic soils. In *Proceedings of the International Symposium on New Developments in the Field of Salt-Affected Soils. Yerevan, 1969.* Pp. 53–57. Agrokémia és Talajtan.

Committee for Land Resources Management of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan. (2023). Consolidated Analytical Report on the State and Use of Lands of the Republic of Kazakhstan for 2023. Astana, Kazakhstan.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2006). *Guidelines for soil description* (4th ed.). Rome: FAO.

Gee, G. W., & Or, D. (2002). Particle-size analysis. In J.H. Dane & G.C. Topp (Eds.), *Methods of Soil Analysis: Part 4 Physical Methods*. Pp. 255–293. Soil Science Society of America, Inc. doi.org https://doi.org/10.2136/sssabookser5.4.c12

Global Map of Salt Affected Soils Version 1.0. (2021). FAO — Global Map of Salt-Affected Soils

Issanova, G.T., Abuduwaili, J., Mamutov, Z.U., Kaldybaev, A.A., Saparov, G.A. & Bazarbaeva, T.A. (2017). Saline soils and identification of salt accumulation provinces in Kazakhstan. *Arid Ecosystems, 7*(4). 243–250. https://doi.org/10.1134/S2079096117040035

IUSS Working Group WRB. (2015). *World reference base for soil resources 2014, Update 2015. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps* // World Soil Resources Report No. 106. FAO. FAO — World Reference Base for Soil Resources

https://www.kazhydromet.kz/uploads/files/69/file/5ec14594bbfb0-oblast.pdf

Loeppert, R.H., & Suarez, D.L. (1996). Carbonate and Gypsum. In D.L. Sparks (Ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods* (pp. 437–474). Soil Science Society of America, Inc. doi.org https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c15

Mikhailichenko, V. N. (1979). *Halogenesis and Solonetzization of Soils in the Plains of Northern Kazakhstan.*

Miller, J.J. & Brierley, J.A. (2011). Solonetzic soils of Canada: Genesis, distribution, and classification // *Canadian Journal of Soil Science, 91*(5), 889–902.

Parkhurst, D.L. & Appelo, C.A.J. (2013). *Description of input and examples for PHREEQC version 3 — A computer program for speciation, batch-reaction, one-dimensional transport, and inverse geochemical calculations.* U.S. Geological Survey Techniques and Methods, book 6, chap. A43. https://doi.org/10.3133/tm6A43

Python Software Foundation. (2023). *Python Language Reference, version 3.11.* Python

Qadir M., Ghafoor A. & Murtaza, G. (2000). Amelioration strategies for saline soils: A review. *Land Degradation & Development, 11*(6), 501–521. https://doi.org/10.1002/1099-145X(200011/12)11:6%3C501::AID-LDR405%3E3.0.CO;2-S

Qadir, M., Schubert, S., Oster, J.D., Sposito, G., Minhas, P.S., Cheraghi, S.A. & Saqib, M. (2018). High magnesium waters and soils: Emerging environmental and food security constraints // *Science of the Total Environment, 642*, 1108–1117.

Rayment, G.E. & Lyons, D.J. (2011). *Soil chemical methods: Australasia.* CSIRO Publishing. (Section 15: Aqueous Extracts).

Rhoades, J.D. (1996). Salinity: Electrical Conductivity and Total Dissolved Solids. In D. L. Sparks (Ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods* // Soil Science Society of America. Pp. 417–435. Inc. doi.org https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c14

Thomas, G.W. (1996). Soil pH and Soil Acidity. In D. L. Sparks (Ed.), *Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods* (pp. 475–490). Soil Science Society of America, https://doi.org/10.2136/sssabookser5.3.c16

U.S. Salinity Laboratory Staff. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. L.A. Richards, Ed.; Agriculture Handbook No. 60. U.S. Department of Agriculture. doi.org.

Askhat Naushabayev — Project administration
Tursunay Vassilina — Data curation, Writing – review & editing
Nurkhan Seitkali — Writing – review & editing
Alimbay Balgabayev — Formal analysis
Donwei Guo — Writing – review & editing

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 97–107
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/08
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 68.05.01: 68.29.01

R. Ramazanova[1], M. Zhumagulova[1]*, M. Poshanov[1], A. Tursinbayeva[2], P. Pancová Šimková[3]
[1]LLP "U. Uspanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry", Almaty, Kazakhstan;
[2]NPJSC "National Agrarian Science and Education Center", Astana, Kazakhstan;
[3]Mendel University in Brno, Czech Republic.
E-mail: moldirzhumagulova1990@gmail.com

SOIL CONSTRAINTS FOR ORGANIC FARMING IN THE ALMATY REGION: SPATIAL VARIABILITY IN SOC, SALINITY, AND NUTRIENT AVAILABILITY

Ramazanova Raushan Khamzaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Chairperson of the Board, LLP "U.U. Uspanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry", Almaty, 75V Al-Farabi Ave., 050060, Kazakhstan
E-mail: ramazanovar66@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-2059-709X;
Zhumagulova Moldir Kairbolatovna, Corresponding Author, PhD in Soil Science and Agrochemistry, Researcher, LLP "U.U. Uspanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry", Almaty, 75V Al-Farabi Ave., 050060, Kazakhstan
E-mail: moldirzhumagulova1990@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-9392-3688;
Poshanov Maksat Nurbaevich, PhD in Agronomy, Head of the Department of Reclamation of Saline Soils, LLP "U.U. Uspanov Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry", Almaty, 75V Al-Farabi Ave., 050060, Kazakhstan
E-mail: maksat_90.okkz@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8657-953X;
Tursinbayeva Anar Yesalievna, Candidate of Agricultural Sciences, Leading Manager at the Department of Science and International Cooperation, NPJSC "National Agrarian Science and Education Center" Astana, Kabanbay Batyr Ave. 17, Block E
E-mail: a.tursinbayeva@nasec.kz, https://orcid.org/0009-0007-0918-9398;
Pavlína Pancová Šimková, PhD, Faculty of Forestry and Wood Technology/Department of Forest Protection and Wildlife Management. "Mendel University in Brno", Zemědělská 1665/1, Brno, 613 00, Czech Republic https://orcid.org/0000-0002-3383-4525.

Abstract. This study aimed to assess the agrochemical suitability of agricultural soils of the Almaty Region and to identify the main constraints on their potential suitability for organic farming based on soil organic carbon (SOC) content, nutrient availability, salinity regime, and soil reaction. In 2024–2025, a total of 107 soil samples were collected from the 0–20 and 20–40 cm layers of agricultural lands under organic or transitional farming systems. The analyses included humus content (from which SOC was calculated using the Van Bemmelen coefficient of 1.724), pH of the water extract, total water-soluble salts content, easily hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, and exchangeable potassium. The results showed pronounced spatial variability in agrochemical properties both among and within districts: humus content ranged from 0.03 to 4.14 %, pH from 6.96 to 9.19, total salts from 0.00 to 1.57 %, P_2O_5 from 3 to 98 mg/kg, and K_2O from 70 to 1000 mg/kg. The most common constraints on organic farming were low humus content and deficiencies in available nitrogen and phosphorus forms. Salinity and pronounced alkalinity occurred locally but can exacerbate phosphorus deficiency and reduce the effectiveness of biological soil management practices. The proposed approach allows areas to be classified according to agrochemical risks and can help identify priority measures for restoring soil fertility during the transition to organic farming.

Keywords: organic farming, soil, humus, salinity, nutrients
For citation: Ramazanova R., Zhumagulova M., Poshanov M., Tursinbayeva A., Pancová P.

Šimková (2026). Soil constraints for organic farming in the Almaty region: spatial variability in soc, salinity, and nutrient availability // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 97–107. https://doi.org/10.37884/5-2026/08 [In Eng.].

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Funding. *This research was funded under the program-targeted funding (PTF) BR22885418 "Scientific support for the technological development of organic agricultural production in the Republic of Kazakhstan", funded by the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan for 2024–2026.*

Р.Х. Рамазанова[1], М.К. Жумагулова[1]*, М.Н. Пошанов[1], А.Е. Турсинбаева[2], П. Панцова Шимкова[3]

[1]«Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Алматы, Қазақстан;

[2]«Ұлттық аграрлық ғылыми-білім беру орталығы» КеАҚ, Астана, Қазақстан;

[3]Мендель университеті Брно, Чехия Республикасы.

E-mail: moldirzhumagulova1990@gmail.com

АЛМАТЫ ОБЛЫСЫ ТОПЫРАҚТАРЫНДА ОРГАНИКАЛЫҚ ЕГІНШІЛІК ЖҮРГІЗУДЕГІ ШЕКТЕУЛЕР: SOC, ТҰЗДЫҚ РЕЖИМ ЖӘНЕ ҚОРЕКТІК ЭЛЕМЕНТТЕРДІҢ КЕҢІСТІКТІК ӨЗГЕРГІШТІГІ

Рамазанова Раушан Хамзаевна, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, доцент, Басқарма төрайымы, «Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Әл-Фараби даңғылы, 75В, Алматы, 050060
E-mail: ramazanovar66@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-2059-709X;
Жумагулова Молдир Кайрболатовна, хат-хабарға жауапты автор, PhD, топырақтану және агрохимия, ғылыми қызметкер, «Ө.О. Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Әл-Фараби даңғылы, 75В, Алматы, 050060
E-mail: moldirzhumagulova1990@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-9392-3688;
Пошанов Максат Нурбаевич, PhD, тұзданған топырақтарды мелиорациялау бөлімінің меңгерушісі, «Ө.О.Оспанов атындағы Қазақ топырақтану және агрохимия ғылыми-зерттеу институты» ЖШС, Әл-Фараби даңғылы, 75В, Алматы, 050060
E-mail: maksat_90.okkz@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8657-953X;
Турсинбаева Анар Есалиевна, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, ғылым және халықаралық ынтымақтастық департаментінің жетекші менеджері, «Ұлттық аграрлық ғылыми-білім беру орталығы» КЕАҚ, Астана, Қабанбай Батыр даңғылы, 17, Е. блок
E-mail: a.tursinbayeva@nasec.kz, https://orcid.org/0009-0007-0918-9398;
Павлина Панцова Шимкова, PhD, Орман шаруашылығы және ағаш технологиялары факультеті / Орман қорғау және жабайы табиғатты басқару кафедрасы. «Мендель университеті Брно», Zemědělská 1665/1, Брно, 613 00, Чехия Республикасы
https://orcid.org/0000-0002-3383-4525.

Аннотация. Зерттеу мақсаты – Алматы облысының ауыл шаруашылығы алқаптары топырақтарының агрохимиялық жарамдылығына скринингтік бағалау жүргізу және органикалық көміртек (SOC) мөлшері, қоректік элементтермен қамтамасыз етілуі, тұз режимі мен орта реакциясы негізінде олардың органикалық егіншілікке әлеуетті жарамдылығын шектейтін негізгі факторларды анықтау. Алматы облысы топырақтарының органикалық егіншілікке агрохимиялық жарамдылығына скринингтік бағалау жүргізу және органикалық көміртек (SOC) деңгейімен, тұздық режиммен, топырақ реакциясымен және қоректік элементтермен қамтамасыз етілуімен байланысты негізгі шектеулерді анықтау. 2024-2025 жылдары органикалық және өтпелі егіншілік жүйесінде қолданыстағы ауылшаруашылық жерлерінен 0–20, 20–40 см қабаттарынан 107 топырақ сынамалары алынып зерттелді. Қарашірінді құрамы анықталып, SOC есептеу үшін 1,724 - Ван Беммелен коэффициенті қолданылды, су ертіндісіндегі pH, суда еритін тұздардың қосындысы, жеңіл гидролизденетін азот, жылжымалы фосфор мен алмаспалы калийдің түрлері анықталды. Агрохимиялық көрсеткіштер нәтижесі аудандар мен олардың ішінде айқын кеңістіктік өзгергіштікпен сипатталғаны көрінеді: қарашірінді мөлшері – 0,03–4,14 %, pH – 6,69–9,19, тұздардың қосындысы – 0,00–1,57 %, P_2O_5 – 3–98 мг/кг, K_2O – 70–1000 мг/кг. Органи-

калық егіншілік жүргізудегі ең кең таралған шектеулерге қарашірінді деңгейінің төмендігі мен азот және фосфордың қолжетімді формасының аз болуы жатады, алайда тұздану тудыратын стресс пен айқын сілтілік жергілікті көрініс болғанымен фосфор тапшылығын күшейтіп биологияландыру қабілетін төмендетуі мүмкін. Ұсынылған әдіс аймақтарды агрохимиялық тәуекелдерге байланысты саралауға және органикалық егіншілікке өту кезінде топырақ құнарлылығын қалпына келтіру жөніндегі іс-шаралардың басымдықтарын негіздеуге мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: органикалық егіншілік, топырақ, қарашірінді, тұздану, қоректік элементтер

Дәйексөз үшін: Рамазанова Р.Х., Жумагулова М.К., Пошанов М.Н., Турсинбаева А.Е., Панцова Шимкова П. (2026). Алматы облысы топырақтарында органикалық егіншілік жүргізудегі шектеулер: soc, тұздық режим және қоректік элементтердің кеңістіктік өзгергіштігі // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 97–107. https://doi.org/10.37884/5-2026/08 [In Eng.].

Мүдделер қақтығысы: авторлар мүдделер қақтығысының жоқ екенін мәлімдейді.

Қаржыландыру. *Зерттеу Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігі мемлекеттік мекемесінің 2024–2026 жылдарға арналған BR22885418 «Қазақстан Республикасында ауыл шаруашылығы өнімдерінің органикалық өндірісін технологиялық дамытуды ғылыми қамтамасыз ету» бюджеттік бағдарламасы шеңберінде қаржыландырылды.*

Р.Х. Рамазанова[1], М.К. Жумагулова[1]*, М.Н. Пошанов[1], А.Е. Турсинбаева[2], П. Панцова Шимкова[3]

[1]ТОО «Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им.У.Успанова», Алматы, Казахстан;

[2]НАО «Национальный аграрный научнообразовательный центр», Астана, Казахстан;

[3]Университет Менделя в Брно, Чешская Республика.

E-mail: moldirzhumagulova1990@gmail.com

ПОЧВЕННЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ДЛЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ SOC, СОЛЕВОГО РЕЖИМА И ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ

Рамазанова Раушан Хамзаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Председатель Правления, ТОО «Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова», Алматы, пр. Аль-Фараби, 75В, 050060
E-mail: ramazanovar66@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-2059-709X;
Жумагулова Молдир Кайрболатовна, автор для корреспонденции, PhD, почвоведение и агрохимия, научный сотрудник, Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова, Алматы, пр. Аль-Фараби, 75В, 050060
E-mail: moldirzhumagulova1990@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-9392-3688;
Пошанов Максат Нурбаевич, PhD, агрономия, заведующий отделом Мелиорации засоленных почв, Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им. У.У. Успанова, Алматы, пр. Аль-Фараби, 75В, 050060
E-mail: maksat_90.okkz@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8657-953X;
Турсинбаева Анар Есалиевна, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий менеджер департамента науки и международного сотрудничества, НАО «Национальный аграрный научнообразовательный центр», Астана, проспект Кабанбай Батыр, 17, блок Е
E-mail: a.tursinbayeva@nasec.kz, https://orcid.org/0009-0007-0918-9398;
Павлина Панцова Шимкова, PhD, Факультет лесного хозяйства и деревообработки / Кафедра охраны лесов и управления дикой природой. «Менделевский университет в Брно», Zemědělská 1665/1, Брно, 613 00, Чешская Республика
https://orcid.org/0000-0002-3383-4525.

Аннотация. Цель исследования – провести скрининговую оценку агрохимической пригодности почв сельскохозяйственных угодий Алматинской области и выявить основные ограничения их потенциально й пригодности для органического земледелия на основе содержания органического углерода (SOC) элементов питания, солевого режима, значения реакции среды. В 2024–2025 гг. проанализиро-

ваны 107 почвенных проб из слоёв 0–20 и 20–40 см на сельскохозяйственных угодьях, вовлечённых в органическое или переходное земледелие. Определяли содержание гумуса (с последующим расчётом SOC по коэффициенту Ван Беммелена 1,724), pH водной вытяжки, сумму водорастворимых солей, легкогидролизуемый азот, подвижные формы фосфора и обменного калия. Показано, что агрохимические параметры характеризуются выраженной пространственной вариабельностью между районами и внутри них: диапазон содержания гумуса в исследованных пробах составлял 0,03–4,14 %, pH – 6,96–9,19, сумма солей – 0,00–1,57 %, P_2O_5 – 3–98 мг/кг, K_2O – 70–1000 мг/кг. Наиболее распространёнными ограничениями для органического земледелия являются низкая гумусированность и дефицит доступных форм азота и фосфора, тогда как солевой стресс и выраженная щелочность проявляются локально, но способны усиливать дефицит фосфора и снижать эффективность биологизации. Предложенный подход позволяет ранжировать территории по агрохимическим рискам и обосновывать приоритеты мероприятий по восстановлению плодородия при переходе к органическому земледелию.

Ключевые слова: органическое земледелие, почва, гумус, засоление, элементы питания

Для цитирования: Рамазанова Р.Х., Жумагулова М.К., Пошанов М.Н., Турсинбаева А.Е., Панцова Шимкова П. (2026). Почвенные ограничения для органического земледелия в Алматинской области: пространственная вариабельность soc, солевого режима и элементов питания // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 97–107. https://doi.org/10.37884/5-2026/08 [In Eng.].

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. *Исследование финансировалось ГУ «Министерство сельского хозяйства РК» в рамках бюджетной программы BR22885418 «Научное обеспечение технологического развития органического производства сельскохозяйственной продукции в Республике Казахстан» 2024–2026 гг.*

Introduction.

Organic farming is a key tool for sustainable agricultural development aimed at conserving soil resources, reducing anthropogenic pressure, and enhancing the ecological resilience of agroecosystems in the context of increasing human pressure and climate change [Eyhorn et al., 2019; Seufert et al., 2017].

Interest in organic farming systems is growing, particularly in regions where soils are highly susceptible to degradation. Within global scientific and policy frameworks, organic farming is increasingly associated with maintaining soil health, conserving biodiversity, and contributing to the Sustainable Development Goals, including land degradation neutrality (LDN).

Compared with intensive farming systems, organic systems are more sensitive to various constraints, including soil-related limitations, because nutrient deficiencies cannot be corrected using conventional mineral fertilizers and opportunities to regulate soil regimes are limited [Schrama et al., 2018; Leifeld, 2012]. Such constraints include unfavorable soil humus status, agrophysical limitations, an imbalanced water–salt regime, and reduced soil biological activity [Bünemann et al., 2018; Lehmann et al., 2020]. Therefore, soil suitability for organic farming cannot be assessed solely from individual fertility indicators, such as organic matter content or soil reaction; it must be evaluated in terms of the combined agrochemical factors that determine plant nutrition availability.

This issue is particularly relevant in arid and semiarid regions, where losses of soil organic matter, nutrient depletion, and salinization are most pronounced [Pennock, 2019; Gubarev et al., 2022]. Irrigation, an integral component of farming technology under such conditions, may further intensify soil chemical constraints by causing secondary salinization and disrupting nutrient balances [Feng et al., 2017; Yuan et al., 2018]. Consequently, organic agroecosystems may face complex constraints that cannot be identified by analyzing only one or two indicators. Because organic farming is closely linked to maintaining soil health, soil organic carbon (SOC) is regarded as a key indicator. Nevertheless, numerous studies show that a high organic matter content alone does not necessarily ensure balanced plant nutrition or the stability of organic systems, particularly when nitrogen and phosphorus availability is limited [Tipping et al., 2016; Senesi et al., 2018]. Balanced soil nutrient ratios, nutrient availability, and their interaction with the salinity regime are no less important than the absolute carbon content.

Current research on organic farming emphasizes the need to move from evaluating individual soil-condition indicators toward analyzing the full set of limiting agrochemical factors. Deficiencies of available phosphorus and plant-available nitrogen, together with salinity stress, can substantially constrain the productivity of organic agroecosystems even when organic matter levels are relatively adequate [Krause et

al., 2024; Sahu et al., 2024]. However, most existing assessments of soils under organic farming either focus on individual agrochemical indicators, such as soil organic carbon or nutrient ratios [Radočaj et al., 2021; Krause et al., 2022], or employ integrated soil-health and land-suitability indices that combine heterogeneous indicators without accounting for the joint effects of specific agrochemical factors on organic-system productivity [Biswas et al., 2014; Mangan et al., 2022].

In Central Asia, including southeastern Kazakhstan, this issue remains insufficiently studied. Despite the substantial body of soil and agrochemical survey data, systematic analysis of agrochemical constraints on soil suitability for organic farming under arid and irrigated conditions has rarely been undertaken. Organic systems are therefore often introduced without a preliminary assessment of soil-related risks, potentially reducing agroecosystem resilience and intensifying degradation. Although the general principles of organic farming are established, a unified method for assessing soil suitability for organic production that accounts for the characteristics of irrigated and calcareous soils in southeastern Kazakhstan has not yet been developed.

There is therefore a need for a scientifically sound approach to assessing soil suitability for organic farming based on identifying and systematizing agrochemical constraints, rather than treating individual indicators as universal proxies or formal suitability criteria [Mohamed et al., 2021; Obi Reddy et al., 2023]. Such an approach would support an initial assessment of land already used or intended for organic farming and identify the principal agroecological constraints.

This study aimed to screen the agrochemical suitability of agricultural soils in the Almaty Region and to identify the main constraints on their potential suitability for organic farming based on SOC, nutrient availability, salinity regime, and soil reaction.

We hypothesized that a preliminary assessment of potential soil suitability must consider a combination of agrochemical characteristics, as potential soil suitability for organic farming is determined by multiple agrochemical characteristics and therefore cannot be adequately characterized using a single indicator.

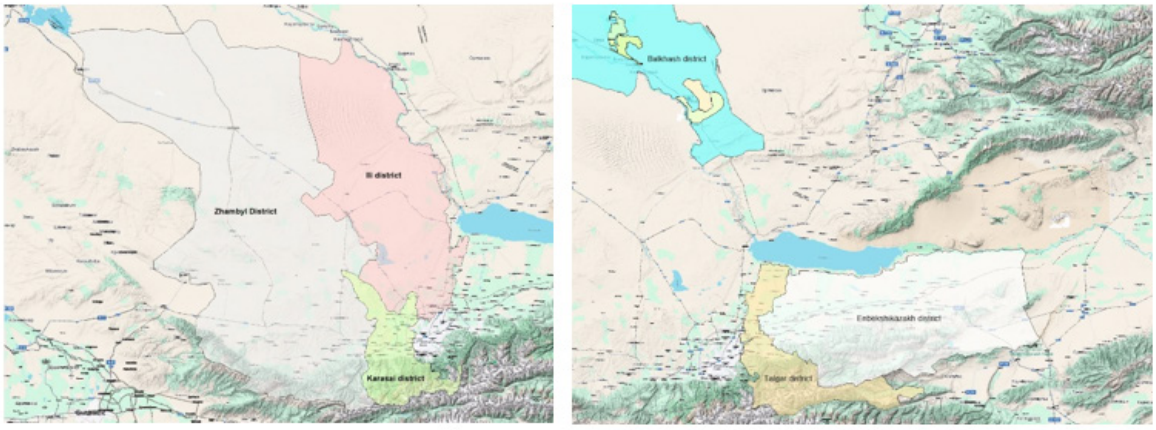
Soil suitability for organic farming may also be limited by heavy metal contamination, which determines agroecological safety and compliance with organic certification requirements. This factor, however, lies beyond the scope of the present study and requires a separate targeted assessment.

Materials and Methods.

The study was conducted in 2024–2025 in the Almaty Region of the Republic of Kazakhstan, which is characterized by arid and semiarid conditions.

The region has a highly continental climate and limited precipitation. Although conditions are favorable for irrigated agriculture, irrigation increases the vulnerability of the soil cover to degradation processes, including losses of soil organic matter, nutrient depletion, and secondary salinization.

The study sites comprised agricultural lands in six administrative districts managed under established farming systems and considered potentially suitable for organic farming or conversion to organic production (Figure 1).



(a) (b)

Fig. 1. Base map used to identify sites for the reconnaissance survey: (a) Zhambyl, Karasai, and Ili districts; (b) Balkhash, Enbekshikazakh, and Talgar districts.

The soil cover is dominated by dark chestnut, light chestnut, sierozem, and meadow-sierozem soils exhibiting varying degrees of cultivation.

The suitability assessment was preliminary and based on indicators reflecting the main constraints on

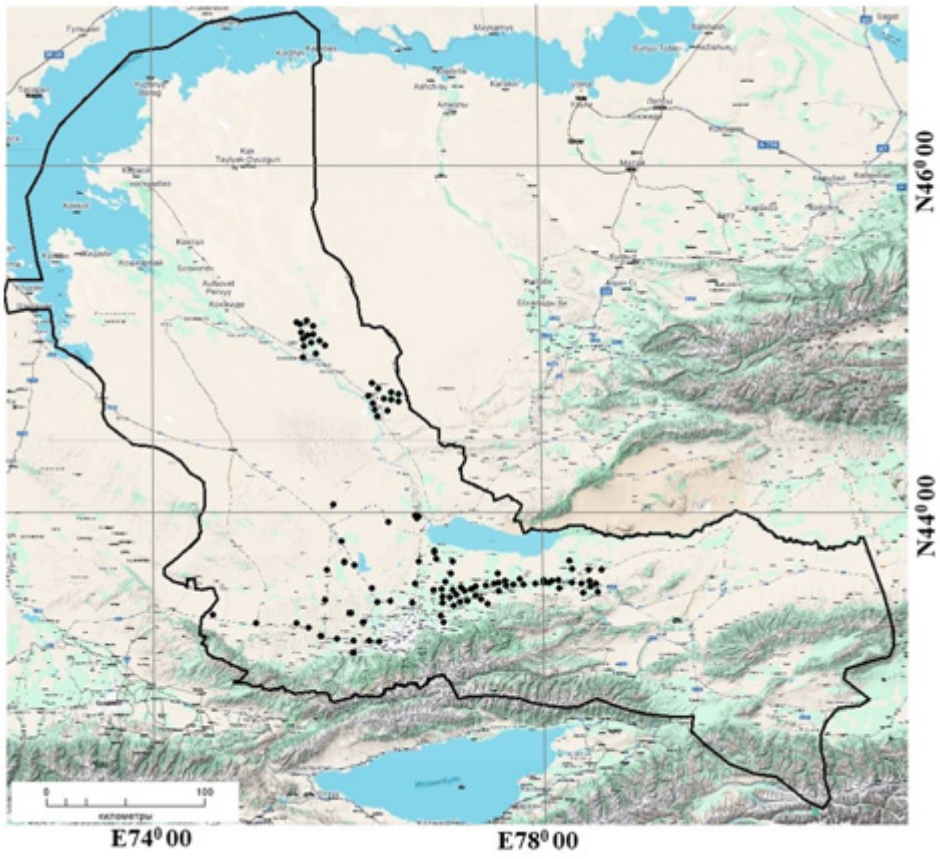
organic farming under the study conditions: organic matter content, salinity regime, pH, and the availability of plant-accessible nutrients (N, P, and K). The approach was intended to identify risk zones and distinguish land with different degrees of suitability for organic farming, thereby supporting subsequent recommendations for rational land use; it was not intended as a certification assessment of the organic production system itself.

Soil samples were collected according to standard procedures for agrochemical surveys of agricultural land. Samples were collected from depths of 0–20 and 20–40 cm, which are critical for assessing crop-nutrition conditions.

A total of 107 soil samples were analyzed to characterize the spatial variability of agrochemical indicators and combinations of constraints. At each location, a composite sample was prepared from several subsamples. All sampling locations were georeferenced using geographic coordinates (Figure 2).



(a)



(b)

Fig. 2. Location of sampling points in the Almaty Region: (a) study area; (b) soil sampling points.

Soil salinity was assessed from the total water-soluble salt content, expressed as a percentage, which characterizes the degree of salinization and potential salt stress to plants. Soil reaction (pH of the water extract)

was additionally considered as a factor controlling nutrient availability under calcareous conditions.

The following factors were considered the principal constraints when assessing soil suitability for organic farming:

- deficiency of available N;
- low SOC and available P;
- salinity stress (elevated electrical conductivity);
- pH.

An accredited laboratory determined soil agrochemical properties using standard, generally accepted methods (Table 1).

Table 1. Characteristics of the sampling sites and agrochemical methods used

Parameter	Description/method
District	Karasai, Zhambyl, Ili, Balkhash, Talgar, and Enbekshikazakh
Study period	2024–2025
Number of sampling points	n = 107
Sampling depth, cm	0–20, 20–40
Soil types	Dark chestnut, light chestnut, sierozem, meadow-sierozem, and irrigated rice soils
Land-use type	organic/under conversion
Moisture regime	irrigated/rainfed
Humus	Tyurin method [GOST 26213-91], %
Easily hydrolyzable nitrogen, N_{eh}	Tyurin–Kononova sulfuric-acid extraction, mg/kg
Available phosphorus (P_2O_5) and exchangeable potassium (K_2O) in calcareous soils	Machigin method for calcareous soils: extraction with 1% ammonium carbonate solution at pH 9.0 [GOST 46-42-76 1.7.104], mg/kg
pH	potentiometrically, H_2O
CO_2	calcimeter, %
Exchangeable bases Ca and Mg	complexometric titration, meq/100 g
Exchangeable K and Na	flame photometry, meq/100 g
Electrical conductivity (EC)	conductometry, dS/m
Particle-size distribution	Kachinsky method with sodium pyrophosphate soil pretreatment

We defined threshold values using generally accepted agrochemical soil-rating scales. The presence or absence of each constraint was recorded for every sampling point (Table 2).

Table 2. Criteria for agrochemical constraints on soil suitability for organic farming

Parameter	Threshold	Constraint type	Rationale
Soil organic carbon (SOC)	<1.5%	Carbon limitation	Low organic-matter supply; restricted biological activity and soil resilience
Easily hydrolyzable nitrogen (Neh)	<40 mg/kg	Nitrogen limitation	Limited nitrogen supply under organic management
Available phosphorus	<20 mg/kg	Phosphorus limitation	Restricted root nutrition
Electrical conductivity (EC)	>2 dS/m	Salinity	Salt stress
pH	> 8.0	Alkalinity	Reduced availability of P and micronutrients

To assess the joint occurrence of agrochemical constraints, their combinations were analyzed at each sampling point. Soils were classified according to the number of simultaneously occurring constraints, ranging from no constraints to combinations of two or more factors.

This approach made it possible to move beyond individual indicators toward an integrated characterization of soil agrochemical status and to identify co-occurring constraints relevant to the preliminary assessment of suitability for organic farming.

Statistical analysis was descriptive and included calculation of the mean, median, minimum, maximum, and coefficient of variation for the agrochemical indicators. Descriptive statistics were used to characterize both the levels and spatial variability of the properties of the surveyed soils. All calculations were performed using standard statistical software.

Results.

Table 3 summarizes district-level values (mean ± SD and min–max) for the key indicators of agrochemical (functional) soil suitability for organic farming: humus, total salts, available N, P_2O_5, and K_2O,

and pH of the water extract. Sample sizes differed among districts (n = 8–43), which was considered when interpreting the results.

Table 3. Descriptive statistics for soil agrochemical properties by district

Parameters	Zhambyl	Ili	Karasai	Enbekshikazakh	Talgar	Balkhash
	12	8	9	43	9	26
Humus, %	0.49±0.14	0.41±0.40	1.35±1.03	1.84±0.79	1.23±0.41	1.51±0.85
min–max	0.14–0.67	0.03–0.94	0.54–3.93	0.66–4.13	0.75–1.96	0.47–4.14
CO_2, %	1.45±1.05	1.80±0.58	2.58±0.47	3.25±2.32	3.23±3.26	5.96±1.72
min–max	0.00–3.32	1.01–2.62	1.91–2.94	0.32–9.78	0.49–11.52	1.17–9.25
Total salts, %	0.04±0.02	0.03±0.01	0.064±0.027	0.23±0.24	0.23±0.10	0.32±0.22
min–max	0.00–0.06	0.01–0.04	0.015–0.118	0.10–1.57	0.14–0.41	0.10–0.92
N_{eh}, mg/kg	38.50±9.26	28.00±8.60	45.42±7.24	65.01±20.10	55.94±8.95	55.42±14.41
min–max	19.60–53.20	19.60–42.00	30.8–56.0	19.60–120.40	47.60–75.13	36.40–89.60
P_2O_5, mg/kg	13.83±7.51	6.75±6.94	19.11±4.57	28.54±22.34	40.69±24.00	12.37±9.60
min–max	6.00–28.00	3.00–23.00	10–24	4.00–98.00	16.00–86.00	3.00–46.00
K_2O, mg/kg	303.33±72.78	105.00±23.90	318.89±91.03	513.49±296.48	304.75±127.55	209.73±119.99
min–max	200–440	80–150	210–470	100–1000	170–540	70–540
pH (H_2O)	8.71±0.23	8.79±0.27	8.40±0.56	8.47±0.15	8.46±0.08	8.42±0.19
min–max	8.42–9.19	8.36–9.18	6.96–8.69	8.21–8.92	8.34–8.58	8.03–8.77

Note: Data are presented as M ± SD (min–max), where M is the mean and SD is the standard deviation. For some indicators, calculations used the available number of observations; specifically, n = 4 for CO_2 in the Karasai District.

For each district, measures of central tendency (mean, median, and mode), variability (standard deviation, variance, range, and minimum–maximum), and distribution shape (skewness and kurtosis) were calculated to describe the distributions of the measured soil properties.

Sample sizes varied among districts (Zhambyl n = 12, Ili n = 8, Karasai n = 9, Enbekshikazakh n = 43, Talgar n = 9, and Balkhash n = 26). Statistical analyses were therefore calculated from individual observations within each district rather than district means.

Mean humus content varied among districts, ranging from 0.41 % in Ili and 0.49 % in Zhambyl to 1.51 % in Balkhash and 1.84 % in Enbekshikazakh. Substantial within-district variability was also observed, particularly in Karasai, Enbekshikazakh, and Balkhash, where values ranged from 0.54 to 3.93 %, 0.66 to 4.13 %, and 0.47 to 4.14 %, respectively. These results indicate pronounced spatial variability in humus content across the study area.

CO_2 content also varied considerably among districts. The lowest mean was recorded in Zhambyl (1.45 %), followed by Ili (1.80 %); higher values occurred in Enbekshikazakh (3.25 %) and Talgar (3.23 %), and the highest CO_2 was observed in Balkhash (5.96 %), indicating increased carbonate content.

Total salt content also varied among districts. Soils with low salinity predominated in Ili and Karasai, where mean total salt contents were 0.030–0.064 %, whereas higher concentrations occurred in Enbekshikazakh (0.234 %), Talgar (0.233 %), and Balkhash (0.324 %). In Enbekshikazakh, the distribution was strongly asymmetric (skewness 4.53; kurtosis 22.82) and covered a very wide range (0.10–1.57 %), indicating patchy salinization and localized solonetzic–solonchak features.

Alkaline conditions predominated in all districts, with mean pH values of approximately 8.40–8.79. The highest mean pH values occurred in Ili (8.79) and Zhambyl (8.71). In Karasai, pH was highly variable (min 6.96; max 8.69), indicating both near-neutral and alkaline conditions within the sample.

In terms of the content of easily hydrolysable nitrogen, most districts demonstrate comparable average levels ranging from approximately 28 to 65 mg/kg of soil (Ili district – 28.00; Karasai district – 45.42; Enbekshikazakh district – 65.01; Talgar district – 55.94; Balkhash district – 55.42).

Available phosphorus followed a gradient from a very low mean of 6.75 mg/kg in Ili to a high mean of 40.69 mg/kg in Talgar, where values ranged from 16 to 86 mg/kg. In the other districts, available phosphorus was moderate or slightly below moderate, ranging from 12.37 to 28.54 mg/kg soil.

In terms of exchangeable potassium, the highest average levels are characteristic of the Enbekshikazakh (513mg/kg) and Karasai (319mg/kg) districts, while the lowest levels are observed in the Ili (105mg/kg) and Balkhash (210mg/kg) districts. At the same time, the Enbekshikazakh District shows a relatively wide range

of exchangeable potassium content values (SD ~296; min 100; max 1000), indicating strong spatial variability in potassium availability or differences in land-use history.

Comparison of district-level soil agrochemical properties with the constraint criteria in Table 2 showed that unfavorable factors did not occur in isolation but in different combinations. All surveyed districts had low organic carbon levels calculated from humus content and alkaline soil reaction, which may reduce phosphorus and micronutrient availability. In Zhambyl and Ili, these limitations coincided with deficiencies of easily hydrolyzable nitrogen and available phosphorus, producing the most pronounced combination of agrochemical constraints. In Karasai, the main limiting factors were low organic carbon, deficient available phosphorus, and alkaline reaction. In Balkhash, elevated water-soluble salts added to these constraints and increased agrochemical risk. Based on district means, Enbekshikazakh and Talgar exhibited less severe combinations; however, the wide ranges of individual indicators point to substantial within-district heterogeneity (Figure 3).

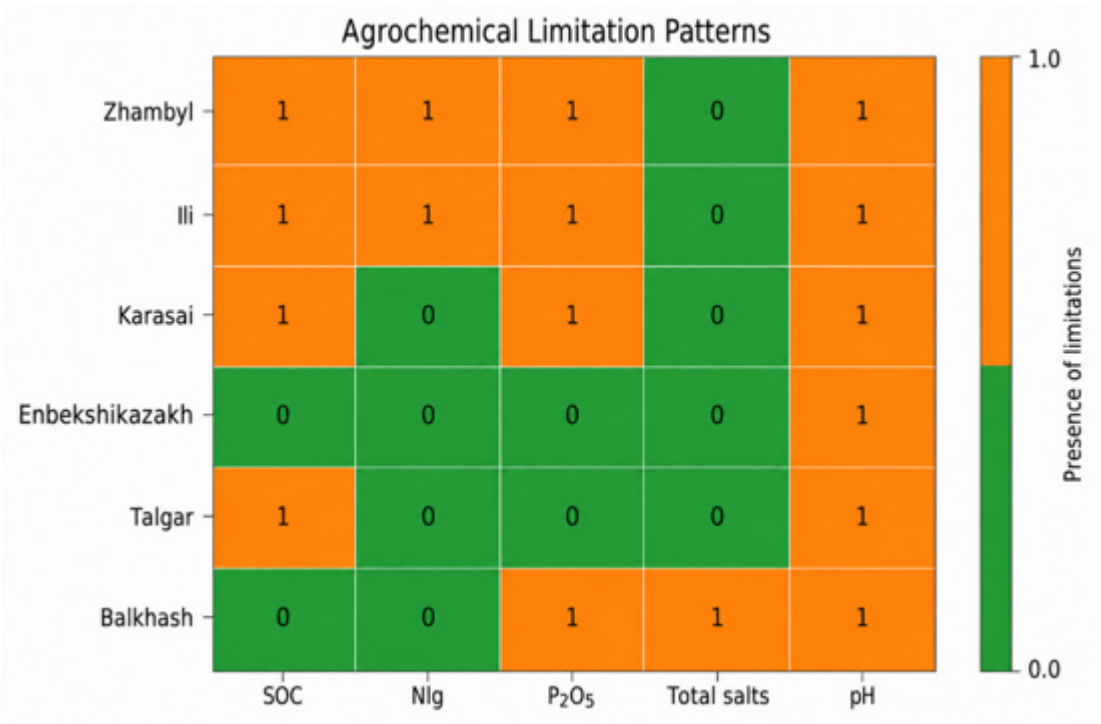


Fig. 3. Agrochemical constraints identified by district based on the adopted threshold criteria. A value of 1 indicates that a constraint was present, and 0 indicates that it was absent.

Thus, evaluating soils using a combination of indicators revealed distinct sets of agrochemical constraints that no single indicator can capture.

Discussion.

To identify agrochemical constraints on soil fertility, the measured values presented in Table 3 were compared with the threshold levels adopted as criteria for an optimal soil agrochemical status (Table 2).

The results showed that deficiencies of plant-available nutrients were among the principal agrochemical constraints. Insufficient available nitrogen and phosphorus occurred most frequently, whereas potassium deficiency was more localized and confined to individual sites. At several sites, two or more nutrient deficiencies co-occurred, substantially restricting the productive potential of crops grown for organic production. The availability of major nutrients, particularly nitrogen and phosphorus, is a fundamental factor limiting agrocenosis productivity because it directly controls growth intensity, biomass formation, and potential crop yield [Havlin et al., 2016; Sutyagin and Tyulin, 2017].

Soil reaction and total salts were less frequently limiting overall; however, at individual points, pH and salt composition fell outside optimal ranges and imposed additional localized constraints on plant growth and development. Pronounced patchiness of salinity may reduce the efficiency of organic farming because growing conditions can differ markedly among areas within a field, requiring differentiated soil-fertility management [Corwin and Scudiero, 2019]. More detailed soil surveys are therefore needed when organic farming is practiced or introduced under such conditions. Identifying and, where necessary, excluding localized saline patches from the organic production area is essential because they may reduce overall productivity, complicate compliance with uniform agronomic requirements, and thereby constrain the viable expansion of organic

farmland.

In this study, salinity was characterized by the total water-soluble salt content, which directly reflects the degree of soil salinization. A diagnostically related parameter is the electrical conductivity (EC) of the soil solution, an integrated measure of dissolved-ion concentration widely used for rapid salinity assessment. These parameters are approximately related: as the total water-soluble salt content increases, EC generally increases as well. EC may therefore serve as a useful additional rapid indicator for diagnosing salinity and refining assessments of the spatial variability of the soil cover [Subbotina and Jorge, 2013].

Soil reaction (pH) is a key regulator of the agrochemical regime because it controls nutrient solubility and availability, microbial activity, and the direction of multiple soil processes [Weil and Brady, 2016; Xia et al., 2024]. The alkaline reaction of soils in the surveyed areas is a characteristic feature associated with parent-material properties, corresponds to calcareous conditions, and may reduce the availability of phosphorus and micronutrients [da Silva Cerozi and Fitzsimmons, 2016].

Organic matter content, represented here by humus, is regarded as an integrated indicator of soil fertility reflecting potential nutrient supply, structural condition, and resistance to degradation [Lal, 2004]. The results demonstrate pronounced heterogeneity of the soil cover across the surveyed areas. Low humus content indicates limited nutrient availability, deterioration of soil structure, and reduced resistance to adverse impacts. Conversely, higher humus values in some districts reflect potentially more favorable conditions for productive agroecosystems. Sites with low humus contents should be considered candidates for a conversion period when organic farming is introduced. During this period, certified organic fertilizers, green-manure crops, and alternative biologization practices can gradually increase organic matter, improve soil physical properties, and create more favorable conditions for subsequent sustainable organic production.

Thus, the studied soils exhibited a combination of agrochemical constraints that differed in frequency and co-occurrence.

Soils with no agrochemical constraints or only one constraint were relatively uncommon and generally confined to individual sites with a more favorable agrochemical background. Most sampling points exhibited two or more concurrent constraints, reflecting the complex decline in soil fertility within the studied agroecosystems.

The most common combinations involved low humus content together with deficiencies in one or more nutrients. Concurrent humus and available-phosphorus deficiencies, as well as combined nitrogen and phosphorus deficiencies, occurred particularly frequently. At some sites, deviations in soil reaction or signs of elevated salinity accompanied these constraints, increasing the total number of limiting factors.

Despite pronounced environmental heterogeneity and unequal district sample sizes, the combined assessment for the Almaty Region characterized the overall levels and ranges of the indicators determining the functional suitability of soils for organic farming.

The proposed indicator-based approach is not intended as a regulatory method for certifying organic production. Its value lies in rapidly identifying limiting factors and ranking areas by agroecological risk, which is particularly important when planning conversion to organic farming.

Conclusions.

The surveyed agricultural soils of the Almaty Region exhibited pronounced spatial variability in agrochemical and physicochemical properties, resuFlting from both environmental conditions and differences in land-use intensity.

Comparison of measured values with threshold criteria showed that agrochemical constraints occurred in combinations rather than in isolation. The most complex constraints were identified in Zhambyl and Ili, where SOC, easily hydrolyzable N, P_2O_5, and pH were simultaneously limiting. In Balkhash, low available phosphorus, elevated water-soluble salts, and alkaline soil reaction were the main limiting factors.

These findings highlight the potential value of site-specific soil fertility management, with particular attention to:

– increasing soil organic carbon through regenerative agricultural practices and reduced tillage;
– regulating the salinity regime;
– optimizing phosphorus and nitrogen nutrition according to actual soil conditions;
– using soil ecological maps in land-use planning.

This study provides a scientific and practical basis for developing a regional method to assess soil suitability for organic farming, including an indicator system and preliminary zoning of agroecological constraints.

In practical terms, the results can be used for agroecological zoning; planning pilot organic farms; developing recommendations for organic and resource-efficient agriculture; and substantiating measures to prevent soil degradation and reduce environmental risks.

REFERENCES

Bünemann E.K., Bongiorno G., Bai Z., Creamer R.E., De Deyn G., De Goede R., Brussaard L. (2018). Soil quality–A critical review. Soil biology and biochemistry, 120, 105-125. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030

Biswas S., Ali M.N., Goswami R., Chakraborty S. (2014). Soil health sustainability and organic farming: A review. Journal of Food Agriculture and Environment, 12(3-4), 237-243.

Gubarev D.I., Levitskaya N.G., Derevyagin S.S. (2022). Influence of climate change on soil degradation in arid zones of the Volga region. Arid ecosystems, 12(1), 15-21. https://doi.org/10.1134/S2079096122010061

da Silva Cerozi B., Fitzsimmons K. (2016). The effect of pH on phosphorus availability and speciation in an aquaponics nutrient solution. Bioresource technology, 219, 778-781. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.08.079

Eyhorn F., Muller A., Reganold J.P., Frison E., Herren H.R., Luttikholt L., Mueller A.,Sanders J., Scialabba E.N., Seufert V., Smith, P. (2019). Sustainability in global agriculture driven by organic farming. Nature sustainability, 2(4), 253-255. https://doi.org/10.1038/s41893-019-0266-6

Krause H.M., Mäder P., Fliessbach A., Jarosch, K.A., Oberson, A., Mayer, J. (2024). Organic cropping systems balance environmental impacts and agricultural production. Scientific Reports, 14(1), 25537. https://doi.org/10.1038/s41598-024-76776-1

Krause H.M., Stehle B., Mayer J., Mayer M., Steffens M., Mäder P., Fliessbach A. (2022). Biological soil quality and soil organic carbon change in biodynamic, organic, and conventional farming systems after 42 years. Agronomy for Sustainable Development. 42(6). 117. https://doi.org/10.1007/s13593-022-00843-y

Corwin D.L., Scudiero E. (2019). Review of soil salinity assessment for agriculture across multiple scales using proximal and/or remote sensors. Advances in agronomy. 158. 1-130. https://doi.org/10.1016/bs.agron.2019.07.001

Leifeld J. (2012). How sustainable is organic farming? Agriculture // Ecosystems & Environment, 150, 121-122. https://doi.org/10.1016/j.agee.2012.01.020

Lehmann J., Bossio D.A., Kögel-Knabner I., Rillig M.C. (2020). The concept and future prospects of soil health. Nature Reviews Earth & Environment. 1(10). 544-553. https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8

Lal R. (2004). Soil carbon sequestration to mitigate climate change. Geoderma. 123(1-2). 1-22. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.032

Mangan P., Pandi D., Haq M.A., Sinha A., Nagarajan R., Dasani T., Keshta I., Alshehri, M. (2022). Analytic hierarchy process based land suitability for organic farming in the arid region. Sustainability, 14(8), 4542. https://doi.org/10.3390/su14084542

Mohamed E.S., Belal A.A., Abd-Elmabod S.K., El-Shirbeny M.A., Gad A., Zahran M.B. (2021). Smart farming for improving agricultural management // The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 24(3), 971-981. https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2021.08.007

Obi Reddy G. P., Dwivedi B. S., Ravindra Chary G. (2023). Applications of geospatial and big data technologies in smart farming. In Smart agriculture for developing nations: Status, perspectives and challenges. Pp. 15-31. Singapore: Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-8738-0_2

Pennock D. (2019). Soil erosion: The greatest challenge for sustainable soil management. FAO; https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a268e967-a373-4a56-adac-ae1d7ab3567f/content

Radočaj D., Jurišić M., Antonić O. (2021). Determination of soil C: N suitability zones for organic farming using an unsupervised classification in eastern Croatia. Ecological indicators. 123. 107382. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107382

Seufert V., Ramankutty N. (2017). Many shades of gray - The context-dependent performance of organic agriculture. Science advances. 3(3). e1602638. DOI: 10.1126/sciadv.1602638

Schrama M., De Haan J.J., Kroonen M., Verstegen H., Van der Putten W.H. (2018). Crop yield gap and stability in organic and conventional farming systems. Agriculture, ecosystems & environment, 256, 123-130. https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.12.023

Senesi N., Loffredo E. (2018). The chemistry of soil organic matter. In Soil physical chemistry. Pp. 239-370. CRC press. https://doi.org/10.1201/9780203739280

Sahu H., Kumar U., Mariappan S., Mishra A.P., Kumar S. (2024). Impact of organic and inorganic farming on soil quality and crop productivity for agricultural fields: A comparative assessment. Environmental Challenges, 15. 100903. https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100903

Sutyagin V.P., Tyulin V.A. (2017). Principles of forming stable productivity in agronomy // Scientific Review. Abstract Journal, (1), 57. [in Russ]

Subbotina M.G., Jorge B.S. (2013). On soil electrical conductivity in modern studies // Perm Agrarian Bulletin, 3 (3), 28-33. [in Russ]

Tipping E., Somerville C.J., Luster J. (2016). The C: N: P: S stoichiometry of soil organic matter. Biogeochemistry, 130(1), 117-131. https://doi.org/10.1007/s10533-016-0247-z

Yuan C., Feng S., Wang J., Huo Z., Ji Q. (2018). Effects of irrigation water salinity on soil salt content distribution, soil physical properties and water use efficiency of maize for seed production in arid Northwest China. International Journal of Agricultural and Biological Engineering. 11(3). 137-145. DOI: 10.25165/j.ijabe.20181103.3146

Feng G., Zhang Z., Wan C., Lu P., Bakour A. (2017). Effects of saline water irrigation on soil salinity and yield of summer maize (Zea mays L.) in subsurface drainage system. Agricultural water management, 193. 205-213. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.07.026

Havlin J.L., Tisdale S.L., Nelson W.L., Beaton J.D. (2016). Soil fertility and fertilizers. Pearson Education India.

Weil R.R. and Brady N.C. (2016). The Nature and Properties of Soils. 15th Edition, Pearson Education Inc., Columbus. 910.

Xia Y., Feng J., Zhang H., Xiong D., Kong L., Seviour R., Kong Y. (2024). Effects of soil pH on the growth, soil nutrient composition, and rhizosphere microbiome of Ageratina adenophora. Peer J. 12. e17231. https://doi.org/10.7717/peerj.17231

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 108–118
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/09
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 68.35.03

N.A. Sarbassova*, A.B. Rysbekova, E.N. Dyussibayeva, I.T. Kulbaeva
NJSC «S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University», Astana, Kazakhstan.
E-mail: nuriyasarbassova01@gmail.com

CREATION OF INITIAL MATERIAL COMMON BUCKWHEAT (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH.) USING OF METHOD OF INTER-VARIETAL HYBRIDISATION

Nuriya Akimzhanovna Sarbassova 3rd year doctoral student, NJSC «S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University», RK, 010000, Astana, Zhenis avenue 62
E-mail: nuriyasarbassova01@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-0380-1669;
Aiman Bokenovna Rysbekova candidate of biology science, Professor, NJSC «S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University», RK, 010000, Astana, Zhenis avenue 62
E-mail: a.rysbekova@kazatu.edu.kz, https://orcid.org/0000-0003-3716-7843;
Elmira Navrusbekovna Dyussibayeva PhD, Associate Professor, NJSC «S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University», RK, 010000, Astana, Zhenis avenue 62
E-mail: e.dyussibayeva@kazatu.edu.kz, https://orcid.org/0000-0002-5960-6328;
Inkar Tulegenovna Kulbaeva Junior Researcher, NJSC «S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University», RK, 010000, Astana, Zhenis avenue 62
E-mail: inkarkulbaeva077@gmail.com, https://orcid.org/0009-0008-3322-9334.

Abstract. *Introduction.* Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) is an important agricultural crop with a rich gene pool, possessing valuable genetic resources for future agriculture. In Kazakhstan, the constant and main task of plant breeders has been the creation of new high-yielding and high-quality varieties. To date, only 7 varieties of buckwheat have been approved by the State register of breeding achievements recommended for use in the Republic of Kazakhstan. The creation of buckwheat varieties with high productivity and the presence of valuable agronomic traits in combination with stable adaptability to changing conditions is very important and is aimed at solving important national economic problems of providing the population with high-quality food products. The article presents the main results of intervarietal hybridisation of the buckwheat collection. *Materials and methods.* The study involved varieties and accessions of common buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench subsp.) of different ecological and geographical origins. Hybridisation was performed with artificial forced pollination. *Results and discussion.* To increase seed setting and synchronise flowering period, the selected parental varieties were sown into vegetation containers on two separate dates. During the hybridisation process, domestic varieties adapted to Kazakhstan climate were used as one of the parental varieties. A total of 344 flowers were castrated, yielding 52 hybrid grains. *Conclusions.* As a result of the conducted research, promising hybrid grains of various combinations were obtained, which can be used for further breeding processes to create new highly productive domestic varieties of buckwheat.

Keywords: buckwheat, collection, isolation, hybridisation, flowering, fruiting, source material, productivity

For citation: Sarbassova N.A., Rysbekova A.B., Dyussibayeva E.N., Kulbayeva I.T. (2026). Creation of initial material common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) using of method of inter-varietal hybridisation // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 108–118. https://doi.org/10.37884/5-2026/09 [In Eng.].

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Funding: *The research work was carried out within the framework of the scientific project AP26194037 "Identification of productive common buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench.) varieties using DNA technology and creation perspective forms for breeding", (2025–2027).*

Н.Ә. Сарбасова*, А.Б. Рысбекова, Э.Н. Дюсибаева, И.Т. Кульбаева
«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Астана, Қазақстан.
E-mail: nuriyasarbassova01@gmail.com

СОРТТАРДЫ ӨЗАРА БУДАНДАСТЫРУ ӘДІСІМЕН КӘДІМГІ ҚАРАҚҰМЫҚТЫҢ (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH) БАСТАПҚЫ СЕЛЕКЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛЫН ШЫҒАРУ

Сарбасова Нұрия Әкімжанқызы, 3 курс докторанты, «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Қазақстан, 010000, Астана, Жеңіс даңғылы, 62
E-mail: nuriyasarbassova01@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-0380-1669;
Рысбекова Айман Бокеновна, биология ғылымдарының кандидаты, профессор «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Қазақстан, 010000, Астана, Жеңіс даңғылы, 62
E-mail: a.rysbekova@kazatu.edu.kz, https://orcid.org/0000-0003-3716-7843;
Дюсибаева Элмира Наврусбековна, доктор PhD, қауымдастырылған профессор «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Қазақстан, 010000, Астана, Жеңіс даңғылы, 62
E-mail: e.dyussibayeva@kazatu.edu.kz, https://orcid.org/0000-0002-5960-6328;
Кульбаева Инкар Толегеновна, кіші ғылыми қызметкер, «С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Қазақстан, 010000, Астана, Жеңіс даңғылы, 62
E-mail: inkarkulbaeva077@gmail.com, https://orcid.org/0009-0008-3322-9334.

Аннотация. *Kipicne.* Аз таралған дақылдардың әлеуетін зерттеу ауыл шаруашылығы өндірісінің әртараптандырылған жүйесін қалыптастыруға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде климаттың өзгеруі жағдайында азық-түлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуге ықпал етеді. Кәдімгі қарақұмық (*Fagopyrum esculentum*) болашақ ауыл шаруашылығы үшін маңызды генетикалық ресурстарға ие, бай генқорымен ерекшеленетін маңызды ауыл шаруашылығы дақылдардың бірі болып табылады. Қазақстанда селекционерлердің негізгі және тұрақты міндеті – жоғары өнімділігі мен сапасы жоғары жаңа сорттар шығару болып табылады. Бүгінгі күні Қазақстан Республикасында пайдалануға ұсынылған селекциялық жетістіктердің мемлекеттік тізіліміне небәрі 7 қарақұмық сорты енгізілген. Өнімділігі жоғары және шаруашылық 8шін құнды белгілер бар, сонымен қатар өзгермелі орта жағдайларына тұрақты бейімделгіштік қасиеттерімен үйлескен қарақұмық сорттарын шығару өте өзекті мәселе болып табылады. Бұл міндет халықты сапалы әрі құнарлы азық-түлік өнімдерімен қамтамасыз етуге бағытталған маңызды халық шаруашылығы мәселелерін шешуге ықпал етеді. *Материалдар мен әдістер.* Зерттеу материалы ретінде экологиялық және географиялық шығу тегі әртүрлі кәдімгі қарақұмықтың (*Fagopyrum esculentum* Moench.) сортүлгілері пайдаланылды. Будандандастыру жасанды түрде мәжбүрлі тозаңдандыру арқылы жүргізілді. *Нәтижелер мен талқылау.* Мақалада кәдімгі қарақұмық коллекциясына жүргізілген сорт аралық будандастырудың негізгі нәтижелері келтірілген. Таңдап алынған ата-аналық формалар тұқым байлану көрсеткіші арттыру және гүлдеу мерзімдерін сәйкестендіру мақсатында вегетациялық ыдыстарда екі мерзімде себілді. Гибридизация барысында ата-аналық формалардың бірі ретінде Қазақстанның климаттық жағдайларына бейімделген отандық сорттар пайдаланылды. Барлығы 344 гүлдерге кастрация жүргізілді, нәтижесінде 52 дана гибридті дән алынды. *Қорытынды.* Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде қарақұмықтың жаңа жоғары өнімді отандық сорттарын шығару бойынша селекциялық жұмыстарды одан әрі жүргізуге арналған әртүрлі будандастыру комбинацияларынан перспективалы гибридті дәндер алынды.

Түйін сөздер: *қарақұмық, коллекция, изоляция, будандастыру, гүлдену, жеміс түзілуі, бастапқы материал, өнімділік*

Дәйексөз үшін: Сарбасова Н.Ә., Рысбекова А.Б., Дюсибаева Э.Н., Зейнуллина А.Е. (2026). Сорттарды өзара будандастыру әдісімен кәдімгі қарақұмықтың (Fagopyrum esculentum Moench) бастапқы селекциялық материалын шығару // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 108–118. https://doi.org/10.37884/5-2026/09 [In Eng.].

Мүдделер қақтығысы: Авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

Қаржыландыру. *Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім ми-*

нистрлігінің AP26194037 «ДНҚ технологиясын қолдану арқылы қарақұмықтың өнімді сортүлгілерін (Fagopyrum esculentum Moench.) айқындау және селекцияға перспективті формаларын шығару» гранттық қаржыландыруы аясында жүргізілді.

Н.Ә. Сарбасова*, А.Б. Рысбекова, Э.Н. Дюсибаева, И.Т. Кульбаева
НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Астана, Казахстан.
E-mail. nuriyasarbassova01@gmail.com

СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ГРЕЧИХИ ОБЫКНОВЕННОЙ (*FAGOPYRUM ESCULENTUM* MOENCH) МЕТОДОМ МЕЖСОРТОВОЙ ГИБРИДИЗАЦИИ

Сарбасова Нұрия Әкімжанқызы, докторант 3 курса, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина», Казахстан, 010000, Астана, проспект Жеңіс, 62
E-mail: nuriyasarbassova01@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-0380-1669;
Рысбекова Айман Бокеновна, кандидат биологических наук, профессор НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина», Казахстан, 010000, Астана, проспект Жеңіс, 62
E-mail: a.rysbekova@kazatu.edu.kz, https://orcid.org/0000-0003-3716-7843;
Дюсибаева Элмира Наврусбековна, доктор PhD, ассоциированный профессор НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина», Казахстан, 010000, Астана, проспект Жеңіс, 62
E-mail: e.dyussibayeva@kazatu.edu.kz, https://orcid.org/0000-0002-5960-6328;
Кульбаева Инкар Толегеновна, младший научный сотрудник, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина», Казахстан, 010000, Астана, проспект Жеңіс, 62
E-mail: inkarkulbaeva077@gmail.com, https://orcid.org/0009-0008-3322-9334.

Аннотация. *Введение.* Изучение потенциала мало возделываемых культур может создать диверсифицированную систему сельскохозяйственного производства, способную обеспечить продовольственную и пищевую безопасность в условиях климатических изменений. Гречиха обыкновенная (*Fagopyrum esculentum* Moench.) является важной сельскохозяйственной культурой с богатым генофондом, обладающая ценными генетическими ресурсами для будущего сельского хозяйства. В Казахстане постоянной и главной задачей селекционеров было и остается создание новых высокоурожайных и качественных сортов. На сегодняшний день в государственный реестр селекционных достижений, рекомендуемых к использованию в Республике Казахстан, внесено всего 7 сортов гречихи. Создание сортов гречихи с высокой продуктивностью и наличием ценных хозяйственно-полезных признаков в сочетании с устойчивой адаптивностью к изменяющимся условиям весьма актуально и направлено на решение важных народно-хозяйственных задач по обеспечению населения полноценными и качественными продуктами питания. *Материалы и методы.* Материалом исследования служили сорта и образцы гречихи обыкновенной (*Fagopyrum esculentum* Moench subsp.) различного эколого-географического происхождения. Гибридизацию осуществляли с использованием метода искусственного принудительного опыления. *Результаты и обсуждение.* В статье приведены основные результаты межсортовой гибридизации коллекции гречихи обыкновенной. С целью увеличения процента завязываемости семян и синхронизации сроков цветения отобранные родительские формы были посеяны в два срока в вегетационных сосудах. В процессе гибридизации в качестве одного из родительских форм использовались отечественные сорта, адаптированные к климатическим условиям Казахстана. Всего было кастрировано 344 шт цветков, из них получено 52 штуки гибридных зерен. *Выводы.* В результате проведённых исследований были получены перспективные гибридные зерновки различных комбинаций, предназначенные для дальнейшей селекционной работы по созданию новых высокопродуктивных отечественных сортов гречихи.

Ключевые слова: гречиха, коллекция, изоляция, гибридизация, цветение, плодообразование, исходный материал, урожайность

Для цитирования: Сарбасова Н.Ә., Рысбекова А.Б., Дюсибаева Э.Н., Кульбаева И.Т. (2026). Создание исходного материала гречихи обыкновенной (fagopyrum esculentum moench) методом меж-

сортовой гибридизации // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 108–118. https://doi.org/10.37884/5-2026/09 [In Eng.].

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарность. *Научно-исследовательская работа проводилась в рамках грантового финансирования Министерства науки и высшего образования РК AP26194037 «Идентификация продуктивных сортообразцов гречихи (Fagopyrum esculentum Moench.) с использованием ДНК-технологий и создание перспективных форм для селекции» (2025–2027).*

Introduction.

Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) is a cross-pollinating plant of the Polygonaceae family. It is one of the oldest domesticated crops in Asia with low nutritional value and economic importance. During the 17th-19th centuries it was widely consumed as a staple food but in the 20th century its popularity declined in Western countries due to competition to wheat. However, thanks to recent discoveries regarding its nutritional properties, buckwheat has a promising future globally and is considered a superfood of the 21st century. This multipurpose pseudocereal has higher nutritional value than many common cereals and is a valuable source of rutin, iron, dietary fiber and many other micronutrients [Hornyák et al., 2025; Alkey et al., 2023]. Buckwheat seeds are gluten-free and have a well-balanced amino acid composition, rich in lysine [Sofi et al., 2022: 2256–2276; Swami, 2023]. This species does not require rich soil; however it is sensitive to a number of environmental factors such as frost and cold, high temperature, dry wind and drought [Pirzadah et al., 2020].

The global buckwheat area has doubled in the last decade from one million to more than two million hectares [Serim et al., 2025]. Despite numerous advantages, buckwheat cultivation has gradually declined in the last few decades due to low and unstable seed yields compared to other cereals. The reasons for the low seed yield of buckwheat are related to the specific biology of flowering and aspects related to reproduction. Buckwheat is characterised by indeterminate flowering and self-incompatibility caused by floral heterostyly. Its single flower lives only for one day; therefore insects have limited time for pollination. Among the most important factors limiting seed yield are abnormalities in development of female gametophytes [Płażek et al., 2019: 1705] and frequent abortion of embryos and flowers [Aneta et al., 2017: 680–690]. Seed setting occurs during or immediately after fertilisation, influencing future yield potential. These processes are sensitive to biotic and abiotic stresses, often leading to flower and seed abortion [Sokoloff et al., 2023].

Buckwheat (*Fagopyrum*) is an ancient crop which has multiple nutritious and culinary qualities. *Fagopyrum* genus belongs to the Polygonaceae family. Usually, the two most common species of buckwheat are mentioned in the literature: tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) and common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench). Common buckwheat is a cross-pollinated pseudocereal crop. It is an annual diploid (2n=2×=16) and its genome size consists of 516.32 Mb. The nutritional value of common buckwheat is quite high compared with that of many other cereals [Singh et al., 2021: 260–270]. Buckwheat is an important source of different macro- and microelements, vitamins, nutrients and other bioactive components which are beneficial to human health [Christa et al., 2008: 153–162; Sinkovic et al., 2020].

Recently there has been a growing number of scientific publications on buckwheat because common buckwheat is not only nutritional but also sustainable plant. Buckwheat grain is a gluten-free source of multiple bioactive elements such as proteins, fatty acids, flavonoids, polyphenols, polysaccharides, saponins [Gahukar, 2014: 342–252]. Buckwheat has antioxidant, antidiabetic, antitumour, anti-inflammatory, antihypertensive, hepatoprotective and cardioprotective features; it is also able to decrease cholesterol level [Goncalves et al., 2016: 983–989; Zargar et al., 2023: 717–734; Ge et al., 2020: 127–137; He et al., 2019; Kwon et al., 2018: 1-8].

Buckwheat originated from Central Asia [Ohnishi, 1998]. Buckwheat has not been then distributed widely; this leaded to the fact that most cultivated variety samples were represented by small local populations adapted to surrounding environment and caused the limited variability of common buckwheat gene pool [Ma et al., 2009: 1247–1254; Song et al., 2011: 702–711].

Worldwide buckwheat cultivation surpassed 2.90 million tonnes in 2018. The top cultivating countries were China, Russia, France, Ukraine, Poland, USA and Kazakhstan. Also it is worth noting that now common buckwheat is gaining popularity in Europe, Canada and the US [Giménez-Bastida et al., 2018: 3387–3397]. In other countries such as China, Japan, India, Nepal and Ukraine buckwheat is usually consumed as noodles and dough [Sytar et al., 2016: 193–206].

Around the world buckwheat consumption is quite consistent; it is mostly popular in the countries

which have a long history of its production and consumption at least by minorities. The developed regions of Asia are more and more interested in healthful nutrition, so buckwheat is becoming an important and regular component of everyday meals. Comparing to cereals such as barley, wheat, oats and rye, buckwheat grains contain less carbohydrates. Thanks to this, buckwheat is recommended to people with diabetes as a healthy replacement. Buckwheat grain contains vitamins B1 (thiamine), B2 (riboflavin), P (rutin), PP (nicotinic acid), anthocyanins, organic acids (malic, citric, oxalic, maleic), calcium, phosphorus, iron and microelements such as iodine, nickel, copper, zinc, boron, and cobalt. Starch content is up to 80 %, and protein content is up to 20 %: buckwheat proteins include lysine and tryptophan. Sugar content is low, 0.3–0.5 %. In the flowering above-ground part of the plant there are also putin and flavone glycoside (1.9–2.5 %) [Huda et al., 2021; Gunkova et al., 2021].

Buckwheat is an important crop for the Republic of Kazakhstan [Kobernitsky et al., 2023]. However, according to the FAO statistics, buckwheat gross harvest has reduced by 19 % (- 560.5 thousand tonnes) over the past decade. The price on buckwheat groats augmented by 26 % during the COVID-19 period. Low and inconsistent yields were the key reasons for the reduction in both cultivation acreage and gross yield. The Republic of Kazakhstan is one of the leading buckwheat cultivating countries after Russia, China, Ukraine and the USA. In 2022 all over the country buckwheat production expanded by 66.9%. According to the Ministry of Agriculture, 11 Kazakh companies collectively reached the total volume of 30 thousand tonnes of buckwheat groats. During the same period, the mean buckwheat consumption by Kazakhstani amounted to 29.1 thousand tonnes. Pavlodar, East Kazakhstan and Kostanay regions became the core cultivation regions of buckwheat groats.

The buckwheat selection in Kazakhstan was founded by V.P. Kuzmin, an agronomist and leading scientist of multiple selection research projects at the former Shortandy Experimental Station in Tselinny Krai of Kazakhstan (1935–1937). Thanks to the technique of mass selection which involved buckwheat samples from the Kokchetav region, Kazaksha population variety was created in 1959. In the 60s, buckwheat researches were mostly focused on creation of initial material with expanded hereditary basis [Kobernitsky, 2021].

Due to extensive experience of cereal crops breeding, «A. I. Barayev Research and Production Centre for Grain Farming» LLP managed to develop four buckwheat cultivars: Shortandinskaya coarse-grained in 1994, Shortandinskaya 2 in 2004, Shortandinskaya 4 in 2014 and Shortandinskaya 5 in 2016.

Currently only 7 buckwheat varieties are listed in the National Register of Plant Breeding Achievements Recommended for Use in the Republic of Kazakhstan. All the listed buckwheat varieties were developed using traditional selection. However foreign research teams achieve significant success with marker-assisted selection (MAS), which is a promising method gaining popularity in plant breeding [Kudryavtsev, 2009].

The flowering biology of buckwheat is complex, as it is a heterostylic species producing both pin- and thrum -flowers. Flowers require cross-pollination by insects, primarily bees and are characterised by strong self-incompatibility. A single flower can be fertilised for only one day [Ronse et al., 2018: 367–393]. Buckwheat flowers the whole vegetation season but its abundant flowering (up to 2,000 flowers per plant) does not guarantee high seed yield [Miyashita et al., 2023]. The limited seed-filling capacity of common buckwheat is accompanied by significant flower and embryo abscission which in its turn leads to lower seed yield compared to other cultivated crops [Lițoiu et al., 2025].

One of the main methods of modern breeding is hybridisation which enables the directed formation of new forms of agricultural crops with improved agronomic, biochemical and adaptive characteristics. Hybridisation influences lineage evolution through many mechanisms, including adaptive introgression, transgressive segregation and hybrid speciation. In natural populations, hybridisation can counteract divergence, introduce adaptive variation into a population, stimulate evolution of stronger reproductive barriers or generate new forms. Hybridisation is purposefully used in domesticated plant breeding to use the advantages of transient hybrid vigour, transmit desired variations between populations and generate new phenotypes [Goulet et al., 2017: 65–78; Kumar et al., 2024; Todesco et al., 2016: 892–908].

A key objective of the breeding process is the development of new highly productive buckwheat varieties adapted to environmental conditions which requires significant labour and time resources [Volobaeva, 2022: 245–248]. Therefore the aim of this study was to create source material for common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.) using artificial intervarietal hybridisation of specially selected parental pairs to obtain pre-breeding material

Materials.

The study material consisted of varieties and samples of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*

Moench subsp.) of different ecological and geographical origins from 9 countries: Canada, China, Japan, Kazakhstan, Russia, India, Brazil, Belarus and South Africa (Figure 1). The most samples of the collection were Canadian (55 %, 79 variety samples). The collection also included samples from East Asia: 22 from China (15 %) and 22 from Japan (15 %). Other buckwheat samples amounted less than 10 % of the collection: 12 samples from Kazakhstan (8 %), 4 from Russia (3 %); Belarus, India, Brazil and South Africa were represented by only one variety sample (1 %).

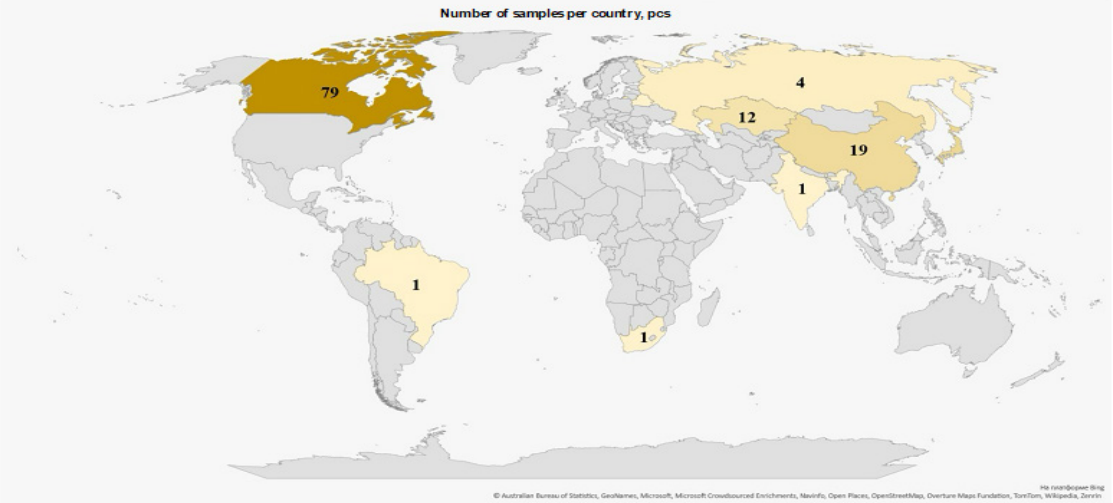


Fig. 1. Countries of origin of common buckwheat samples and varieties

The total collection enlists 124 genotypes which were issued from the genebank of the Canadian national genebank information system (GRIN-Global-CA, Edmonton, Canada) in 2024 within the framework of collaboration with the University of Alberta; 8 buckwheat samples were received from the gene pool of Northwest A&F University, China (Northwest A&F University). The achievements in buckwheat selection in Northern Kazakhstan were described in the monography by A.I. Kobernitsky (2017), project supervisor and developer of 4 buckwheat varieties: Shortandinskaya 2, Shortandinskaya 3, Shortandinskaya 4 and Shortandinskaya 5; all of them are included in the National Register of Plant Breeding Achievements Recommended for Use in the Republic of Kazakhstan.

Methods.

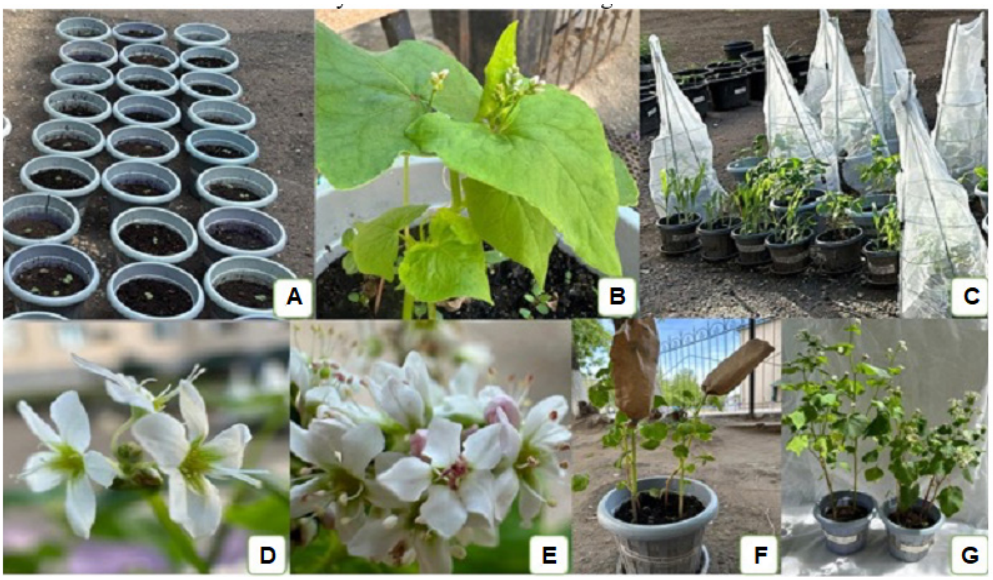
Castration of buckwheat. Castration was performed manually with tweezers. Eight buckwheat stamens were removed carefully one by one to not to damage the pistil. After removing, the castrated pistil was observed to confirm the successful removal of all the anthers. Well-developed young inflorescences were harvested early in the morning just after the beginning of flowering phase.

Buckwheat hybridisation. Parental combinations for hybridisation were selected considering their ecological and geographical origins. To ensure variability, one of the parental plants presented a local variety sample or a potentially interesting variety sample which already was adapted to the local conditions. The second parent was presented by a variety sample which had some valuable agronomic features and was originated from another region. For pollination it was mandatory to firstly remove removed all blooming flowers and to select maternal and paternal plants with different floral structures (long or short style) and isolate their inflorescences. Previous studies of intervarietal pollination have shown that the long style buckwheat plants usually have a more important grain content and produce more productive progeny than the short style plants. On the other hand, the short style plants usually serve better as pollinators. Consequently, it is suggested to use the long style plants as maternal plants and the short style plants as paternal plants. Next, the inflorescences of the paternal plant were removed, placed in a test tube filled with distilled water, fixed upon the maternal plant and covered with an isolator since the inflorescences of both plants must be in direct contact. Pollination was made daily from 8 to 12 hours which is considered to be the optimal pollination period. The buckwheat plants were watered regularly to rise the number of successful seed sets. Buckwheat features intense and fast flowering, so new flowers were removed daily to avoid undesirable cross-pollination [Fesenko et al., 2017: 164].

Results and discussion.

In order to synchronise the flowering phases of the plants they were sown on the 18th and the 24th of May into vegetation containers. To prevent uncontrolled cross-pollination by pollinating insects, the plants

were isolated using individual gauze covers. This step-by-step process of artificial hybridisation is shown in Figure 2.



A – sowing of parental forms in vegetation containers; B – bud formation; C – isolation; D – long-columnar stamens; E – long-columnar pistils; F – pollinated flowers in a protective isolator; G – hybrid in comparison to its parental form

Fig. 2. Isolation of parental forms and stages of artificial hybridisation

The figure represents the steps of cultivating and preparing buckwheat plants (*Fagopyrum esculentum* Moench.) for artificial hybridization. Step A shows sowing seeds in vegetation containers for growing plants under controlled conditions. Step B shows buckwheat plants forming buds and inflorescences during the vegetative phase. Step C shows buckwheat plants under individual isolators to ensure spatial separation to avoid unwanted crossbreeding. Step D shows buckwheat flowers which are suitable for castration and following manual pollination and stage E shows plants in the phase of mass flowering. Steps F and G show parental plants prepared for controlled pollination and the paper isolators to prevent uncontrolled pollination.

Since the formation of hybrid seeds is virtually impossible following illegitimate pollination between plants of different varieties and hybrid seeds are harvested exclusively from the maternal plants, it is advisable to thin out the crops only for the maternal forms. The results of numerous studies indicate that buckwheat hybrid seeds sowing obtained under conditions of free intervarietal crossing provides a 30–50 % increase in yield compared to the original parent varieties. However, this method of hybridisation is used primarily in breeding practice and has not become widely adopted in production due to the high labour intensity resulting from the need for manual thinning of heterostylous plants. In view of this, research is aimed at developing buckwheat varieties characterised by a uniform flower structure: exclusively long-styled or short-styled. Analysis of heterostyly genetic mechanisms confirms that this problem can indeed be solved. The results of numerous experimental studies have shown that in intervarietal cross-pollination of heterostylous buckwheat forms the long-styled form is characterised by higher grain yield and produces offspring with increased productivity compared to the short-styled form. At the same time, it has been established that the short-styled form possesses a more pronounced pollinating ability and performs the functions of a pollinator more effectively [Fesenko et al., 2019]. Thus, when planning buckwheat hybridisation, the long-stamen forms were used as the maternal parent and the short-stamen forms were used as the paternal parent (Figure 3).



A – long-stemmed; B – short-stemmed

Fig. 3. Different heterostyle forms of pistil

In 2025 between the 18th of June and the 17th of July, 45 combinations were artificially crossed; after reaching the maturity phase the hybrid grains were harvested manually and analysed individually for each combination (Table 1).

Table 1. Results of intervarietal hybridisation of common buckwheat

Combination	Number of castrated flowers, pcs	Number of hybrid grains, pcs	Seed set percentage, %
♀Pensylvanya × ♂Shortandinskaya 3	7	1	14,2
♀Tokyo × ♂Shortandinskaya large-seeded	9	0	0
♀Pensylvanya × ♂Gloria	10	3	30
♀ Shortandinskaya 3 ×♂ Hiroshima	7	0	0
♀Hokkaido commercial × ♂Shortandinskaya 4	10	3	30
♀Hokkaido commercial × ♂Shortandinskaya 4	5	0	0
♀XN 9978 × ♂Shortandinskaya 5	4	0	0
♀Aomori × ♂ Brazilian	7	0	0
♀Hokkaido commercial × ♂Shortandinskaya 4	6	1	16,6
♀Tokyo × ♂Shortandinskaya large-seeded	9	0	0
♀Hiroshima × ♂Shortandinskaya 3	7	3	42,8
♀Kanada × ♂Shortandinskaya 4	7	3	42,8
♀Shortandinskaya 3 × ♂ Pensylvanya	6	0	0
♀Pensylvanya × ♂Shortandinskaya 6	7	3	42,8
♀Kanada × ♂Shortandinskaya 6	5	1	20
♀Tokyo × ♂Shortandinskaya 5	2	0	0
♀Hokkaido commercial × ♂Shortandinskaya 5	7	0	0
♀CD8217 × ♂Hiroshima	6	0	0
♀Hokkaido commercial × ♂Shortandinskaya 4	7	0	0
♀Kanada × ♂Shortandinskaya 3	4	1	25
♀Pensylvanya × ♂Shortandinskaya 3	3	2	66,6
♀Shortandinskaya large-seeded × ♂Hiroshima	6	2	33,3
♀Gloria × ♂ Japanese	5	0	0
♀CD8217 × ♂ Bogatyr	6	3	50
♀Kanada × ♂Japanese	3	1	33,3
♀Gloria × ♂Shortandinskaya 6	5	3	60
♀Gloria × ♂ Pensylvania	12	0	0
♀Pensylvania × ♂ Bogatyr	15	5	33,3
♀ Bogatyr × ♂India	12	1	8,3
♀ Japanese × ♂Shortandinskaya large-seeded	9	0	0
♀Tokyo × ♂Shortandinskaya 6	5	2	40
♀XN 9978 × ♂Shortandinskaya 5	4	1	24
♀Kanada × ♂Bogatyr	8	1	12,5
♀Aomori × ♂Japanese	7	2	28,5
♀ Japanese × ♂ Brazilian	7	0	0
♀Kanada × ♂Mancan	7	0	0
♀Aomori × ♂Mancan	5	2	40
♀ Gloria × ♂Mancan	16	2	12,5
♀XN 9978 × ♂Shortandinskaya 6	4	1	25
♀South African×♂ Shortandinskaya large-seeded	12	1	8,3
♀XN 9978 × ♂ India	8	0	0
♀Tokyo × ♂Shortandinskaya 4	6	0	0
♀Shortandinskaya 4 × ♂Tokyo	10	1	10
♀XN 9978 × ♂Aomori	9	1	11,1
♀Shortandinskaya 4 × ♂South African	15	0	0
♀ Bogatyr × ♂Hiroshima	13	2	15,3

The results of the hybridization experiments demonstrated considerable variation in the success of crossing among the different buckwheat combinations. According to the hybridization results there was some variation in the percentage of successful crossbreedings. In total, 344 flowers were castrated to have 46 hybrid combinations which leaded to 52 hybrid grains; average seed set amounted to 15.1 %.

The efficacy of artificial hybridization ranged significantly (from 0 to 66.6 %.) from combination to combination. Successful hybrid seed setting and fruit formation was detected in 25 of the 46 combinations, however, the remaining combinations gave zero hybrid grains. This discrepancy designates variations in cross-compatibility among the parental variety samples and implies that the success of artificial hybridization was due on the specific combination of maternal and paternal plants.

The highest seed set was noted for the combination ♀ Pensylvanya × ♂ Shortandinskaya 3, which reached 66.6 % (2 hybrid grains from 3 castrated flowers). Moderately high seed set was also detected in ♀ Gloria × ♂ Shortandinskaya 6 (60.0 %), ♀ CD8217 × ♂ Bogatyr (50.0 %), ♀ Hiroshima × ♂ Shortandinskaya 3 (42.8 %), ♀ Kanada × ♂ Shortandinskaya 4 (42.8 %), and ♀ Pensylvanya × ♂ Shortandinskaya 6 (42.8 %) combinations; they can be defined as promising for further selection breeding and development of hybrid offspring.

Medium hybridization efficiency was noted in several combinations: ♀ Tokyo × ♂ Shortandinskaya 6 (40.0 %), ♀ Aomori × ♂ Mancan (40.0 %), ♀ Shortandinskaya large-seeded × ♂ Hiroshima (33.3 %), ♀ Kanada × ♂ Japanese (33.3 %), and ♀ Pensylvanya × ♂ Bogatyr (33.3 %).

Concurrently, some pollinations did not give lead to any grain formation. For instance, Tokyo, Hokkaido commercial, XN 9978, Aomori, Japanese, Mancan, Gloria and some other parental forms gave no hybrid grains. The absence of seed setting in these combinations can be related to cross-incompatibility, physiology of the flowers, pollination efficacy or other factors impacting fruitful fertilization.

Overall, the results can confirm that it is possible to acquire hybrid offspring using the method of artificial controlled hybridization of buckwheat forms which vary in both geographical and genetical origin. The successful combinations with high seed set should be prioritized for further multiplication and analyse of the resulting hybrid plants. The combination which resulted in low or zero viable seeds require optimization of castration and pollination protocols as well as careful adjustment of the timing.

The calculated average value of 15.1% represents the total number of hybrid grains (52) to the castrated flowers (344), rather than the arithmetic mean of the percentages for individual combinations, since it is a more appropriate measure for characterizing the overall effectiveness of the hybridization experiment.

The success of buckwheat hybridisation was largely determined by weather conditions during the flowering period. Temperature and humidity had a direct impact on pollen viability, pistil stigma receptivity and seed set. Deviations from optimal conditions were followed by a reduction in pollination efficiency and hybrid seed yield [Amelin et al., 2021: 356–405; Jing et al., 2020]. The results of hybridisation show significant variability in seed set depending on the combination of parental forms. Thus, the combinations ♀Pensylvanya × ♂Shortandinskaya 3 and ♀Hokkaido commercial × ♂Shortandinskaya 4 demonstrated seed set at 14.2–30 %, whereas the highest seed set percentage was observed in ♀Pensylvanya × ♂ Shortandinskaya 3 (66.6 %) and ♀Gloria×♂Shortandinskaya 6 (60 %). The data obtained indicate that the success of seed setting during hybridisation is determined by the combination of maternal and paternal forms, as well as their genetic potential.

Conclusions.

Creation of buckwheat varieties with high productivity and valuable agronomic traits in combination with sustainable adaptability to changing conditions is very relevant and is aimed at solving important national economic problems to provide the nation with nutritious and high-quality food. In Kazakhstan the constant and main task of plant breeders has been and remains the creation of new high-yielding varieties of high quality. The results of scientific research in the framework of the project will be directed to the general strategy on creation of new domestic varieties. Implementation of this project will allow to start a step-by-step study of buckwheat collection at morphological, physiological, genetic and molecular levels.

Common buckwheat hybridization is a key breeding method for creating high-yielding, early-maturing and resilient varieties. This process aims to improve morphological traits such as large grain size which increases the crop's adaptability to growing conditions. Hybridization of ecologically and geographically distant forms increases the variety's ability to adapt to stressful conditions. Difficulties in hybridization are associated with high cross-pollination which requires the use of specialized isolation methods. In this study, common buckwheat was manually castrated using tweezers. During castration eight stamens were removed

one at a time without damaging the pistil. For pollination, maternal and paternal plants with different flower structures (long or short style) were selected and their inflorescences were isolated after removing all blooming flowers.

During intervarietal pollination, buckwheat plants with a long style typically have a higher grain content and produce more productive offspring than plants with a short style. Conversely, plants with a short style as mentioned above, perform better in pollination. Therefore, it is recommended to retain long-styled plants for the maternal variety and short-styled plants for the paternal variety. Most combinations showed low or moderate seed set indicating the importance of carefully selecting parental lines for hybrid material production. Abortion of most buckwheat ovaries occurs as a result of the gynoecium being unprepared for fertilisation and insufficient supply of nutrients; the main reason for the lack of assimilate materials lies in the simultaneous vigorous growth of vegetative organs and the formation of a larger number of reproductive organs. During the flowering phase which accounts for two-thirds of the growing season in buckwheat, the plant produces between 500 and 3,000 flowers and the above-ground biomass increases threefold or more compared to the biomass at the start of flowering. Many scientists attribute the reduced productivity of buckwheat to pollination incompatibility associated with the dimorphic structure of the flower. These conclusions are based on the experimental results showing a significant reduction in buckwheat grain set during self-pollination and illegitimate pollination compared to legitimate pollination.

The pronounced abortion of female reproductive organs in buckwheat is primarily determined by the plant's intrinsic genetically controlled potential. Buckwheat is characterised by an insufficient leaf-to-flower ratio which prevents the increased demand for assimilates during pollination and fruit development from being fully met, resulting in the abortion of a substantial proportion of flowers and ovaries. The problem of achieving high and stable yields can only be solved by creating new varieties with increased grain-setting capacity. In this regard, the obtained hybrid grain plants are of considerable interest for further breeding research. Analysis of the hybrid seeds revealed that successful production was observed in 27 out of 45 combinations, with the seed-setting percentage in the hybrid combinations ranging from 8.3 % to 66.6 %, with an average of 28.7 %. A total of 344 flowers were castrated, yielding 52 hybrid grains. Intervarietal hybridization of common buckwheat has been successfully used to develop varieties adapted to the conditions of Northern Kazakhstan. The research demonstrated the effectiveness of intervarietal hybridization in producing initial pre-breeding hybrid materials.

REFERENCES

Alkay Z., Alkay R., Dertli E., Kökten K., Durak, M.Z. (2023). Rheological, textural and physicochemical properties of buckwheat sourdough bread prepared with different lactic acid bacteria strains // Journal of microbiology, biotechnology and food sciences, 2023. 12 (5). e5643. https://doi.org/10.55251/jmbfs.5643.

Aneta S., Klaudia M., Franciszek D., Michał D., Przemysław K., Agnieszka P. (2017). Embryological background of low seed set in distylous common buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) with biased morph ratios, and biostimulant-induced improvement of it // Journal of Crop and Pasture Science 68(7). 680-690. September 2017. https://doi.org/10.1071/CP17009

Amelin A.V., Fesenko A.N., Kadyrova F.Z. (2021 b). Fiziologo-geneticheskie aspekty selekcii grechihi na adaptivnost: [16+] / Orel: Kartush, 2021b. — Bibliogr.: Pp. 356-405.

Christa K., Soral-Smietana M. (2008). Buckwheat grains and buckwheat products-nutritional and prophylactic value of their components-a review // Czech Journal of Food Sciences. 2008. 26 (3). 153-162.

Fesenko A.N. Fesenko N.N., Romanova O.I. (2017). Morfogeneticheskij metod selekcii grechihi (Fagopyrum esculentum Moench). Monografiya. — Sankt-Peterburg. VIR. 2017. 164 p.

Fesenko A.N., Fesenko I.N. (2019). Razvitie selekcii i proizvodstva grechihi v Rossii za 100 let. 2019. https://doi.org/10.30901/2227-8834-2019-1-113-117

Goulet B.E., Roda F., Hopkins R. (2017). Hybridisation in Plants: Old Ideas, New Techniques // Journal of Plant Physiology 2017. 173(1). 65-78. https://doi.org/10.1104/pp.16.01340

Gahukar R.T. (2014). Potential of minor food crops and wild plants for nutritional security in the developing world // Journal of Agricultural & Food Information. 2014. 15(4). 342-352

Goncalves, F.M.F., Debiage, R.R., Goncalves da Silva, R.M., Porto, P.P., Yoshihara E. & Peixoto E.C.T. (2016). Fagopyrum esculentum Moench: A crop with many purposes in agriculture and human nutrition // African Journal of Agriculture Research. 2016. 11(12). 983-989.

Ge, R.H. & Wang, H. (2020). Nutrient components and bioactive compounds in tartary buckwheat bran and flour as affected by thermal processing // International Journal of Food Properties. 2020. 23(1). 127-137. https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1713151. https://doi.org/10.1080/10942912.2020.1713151.

Giménez-Bastida J.A., Laparra-Llopis J.M., Baczek N., Zielinski H. (2018). Buckwheat and buckwheat enriched products exert an anti-inflammatory effect on the myofibroblasts of colon CCD-18Co. Food and function. 2018. 9(6). 3387-3397. https://doi.org/10.1039/c8fo00193f

Gunkova P. I., Buchilina A. S., Ishevskiy A. L., Pchelina E.A. and Nikolaev I.A. Chemical Composition of Buckwheat Groats from Various Russian Manufacturers, 2021 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 852 012036. https://doi.org/10.1088/1755-1315/852/1/012036

Hornyák M., Kula-Maximenko M., Miszalski Z. et al. (2025). Distribution of photosensitive fagopyrin in buckwheat flowers and its potential biological relevance // Journal of Scientific Reports, 2025. №15. 36279. https://doi.org/10.1038/s41598-025-20116-4

. He, H., Shang, Y., Yang, X., Di, Y., Lin, J., Zhu, Y., Zheng, W., Zhao, J., Ji, M., Dong, L., Deng, N., Lei, Y., & Chai, Z. (2019).

Constructing an associative memory system using spiking neural network. Frontier Neuroscience. 2019. 13, 650. https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00650. https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00650.

Huda M.N., Lu S., Jahan T., Ding M., Jha R., Zhang K., Zhang W., Georgiev M.I., Park S.U., Zhou M. (2021). Treasure from garden: Bioactive compounds of buckwheat. Food Chem. 2021. 15. 335:127653. doi: 10.1016/j.foodchem.2020.127653

Jing L., Md. Shakhawat H., Hongchi M., Qinghua Y., Xiangwei G., Pu Y., Baili F. (2020). Comparative metabolomics reveals differences in flavonoid metabolites among different coloured buckwheat flowers // Journal of Food Composition and Analysis. Vol. 85.2020. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2019.103335

Kumar H., Guleria S., Kimta N., Dhalaria R., Nepovimova E., Dhanjal D.S., Alomar S.Y., Kuca K. (2024). Amaranth and buckwheat grains: Nutritional profile, development of functional foods, their pre-clinical cum clinical aspects and enrichment in feed // Journal of Current Research in Food Science. 2024. Sep 2. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100836

Kwon S.J., Roy S.K., Choi J., Park J., Cho S. & Sarker K. (2018). Recent research updates on functional components in buckwheat // Journal of Agricultural Science, Chungbuk National University. 2018. 34(1). 1-8.

Kobernitsky V.I., Volobaeva V.A., Muzyka O.V. (2023). Buckwheat (Fagopirum esculentum) as a source of rutin in the North of Kazakhstan] // Multidisciplinary scientific journal of A. Baitursynov Kostanay State University No. 2 (2023). 3i: intellect, idea, innovation. https://doi.org/10.52269/22266070_2023_2_117

Kobernitsky V.I. (2021). Basic elements of resource-saving technology of buckwheat cultivation in Northern Kazakhstan // Directions of modernisation improved and technological research in cereals and legumes: mater. international conf., — Moldova, 2021. Pp.210-217.

Kudryavtsev A.M. (2009). Marker-mediated plant breeding, Molecular and Applied Genetics]. 2009. Vol. 9

Lițoiu A.A., Păucean A., Lung C., Zmuncilă A., Chiș M.S. (2025). An Overview of Buckwheat - A Superfood with Applicability in Human Health and Food Packaging // Journal of Plants. 2025. 14(14). 2200. https://doi.org/10.3390/plants14142200

Miyashita T., Hayashi S., Natsume K. et al. (2023). Diverse flower-visiting responses among pollinators to multiple weather variables in buckwheat pollination // Journal of Scientific Reports. 2023. 13. 3099. https://doi.org/10.1038/s41598-023-29977-z

Ma K.H., Kim N.S., Lee G.A., Lee S.Y., Lee J.K., Yi J.Y., Park Y.J., Kim T.S., Gwag J.G., Kwon S.J. (2009). Development of SSR markers for studies of diversity in the genus Fagopyrum. Theoretical and Applied Genetics. 2009. 119 (7). 1247-1254.

Ohnishi O. (1998). Search for the wild ancestor of Buckwheat III. The wild ancestor of cultivated common buckwheat, and of tatary buckwheat. Economic Botany. 1998. 52. 123-133.

Pirzadah T., Malik B. (2020). Pseudocereals as super foods of 21st century: recent technological interventions. Journal of Agriculture and Food Research. 2020. 2. https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100052

Płażek A., Słomka A., Kopeć P., Dziurka M., Hornyák M., Sychta K., Pastuszak J., Dubert F. (2019). Effects of High Temperature on Embryological Development and Hormone Profile in Flowers and Leaves of Common Buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) // International Journal of Molecular Sciences. 2019. 20(7). 1705. https://doi.org/10.3390/ijms20071705

Ronse De Craene L. (2018). Understanding the role of floral development in the evolution of angiosperm flowers: clarifications from a historical and physico-dynamic perspective // Journal of Plant Research. 2018 May. 131(3). 367-393. https://doi.org/10.1007/s10265-018-1021-1

Sofi S.A., Ahmed N., Farooq A., Rafiq S., Zargar S.M., Kamran F., Dar T.A., Mir S.A., Dar B.N., Mousavi Khaneghah A. (2022). Nutritional and bioactive characteristics of buckwheat, and its potential for developing gluten-free products: An updated overview. Food Science and Nutrition. 2022. 22. 11(5). 2256-2276. https://doi.org/10.1002/fsn3.3166

Swamy K.R.M. (2023). Origin, domestication, taxonomy, botanical description, genetics and cytogenetics, genetic diversity and breeding of buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) // International Journal of Current Research. 2023. https://doi.org/10.24941/ijcr.46616.01.2024

Serim T. K.,Fatma Ç. (2025). Buckwheat: Nutritional Value, Health Effects and Applications in Foods // Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology. 2025. https://doi.org/10.24925/turjaf.v13i6.1665-1674.7565

Sokoloff D.D., Malyshkina R.A., Remizowa M.V., Rudall P.J., Fomichev C.I., Fesenko A.N., Fesenko I.N., Logacheva M.D. (2023). Reproductive development of common buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench) and its wild relatives provides insights into their evolutionary biology // Journal of Frontiers in Plant Science. 2023. 13. 1081981. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1081981

Singh, R., Babu, S., Avasthe, R.K., Yadav, G.S., Das, A., Mohapatra, K.P., Kumar, A., Singh, V.K. & Chandra, P. (2021). Crop productivity, soil health, and energy dynamics of Indian Himalayan intensified organic maize-based systems. International Soil and Water Conservation Research, 2021. 9 (2). 260-270. https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020. 11.003

Sinkovic L., Kokalj D., Vidrih R., Meglic V. (2020). Milling fractions fatty acid composition of common (Fagopyrum esculentum Moench) and tartary (Fagopyrum tataricum (L.) Gaertn) buckwheat. Journal of Stored Products Research. 2020. 85. doi: 10.1016/j.jspr.2019.101551

Song Y.J., Lee G.A., Yoon M.S., Ma K.H., Choi Y.M., Lee J.R., Jung Y., Park H.J., Kim C.K., Lee M.C. (2011). Analysis of Genetic Diversity and Population Structure of Buckwheat (Fagopyrum esculentum Moench.) Landraces of Korea Using SSR Markers // Korean Journal of Plant Resources. 2011. 24(6). 702-711.

Sytar O., Brestic M., Zivcak M., Tran L.P. (2016). The contribution of buckwheat genetic resources to health and dietary diversity. Current Genomics. 2016. 17(3). 193-206

Todesco M., Pascual M.A., Owens G.L., Ostevik K.L., Moyers B.T., Hübner S., Heredia S.M., Hahn M.A., Caseys C., Bock D.G., Rieseberg L.H. (2016). Hybridisation and extinction // Journal of Evolutionary Applications, 2016 Feb 22. 9(7): 892-908. https://doi.org/10.1111/eva.12367

Volobaeva V.A. (2022). elementy struktury urozhaya grechihi obyknovennoj v usloviyah Severnogo Kazahstana. Materialy mezhdunarodnoj nauchnoprakticheskoj konferencii «Sejfullinskie chteniya. 18. « Molodezh i nauka – vzglyad v budushee». 2022. T.I. Ch.II. Pp. 245-248.

Zargar, S.M., Hami, A., Manzoor, M., Mir, R.A., Mahajan, R., Bhat, K.A., Gani, U., Sofi, N.R., Sofi, P.A. & Masi, A. (2023). Buckwheat OMICS: Present status and future prospects. Critical Reviews in Biotechnology, 44(5), 717-734. https://doi.org/10.1080/07388551.2023.2229511

N.A. Sarbassova – conducting hybridisation experiments, data collection and analysis, drafting the manuscript, visualising the results.
A.B. Rysbekova – conceptualisation, methodology, project management, editing the manuscript.
E.N. Dyussibaeva – participation in the preparation of seed material and conducting hybridisation.
A.T. Kulbayeva – participation in interspecific hybridisation, conducting statistical analyses, checking and verifying data.
M.M. Abylkairova – selection of parental lines, conducting hybridisation.

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 119–129
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/10
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 68.35.03; 68.35.29

A.V. Yuzyuk*, S.B. Kokusheva, I.V. Chilimova
LLP "Scientific and Production Center of Grain Farming named after A.I. Barayev", Kazakhstan, Akmola Region.
E-mail: juzjuk2808@mail.ru

BREEDING OF SPRING BARLEY IN THE STEPPE CONDITIONS OF AKMOLA REGION

Yuzyuk Alexander Vasilyevich, Head of Laboratory, "Scientific and Production Center of Grain Farming named after A.I. Baraev" LLP, Nauchny settlement, Shortandy District, Akmola Region, Kazakhstan
E-mail: juzjuk2808@mail.ru, https://orcid.org/0009-0001-5740-2655;
Kokusheva Saltanat Birlesovna, Researcher, "Scientific and Production Center of Grain Farming named after A.I. Baraev" LLP, Nauchny settlement, Shortandy District, Akmola Region, Kazakhstan
E-mail: saltanat3018@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-9940-8190;
Chilimova Irina Vladimirovna, Researcher, "Scientific and Production Center of Grain Farming named after A.I. Baraev" LLP, Nauchny settlement, Shortandy District, Akmola Region, Kazakhstan
E-mail: coronela@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8016-646X.

Abstract. *Introduction.* The creation of highly productive, high-quality barley varieties supports the strategic objectives for the development of the Republic of Kazakhstan's agro-industrial complex, ensures food security and solves the problem of a shortage of high-quality feed. *Materials and methods.* During 2024–2025 20 lines of spring barley were evaluated at the competitive variety testing nursery of "SPC GF named after A.I. Baraev" LLP and 40 lines were evaluated at the preliminary variety testing nursery; their productivity was determined and a biochemical assessment was carried out. *Results and Discussion.* This article reviews priority research areas in the breeding of spring barley for the steppe and dry steppe regions of Northern Kazakhstan. Based on studies of a range of traits, the barley lines 7/10, 88/11–4, and 52/12 from the competitive variety trial, as well as lines 127/14, 19/13–4, 58/10, and 136/12 from the preliminary variety testing were selected. The highest average protein yield in the competitive variety testing over the study period was obtained from line 7/10–665.5 kg/ha (+46.3 kg/ha above the standard). In preliminary variety testing, the highest average protein yield among hulled varieties was obtained from line 58/10–696.2 kg/ha (+63.7 kg/ha compared to the standard) and among huskless varieties, line 136/12–555.1 kg/ha (+11.2 kg/ha compared to the standard). Two promising lines were identified based on amino acid content: 7/10 and 88/11–4. Line 7/10 exceeded the standard for particularly important essential amino acids. *Conclusions.* As a result of the research, genotypes of promising barley breeding material have been identified that combine high yield potential with improved grain quality characteristics, making them valuable for further breeding studies.

Keywords: barley, line, breeding, productivity factors, yield, protein, amino acid composition
For citation: Yuzyuk A.V., Kokusheva S.B., Chilimova I.V. (2026). Characteristics of Promising Spring Barley Lines in the Steppe Conditions of Akmola Region // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 119–129. https://doi.org/10.37884/5-2026/10 [In Russ.].
Competing interests: The authors declare that there is no conflict of interest.
Appreciation: *This work was carried out as part of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan's Targeted Funding Programme, BR 24892821: "Breeding and primary seed production of cereal crops to increase productivity, quality and stress tolerance in various soil and climate zones of Kazakhstan".*

А.В. Юзюк*, С.Б. Кокушева, И.В. Чилимова
«А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС
Научный кенті, Қазақстан.
E-mail: juzjuk2808@mail.ru

АҚМОЛА ОБЛЫСЫНЫҢ ДАЛА ЖАҒДАЙЫНДА ЖАЗДЫҚ АРПА СЕЛЕКЦИЯСЫ

Юзюк Александр Васильевич, зертхана меңгерушісі, «А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС. Қазақстан, Ақмола облысы, Шортанды ауданы, Научный ауылы E-mail: juzjuk2808@mail.ru, https://orcid.org/0009-0001-5740-2655;
Кокушева Салтанат Бирлесовна, ғылыми қызметкер, «А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС. Қазақстан, Ақмола облысы, Шортанды ауданы, Научный ауылы E-mail:saltanat3018@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-9940-8190;
Чилимова Ирина Владимировна, ғылыми қызметкер, «А.И. Бараев атындағы астық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС. Қазақстан, Ақмола облысы, Шортанды ауданы, Научный ауылы E-mail:coronela@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8016-646X.

Аннотация. *Кіріспе.* Арпаның жоғары өнімді әрі сапалы сорттарын шығару Қазақстан Республикасының агроөнеркәсіптік кешенін дамыту жөніндегі стратегиялық міндеттерді орындауға, азықтүлік қауіпсіздігін қамтамасыз етуге және сапалы жем-шөп тапшылығын азайтуға мүмүкіндік береді. *Материалдар мен әдістер.* 2024 – 2025 жылдары «А.И. Бараев атындағы АШҒӨО» ЖШС конкурстық сорт сынау питомнигінде жаздық арпаның 20 линиясы және алдын ала сорт сынау питомнигінде 40 линиясы зерттеліп, олардың өнімділігі анықталды және биохимиялық бағалау жүргізілді. *Нәтижелер және талқылау.* Мақалада Солтүстік Қазақстанның далалы және құрғақ далалы аймағының жағдайында жаздық арпа селекциясындағы зерттеулердің басым бағыты қарастырылған. Белгілер кешені бойынша жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде конкурстық сорт сынауда 7/10, 88/11–4, 52/12 линиялары және алдын ала сортты сынауда 127/14, 19/13–4, 58/10, 136/12 линиялары бөлінді. Зерттеу жылдарында КСИ-де ақуыздың максималды орташа шығымы 7/10–665,5 кг/га (стандартқа+ 46,3 кг/га) линиялары алынды. ПСИ-де пленкалы формалардағы ақуыздың максималды орташа шығымы 58/10–696,2 кг/га (стандартқа+63,7 кг/га), жалаңаш тұқымды формаларында 136/12–555,1 кг/га (стандартқа+11,2 кг/га) линияларынан алынды. Аминқышқылдарының құрамы бойынша екі перспективалық - 7/10 және 88/11–4 - линиялары бөлініп алынды. Аса маңызды аминқышқылдарының құрамы бойынша 7/10 линиясы стандарттан жоғары көрсеткіш көрсетеді. *Қорытынды.* Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде жоғары өнімділік пен астық сапасының жақсартылған көрсеткіштерін біріктіретін арпаның перспективалы селекциялық материалының генотиптері анықталды, бұл әрі қарайғы селекциялық жұмыстар үшін құнды.

Түйін сөздер: арпа, линия, селекция, өнімділік элементтері, өнімділік, ақуыз, аминқышқылдарының құрамы

Дәйексөз үшін: Юзюк А.В., Кокушева С.Б., Чилимова И.В. (2026). Ақмола облысының далалы аймағы жағдайында жаздық арпаның перспективалық сызықтарының ерекшеліктері // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 119–129. https://doi.org/10.37884/5-2026/10 [In Russ.].

Мүдделер қақтығысы: авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

Алғыс. *Жұмыс Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің, BR24892821 «Қазақстанның әртүрлі топырақ – климаттық аймақтарында өнімділік, сапа және стресске төзімділік әлеуетін арттыру үшін дәнді дақылдардың селекциясы және бастапқы тұқым шаруашылығы» бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру шеңберінде орындалды.*

А.В. Юзюк*, С.Б. Кокушева, И.В. Чилимова
ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства им. А.И. Бараева», Научный, Казахстан.
E-mail: juzjuk2808@mail.ru

СЕЛЕКЦИЯ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ СТЕПИ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Юзюк Александр Васильевич, заведующий лабораторией, ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства имени А.И. Бараева». Казахстан, Акмолинская обл., Шортандинский р-н, п.Научный
E-mail: juzjuk2808@mail.ru, https://orcid.org/0009-0001-5740-2655;
Кокушева Салтанат Бирлесовна, научный сотрудник, ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства имени А.И. Бараева». Казахстан, Акмолинская обл., Шортандинский р-н, п. Научный
E-mail:saltanat3018@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-9940-8190;
Чилимова Ирина Владимировна, научный сотрудник, ТОО «Научно-производственный центр зернового хозяйства имени А.И. Бараева». Казахстан, Акмолинская обл., Шортандинский р-н, п. Научный
E-mail:coronela@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-8016-646X.

Аннотация. *Введение.* Создание высокопродуктивных сортов ячменя высокого качества реализует стратегические задачи по развитию агропромышленного комплекса Республики Казахстан, обеспечивает продовольственную безопасность, решает проблему с дефицитом высококачественной кормовой базы. *Материалы и методы.* За 2024–2025 гг. в питомнике конкурсного сортоиспытания ТОО «НПЦЗХ им. А.И.Бараева» изучено 20 линий ярового ячменя и 40 линий питомника предварительного сортоиспытания, определена их продуктивность и проведена биохимическая оценка. *Результаты и обсуждение.* В статье рассмотрено приоритетное направление комплексных исследований в селекции ярового ячменя для условий степной и сухостепной зоны Северного Казахстана. В результате проведенных исследований по комплексу признаков выделены линии ячменя 7/10, 88/11–4, 52/12 конкурсного сортоиспытания и линии 127/14, 19/13–4, 58/10, 136/12 предварительного сортоиспытания. Максимальный средний выход белка в КСИ за годы изучения был получен у линии 7/10–665,5 кг/га (+ 46,3 кг/га к стандарту). В ПСИ максимальный средний выход белка у пленчатых форм был получен у линии 58/10–696,2 кг/га (+63,7 кг/га к стандарту), у голозерных форм линия 136/12–555,1 кг/га (+11,2 кг/га к стандарту). По содержанию аминокислот выделено две перспективные линии - 7/10 и 88/11–4. По содержанию особо значимых незаменимых аминокислот стандарт превысила линия 7/10. *Выводы.* В результате проведенных исследований выделены генотипы перспективного селекционного материала ячменя, сочетающие высокую продуктивность и улучшенные показатели качества зерна, представляющие ценность для дальнейших селекционных работ.

Ключевые слова: ячмень, линия, селекция, элементы продуктивности, урожайность, белок, аминокислотный состав

Для цитирования: Юзюк А.В., Кокушева С.Б., Чилимова И.В. (2026). Особенности перспективных линий ярового ячменя в условиях степи Акмолинской области // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 119–129. https://doi.org/10.37884/5-2026/10 [In Russ.].

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарность. *Работа выполнена в рамках Программно-целевого финансирования Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан, BR 24892821 «Селекция и первичное семеноводство зерновых культур для повышения потенциала продуктивности, качества и стрессоустойчивости в различных почвенно-климатических зонах Казахстана».*

Введение.

Зерновые культуры по праву относят к самому значительному источнику белков. Их доля вклада в общий объём потребления белков составляет 57 %. При этом фактическая ценность белков зерновых по своим свойствам довольно близка к потенциальным возможностям [Маркевич и др., 2013: 178–185].

Ячмень занимает четвертое место по объёму производства среди зерновых культур. Умение ячменя адаптироваться практически к любым неблагоприятным окружающим условиям среды, делает его универсальной культурой, способной к возделыванию в различных агроэкологических зонах многих стран [Capo-chichi et al., 2023: 1006719; Батакова и др., 2025: 11–16].

Основной объём возделываемого ячменя используется в качестве кормов. Зелёный корм из растений ячменя, зерно являются важным источником энергии для жизнедеятельности сельскохозяйственных животных. По данным Бюро национальной статистики, в Республике Казахстан на 1 января 2026 года в хозяйствах всех категорий поголовье КРС насчитывалось 8167,2 тыс. голов – это 102,4 % к

уровню 2025 года, поголовье лошадей 4595,7 тыс. голов – это 105,5 % к уровню 2025 года, поголовье овец и коз 20550,6 тыс. голов – это 101,6 % к уровню 2025 года [Бюро Национальной статистики, 2026]. Статистика показывает, что есть небольшая тенденция роста поголовья этих сельскохозяйственных животных. В связи с этим возрастает необходимость обеспечения животноводства достаточным объёмом кормов высокого качества. Применение не только количества, но и качественных кормов способствует полному использованию генетического потенциала животного.

В пищевой сфере из зерна ячменя производят крупы, муку, ячменный солод, суррогат кофе. Кондитерские и хлебобулочные изделия с добавлением ячменной муки входят в категорию здорового и сбалансированного питания, также используются при разработке специализированных продуктов питания для людей с диабетом [Bernád et al., 2024: 1268847; Elouadi et al., 2023: 1204572; Сумина и др., 2020: 23–31].

Отличительной особенностью питательной ценности зерна ячменя является повышенное содержание белка и незаменимых аминокислот, по составу которых оно превосходит практически все другие злаки. В зерне ячменя может содержаться до 20 % белка, при этом в состав входит полный набор аминокислот, включая особенно ценные лизин и триптофан. Отдельно выделяют зерно сортов голозерных форм, которое обладает высокой усвояемостью энергии – более 87 %.

Аминокислоты как основные составные компоненты белков играют исключительно важную роль в жизнедеятельности организмов. При попадании в живой организм аминокислоты включаются в сложную систему биохимических процессов, а многие из них обладают широким спектром биологической активности [Баймуратов и др., 2024: 53–65; Миняева, 2016: 43-47].

Количественное содержание белков и аминокислот являются ключевыми биохимическими показателями биологической ценности кормов. Нехватка белка в кормах подталкивает селекцию к поиску новых сортов и гибридов, с повышенным его содержанием и более сбалансированным аминокислотным профилем [Мельникова и др., 2022: 137–142].

Перед селекцией всегда актуальна задача – повысить урожайность. Выведение новых сортов и сортосмена позволяют повысить урожайность зерновых культур. Новые сорта дают больший уровень урожайности благодаря адаптации к конкретным почвенно-климатическим условиям, стабильности урожая в условиях меняющихся погодных условий, эффективному использованию ресурсов. Между тем наряду с повышением уровня урожайности существует проблема повышения качественных характеристик зерна, которые объединяют в себе большое количество показателей, основными из которых являются содержание белка и аминокислот [Зайцева и др., 2024: 82–94]. Поэтому сегодня значительную актуальность приобретает селекция на комплексную оценку селекционного материала ярового ячменя, ориентированная на выделение источников высокой продуктивности и высокого качества. Это становится важным условием для создания новых высокопродуктивных сортов ячменя с повышенным содержанием белка и аминокислот, стабильных в условиях засухи

Новизна исследования состоит в том, что впервые в степных условиях Акмолинской области выполнена комплексная оценка селекционных линий ячменя, включающая зоотехнический анализ, анализ уровня урожайности, анализ элементов структуры урожая, анализ содержание белка и аминокислот в зерне, а также определен количественный сбор белка зерном с единицы площади.

Материалы и методы.

Полевые исследования проводились в соответствии с общепринятыми методическими подходами по Доспехову Б.А. [Доспехов., 1985: 351]. Посев образцов проводился в рекомендованные сроки в четырёхкратной повторности, учетная площадь делянки 25м² с нормой высева 350 всхожих зёрен на 1 м², глубина заделки семян 5–6 см. Фенологические наблюдения проводились согласно методике проведения сортоиспытания сельскохозяйственных растений РК [Об утверждении методики, 2011: 164]. Определение содержания белка проводилось по ГОСТ 10846–91, аминокислотного состава - по ГОСТ Р 55569–13, сырого протеина по ГОСТ 13496.4–19, сырой клетчатки по ГОСТ 13496.2–91, сырой золы по ГОСТ 26226–95, сырого жира по СТ РК Р 50817–2008, безазотистых экстрактивных веществ и перевариваемого протеина по методике ЦИНАО, обменной энергии и кормовых единиц по ГОСТ 4808–87. Отбор растений для зоотехнического анализа проводился в фазу начала колошения. Отбор растений для структурного анализа проводился в фазу физиологической спелости.

Объектом исследований служили селекционные линии ячменя конкурсного сортоиспытания (КСИ) и предварительного сортоиспытания (ПСИ). Сравнение проводилось со стандартами: пленчатый сорт – Астана 2000, голозёрный сорт – Целинный голозёрный. Почва опытного участка представ-

лена южными карбонатными чернозёмами характеризующаяся содержанием гумуса в пахотном слое 2,66–3,56 %, щелочной реакцией среды (pH 8,7–8,9), средним уровнем обеспеченности нитратными формами азота (10,5–13,9 мг/кг), от низкого до среднего уровня подвижным фосфором (15,6–24,4 мг/кг) и очень высоким уровнем подвижного калия (759–867 мг/кг). Предшественник – чистый пар. Агротехника соответствовала зональным рекомендациям. Погодные условия зафиксированы метеостанцией п. Шортанды-1. Полученные экспериментальные данные обрабатывались с помощью пакета программ SNEDECOR [Сорокин., 2012: 282].

Результаты.

Метеорологические условия вегетационных периодов 2024–2025 гг. заметно различались уровнем увлажнения (рисунок 1). В июне 2024 года выпало осадков больше на 34,4 мм, в июле – на 50,9 мм, в августе – на 71,4 мм по сравнению с 2025 годом. Температуры июня и июля 2024 года были выше на 2,1 ºС и 1,0 ºС этих же месяцев 2025 года, а в августе 2024 на 0,8 ºС ниже августа 2025 года. Условия 2024 года были обеспеченно увлажненными, ГТК составил 1,2. Осадки в июне, июле и августе превышали среднемноголетний показатель на 22,8 мм, 6,3 мм и 66,8 мм соответственно. Температура в июне и июле была выше нормы на 4,3 ºС и 1,8 ºС, в августе – на уровне среднемноголетней.

В 2025 году условия были засушливыми, ГТК составил 0,6. Температура июня, июля и августа превышала нормы на 2,2 0С, 0,8 ºС и 0,7 ºС, при этом осадков выпало меньше на 12,6 мм в июне, 44,6 мм в июле и 4,6 мм в августе.

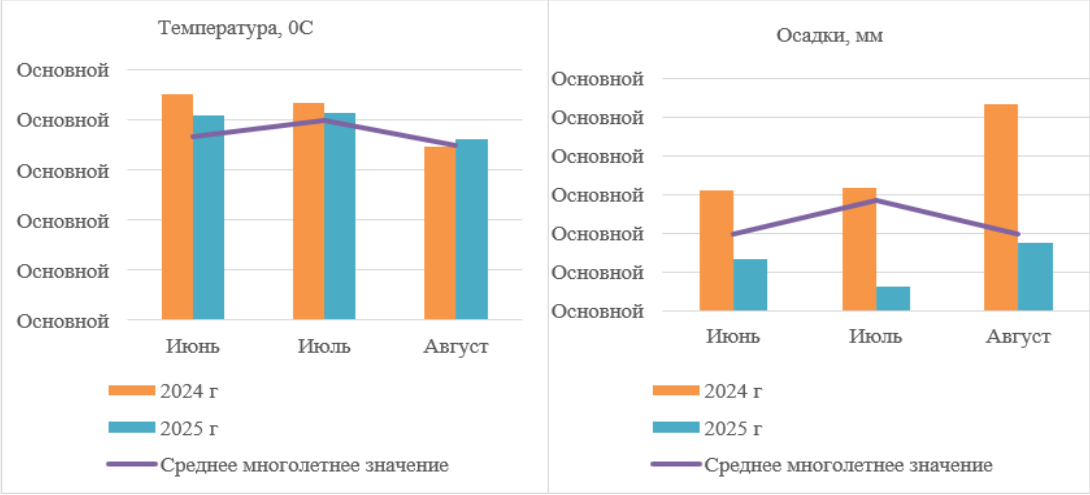


Рис. 1. Метеорологические условия вегетационных периодов 2024-2025 гг.
[Fig. 1. Meteorological conditions during the growing seasons of 2024–2025.]

Температура за годы изучения в основном находилась в оптимальном диапазоне для роста и развития ярового ячменя. Достаточное количество осадков в 2024 году, превышающие среднее многолетнее значение способствовали формированию высокого уровня урожая. Недостаток осадков в 2025 году вызвал снижение уровня урожайности.

Яровой ячмень широко используют в качестве зеленых и сухих кормов, так как животные охотно поедают зелёную массу и сено ячменя. В связи с тем, что одним из основополагающих параметров ценности кормов является их качество, которое напрямую влияет на рост, развитие, здоровье и продуктивность животных нами была проведена биохимическая оценка качества и питательности линий КСИ ячменя, убранных в начальный период колошения и высушенных до сухого состояния для установления качества корма и возможности их использования в качестве сухого корма (таблица 1).

Результаты зоотехнического анализа показали различия по качеству и питательной ценности сухого вещества у перспективных линий КСИ. У четырёх линий массовая доля сырого протеина в сухом веществе ячменя превышала на 4–5 % стандартный сорт Астана 2000 (14,12 %). Содержание сырой клетчатки находилось на уровне 28,80–30,47 %, сырой золы на уровне 8,84–9,31 %, что говорит о сходном минеральном составе, безазотистых экстрактивных веществ на уровне 42,98–45,56 %. По содержанию сырого жира три линии превышали стандарт на 8–11,7 %. Перевариваемого протеина было больше, чем у стандарта у всех линий на 5,5–7 %. Обменная энергия составила 9,70–9,81 МДж, кормовые единицы находились в диапазоне 0,733–0,780 кг/кг. Высокая переваримость наблюдалась у линии 88/11-4, так как она характеризовалась минимальным содержанием сырой клетчатки – 28,80

%, а также у этой линии выявлены наибольшие значения перевариваемого протеина -10,73 %, обменной энергии – 9,81 мДж и кормовых единиц – 0,780 кг/кг. Высокое значение перевариваемого протеина наблюдалось также у линии 7/10.

Таблица 1. Результаты биохимической оценки качества и питательности линий КСИ 2024–2025 гг.

Сорт, линия	Массовая доля в сухом веществе, %					Питательность 1 кг сухого вещества		
	Сырого протеина	Сырой клетчатки	Сырой золы	Сырого жира	Безазотистые экстрактивные вещества	Перевариваемый протеин, %	Обменная энергия, МДж	Кормовые единицы, кг/кг
Астана 2000, St	14,12	28,95	8,89	2,47	45,56	10,02	9,78	0,776
7/10	14,84	30,47	9,01	2,68	42,98	10,73	9,51	0,733
88/11-4	14,84	28,80	8,84	2,71	44,79	10,73	9,81	0,780
52/12	14,76	29,44	9,31	2,76	43,71	10,66	9,70	0,762
35/12	14,69	29,02	8,95	2,43	44,90	10,58	9,77	0,774

В условиях опыта 2024–2025 гг. проведена сравнительная оценка перспективных линий ячменя КСИ и ПСИ по продолжительности вегетационного периода и уровня урожайности. Нами установлено, что по срокам созревания изучаемые перспективные линии и стандартные сорта ячменя относились к среднеспелой группе. Вегетационный период выделенных по урожайности линий в 2024 году варьировал от 75 до 77 дней и от 77 до 79 дней в 2025 году. (таблицы 2,3). Достаточно влагообеспеченный вегетационный период 2024 года в сочетании с благоприятным температурным режимом способствовали получению высокого уровня урожая ячменя до 48,5 ц/га в питомнике КСИ и до 49,2 в питомнике ПСИ.

Таблица 2. Продолжительность вегетационного периода и уровень урожайности перспективных линий КСИ, 2024–2025 гг.

Сорт, линия	Вегетационный период, сутки			Урожайность, ц/га			
	2024 г.	2025 г.	Среднее	2024 г.	2025 г.	Среднее	+ к St
Астана 2000, St	75	77	76	43,3	35,7	39,5	-
7/10	75	79	77	45,7	39,7	42,7	3,2
88/11-4	75	79	77	48,5	38,5	43,5	4,0
52/12	77	78	77	43,7	37,6	40,6	1,1
35/12	77	78	77	45,4	36,4	40,9	1,4
НСР 05	2,2	1,7					

Несмотря на засушливые условия вегетационного периода 2025 года, уровень урожайности линий ячменя находился на достаточно высоком уровне до 39,7 ц/га в питомнике КСИ и до 41,6 ц/га в питомнике ПСИ. Это объясняется тем, что осадки, выпавшие в зимне-весенний период в количестве 68,1 мм, соответствовали 108 % к среднемноголетнему показателю и вовремя выпавшие осадки июня месяца в комплексе с адаптивностью изучаемых линий способствовали получению хороших всходов и своевременному прохождению последующих фаз развития, и соответственно формированию будущего урожая ячменя на данном уровне.

По итогам оценки наиболее урожайными за 2024-2025 гг. в сравнении со стандартным сортом Астана 2000 оказались четыре линии: в КСИ 7/10 (+3,2 ц/га) и 88/11-4 (+4,0 ц/га), а в ПСИ 19/13-4 (+2,9 ц/га) и 58/10 (+2,8 ц/га).

Проведенный нами структурный анализ уровня урожайности показал значительный вклад в ее формирование таких основных ключевых и важных элементов, как количество продуктивных стеблей, количество зерна в колосе, масса зерна с колоса и масса 1000 зёрен.

Среднее значение продуктивной кустистости у перспективных линий КСИ варьировала в пределах 2,9–4,1 шт. у стандарта 2,7 шт. (таблица 4). Наибольшее число зёрен в колосе сформировала линия 52/12–21,9 шт., превысив стандарт на 2,9 зерна. По массе зерна с колоса все линии превзошли стандарт, максимальное значение отмечено у линии 52/12–1,07 г. 2025 год был более благоприятным для налива зерна, так как отмечено общее увеличение массы зерна с колоса. Наиболее крупнозерной оказалась линия 88/11–4 (50,0 г), превысившая по массе 1000 зёрен стандарт на 4,7 г. В 2025 году у ли-

нии 35/12 отмечено значительное снижение массы 1000 зерен, что говорит о нестабильности признака.

Таблица 3. Продолжительность вегетационного периода и уровень урожайности перспективных линий ПСИ 2024–2025 гг.

Сорт, линия	Вегетационный период, сутки			Урожайность, ц/га			
	2024 г.	2025 г.	Среднее	2024 г.	2025 г.	Среднее	+ к St
Пленчатые формы							
Астана 2000, St	75	77	76	45,7	37,6	41,6	-
127/14	77	77	77	47,9	34,2	41,0	0,6
19/13-4	73	77	75	49,2	39,7	44,4	2,8
58/10	75	77	76	47,3	41,6	44,5	2,9
Голозерные формы							
Целинный голозерный, St	77	79	78	39,8	31,1	35,4	-
136/12	79	79	79	37,2	32,6	34,9	- 0,5
НСР 05	2,0	1,9					

Таблица 4. Основные элементы продуктивности перспективных линий КСИ, 2024–2025 гг.

Сорт, линия	Продуктивная кустистость, шт.			Число зёрен в колосе, шт.			Масса зерна с колоса, г			Масса 1000 зёрен, г		
	2024г.	2025г.	Сред-нее	2024г.	2025г.	Сред-нее	2024 г.	2025 г.	Сред нее	2024 г.	2025г.	Сред нее
Астана 2000, St	1,8	3,6	2,7	19,5	18,5	19,0	0,87	0,89	0,88	45,4	45,2	45,3
7/10	4,2	4,0	4,1	17,7	22,0	19,8	0,93	1,18	1,05	47,8	47,9	47,8
88/11-4	3,8	3,3	3,5	19,6	21,3	20,4	1,1	1,01	1,05	55,0	45,0	50,0
52/12	1,4	4,5	2,9	19,8	24,1	21,9	0,89	1,25	1,07	43,8	43,2	43,5
35/12	3,8	3,3	3,5	19,3	22,5	20,9	0,97	1,15	1,06	48,5	37,3	42,9
НСР 05	1,1	1,8		3,0	3,7		0,2	0,2				

В ПСИ за годы изучения по продуктивной кустистости стандарт не превысили ни одна из изучаемых линий (таблица 5). Наибольшее число зёрен в колосе сформировала пленчатая линия 127/14, превысив стандарт на 1,1 зерно. Наибольшая масса зерна с колоса отмечена у пленчатых линий 127/14 и 58/10–1,05 г. По массе 1000 зёрен все пленчатые линии превысили стандарт, наиболее крупнозерной оказалась линия 58/10. Голозёрная линия 136/12 незначительно превысила стандарт Целинный голозёрный по массе зерна с колоса и массе 1000 зёрен.

Таблица 5. Основные элементы продуктивности перспективных линий ПСИ, 2024–2025 гг.

Сорт, линия	Продуктивная кустистость, шт.			Число зёрен в колосе, шт.			Масса зерна с колоса, г			Масса 1000 зёрен, г		
	2024 г.	2025 г.	Сред-нее	2024 г.	2025 г.	Сред-нее	2024 г.	2025 г.	Сред нее	2024 г.	2025 г.	Сред-нее
Плёнчатые формы												
Астана 2000, St	2,9	3,8	3,3	18,6	20,3	19,4	0,8	1,0	0,9	46,6	44,9	45,7
127/14	1,7	3,6	2,6	21,3	19,8	20,5	1,1	1,0	1,05	51,4	43,3	47,3
19/13-4	2,1	2,5	2,3	19,1	17,4	18,2	1,0	0,8	0,9	49,4	44,9	47,1
58/10	1,5	2,2	1,8	20,5	18,4	19,4	1,0	0,9	1,05	51,0	48,5	49,7
Голозёрные формы												
Целинный голозерный, St	2,8	2,6	2,7	24,2	21,1	22,6	1,0	0,8	0,9	41,4	35,9	38,6
136/12	2,4	2,7	2,5	20,7	18,3	19,5	1,1	0,8	0,95	50,2	41,8	38,8
НСР 05	1,1	1,2		3,0	2,8		0,2	0,2				

Образцы ячменя, обладающие высокой озернённостью представляют собой ценный материал для селекционных программ, направленных на ее повышение у сортов с низкой озернённостью, а генотипы с высокой массой 1000 зёрен служат источником крупнозёрности, что крайне важно в повышении уровня урожайности ярового ячменя.

Одним из важнейших и ценных показателей, определяющих пищевую и кормовую ценность зернофуражных культур, является содержание в них макронутриента – белка. В связи с чем нами в 2024-2025 гг. была проведена оценка содержания белка в зерне и его сбора с урожаем у перспективных линий ярового ячменя. Результаты биохимической оценки зерна линий ячменя показали, что среднее содержание белка за годы изучения у выделенных перспективных линий ячменя КСИ варьировало от 14,24 до 15,57 %, а линий ПСИ от 15,06 до 15,68 у плёнчатых форм и от 15,27 до 15,86 у голозёрных форм (таблица 6). По содержанию белка линия 7/10 КСИ находилась на уровне стандарта, остальные немного ему уступали, в ПСИ же наоборот все пленчатые и голозёрная линии превышали соответствующие стандарты.

Таблица 6. Содержание и валовый сбор белка у перспективных линий КСИ и ПСИ ячменя, 2024–2025 гг.

Сорт, линия	Содержание, %			Сбор, кг/га		
	2024 г.	2025 г.	Среднее	2024 г.	2025 г.	Среднее
КСИ плёнчатые формы						
Астана 2000, St	16,71	14,44	15,57	723,5	515,5	619,2
7/10	16,32	14,74	15,53	745,8	585,2	665,5
88/11-4	14,54	13,94	14,24	705,2	536,7	620,9
52/12	15,84	13,64	14,74	692,3	512,9	602,6
ПСИ плёнчатые формы						
Астана 2000, St	16,18	13,95	15,06	740,5	524,5	632,5
127/14	15,95	15,18	15,56	764,0	538,9	651,4
19/13-4	15,67	14,70	15,18	771,0	583,6	677,3
58/10	15,34	16,03	15,68	725,6	666,8	696,2
ПСИ голозёрные формы						
Целинный голозёрный, St	15,83	14,72	15,27	630,0	457,8	543,9
136/12	16,59	15,13	15,86	617,1	493,2	555,1

Одним из важных показателей, интегрирующий урожайность и содержания белка в зерне выступает валовый сбор белка с единицы площади. На количественный сбор белка с единицы площади помимо содержания белка в зерне, существенное влияние оказывает величина урожайности.

Нами отмечено, что исходя из уровня урожайности и содержания белка в зерне наибольший средний выход белка с 1 га в КСИ за годы изучения был получен у линии 7/10–665,5 кг/га, + 46,3 кг/га к стандарту, что обусловлено более высокой урожайностью. Наибольший средний выход белка в ПСИ у пленчатых форм получен линией 58/10–696,2 кг/га, превышение на 63,7 кг/га над стандартом, что также обусловлено более высокой урожайностью. Сбор белка у голозерной линии 136/12 ПСИ составил 551,1 кг/га (+ 11,2 кг/га) к стандарту, что обусловлено более высоким содержанием белка в зерне.

Содержание белка у голозёрного ячменя в основном выше, чем у плёнчатого. Это обусловлено генетическими особенностями накопления белка, относительно повышенной долей зародыша и алейронового слоя и морфологической особенностью – зерно голозёрного ячменя не покрыто жёсткой цветковой пленкой, отделение которой у плёнчатых ячменей при изготовлении продуктов питания приводит к значительной потере полезных для организма веществ. Химический состав зерна голозёрного ячменя имеет ряд преимуществ по сравнению с плёнчатыми формами [Дорошенко и др., 2019: 131–139; Malhotra и др., 2022: 898220].

Благодаря этой особенности кормовая и пищевая ценность голозёрного ячменя по сравнению с пленчатыми значительно выше. Голозёрный ячмень используют в качестве ценного источника для повышения качества зерна при создании новых генотипов. Большей частью зерно голозёрных форм ячменя, которое характеризуется высоким содержанием незаменимых и заменимых аминокислот используют в производстве продуктов питания, кормов для повышения питательной и потребительской ценности [Лукина, 2022: 524–536].

Для повышения пищевой и кормовой ценности зерна ячменя недостаточно увеличивать содер-

жание белка, нужно улучшать аминокислотный состав, его сбалансированность. В связи с чем немаловажно определять аминокислотный состав линий ячменя на завершающих стадиях селекционного процесса при создании новых сортов. Полученные значения по аминокислотному составу зерна изучаемых перспективных линий ячменя представлены в таблице 7.

Таблица 7. Содержание аминокислот в перспективных линиях КСИ ячменя, 2024–2025 гг.

Наименование аминокислоты	Сорт, линия			
	Астана 2000, St	52/12	7/10	88/11-4
Содержание незаменимых аминокислот, г/100 г зерна				
Лизин	0,368	0,355	0,405	0,350
Метионин	0,188	0,165	0,180	0,191
Треонин	0,415	0,393	0,426	0,477
Лейцин + изолейцин	0,983	0,900	0,985	0,932
Фенилаланин	0,711	0,643	0,734	0,691
Валин	0,578	0,545	0,575	0,527
Сумма незаменимых аминокислот	3,243	3,001	3,305	3,168
Содержание заменимых аминокислот, г/100 г зерна				
Аргинин	0,728	0,754	0,787	0,662
Тирозин	0,357	0,278	0,305	0,325
Гистидин	0,244	0,206	0,215	0,308
Пролин	1,10	1,492	1,801	1,723
Серин	0,505	0,495	0,553	0,548
Аланин	0,476	0,457	0,490	0,469
Глицин	0,475	0,437	0,500	0,470
Сумма заменимых аминокислот	3,885	4,119	4,651	4,505
Общая сумма аминокислот	7,128	7,120	7,956	7,673
+ к St	-	- 0,008	+0,828	+0,545

Из данных таблицы 6 следует, что по содержанию всех аминокислот стандартный сорт Астана 2000 превысили две перспективные линии – 7/10 на 0,828 г/100 г и 88/11–4 на 0,545 г/100 г, линия 52/12 находилась на уровне стандарта. По содержанию незаменимых аминокислот стандарт превысила линия 7/10 на 0,062 г/100 г, а по особо ценному лизину на 0,037 г/100 г. По сумме заменимых аминокислот перспективные линии 52/12, 7/10 и 88/11-4 превысили стандартный сорт.

Обсуждение.

Новизна и практическая ценность проводимой нами научно-исследовательской работы заключается в изучении, оценке и отборе генотипов ячменя с улучшенным комплексом хозяйственно-ценных признаков, возделываемых в условиях степи Акмолинской области, для создания новых сортов, а также использования их в селекционных программах в качестве доноров ценных признаков.

Проведенная биохимическая оценка качественных показателей и питательности сухого зеленого корма из перспективных линий ячменя показала преимущество линии 88/11–4, благодаря высокому уровню перевариваемого протеина – 10,73 %, максимальной обменной энергии – 9,81 % и наибольшей кормовой ценности – 0,780 кг/кг.

В увлажненном 2024 году получен высокий уровень урожайности в КСИ до 48,5 ц/га и до 49,2 ц/га в ПСИ. В засушливом 2025 году уровень урожайности составил в КСИ до 39,7 ц/га и до 41,6 ц/га в ПСИ. Сохранение высокого уровня продуктивности ячменя в засушливый год указывает на хорошую экологическую пластичность исследуемого селекционного материала и адаптивность к неблагоприятным условиям возделывания [Филиппов и др., 2021: 172–179].

Среднее по годам содержание белка в изучаемых линиях составило от 14,24 до 15,86 %, что относится к достаточно высокому уровню его содержания.

Использование в оценке линий ячменя показателя валового сбора белка, позволяет более расширено и объективно оценить селекционный материал. Линия 7/10 КСИ обеспечила средний сбор 665,5 кг белка с одного га, что на 46,3 кг больше, чем у стандарта, а линия 58/10 ПСИ обеспечила средний сбор 696,2 кг белка с 1 га, что на 63,7 кг больше, чем у стандарта.

По аминокислотному составу наиболее ценной оказалась линия 7/10 КСИ, превысившая стан-

дартный сорт по сумме незаменимых аминокислот на 0,062 г/100 г, а по содержанию одной из лимитирующих аминокислот – лизина на 0,037 г/100 г. Линия 88/11–4 КСИ характеризовалась повышенным содержанием общей суммы аминокислот, что делает ее перспективной для дальнейшей селекционной работы.

Выводы.

Погодные условия 2024–2025 гг. значительно различались по уровню увлажнения, 2024 год был достаточно увлажнённым, 2025 год – засушливым.

Использование перспективных линий ячменя на сухой зелёный корм для сельскохозяйственных животных позволит повысить качество используемых кормов, так как у изучаемых линий содержание сырого протеина (до 14,84 %) и перевариваемого протеина (до 10,73 %) находится на достаточно высоком уровне, умеренное содержание клетчатки 28,80 - 30,47 %, повышенное содержание сырого жира – до 2,76 %, достаточно высокое содержание кормовых единиц – до 0,780 кг/кг.

В среднем за два года изучения продолжительность вегетационного периода у всех перспективных линий КСИ составила 77 суток (стандарт Астана 2000 – 76 суток), у линий ПСИ – от 75 до 77 суток (стандарт Астана 2000 – 76 суток). Это говорит о близости генотипов по скороспелости и отсутствии существенных различий по данному признаку.

В питомнике КСИ по итогам уборки были выделены наиболее урожайные линии – 7/10 (+3,2 ц/га к стандарту) и 88/11-4 (+4,0 ц/га к стандарту), в питомнике ПСИ линии – 19/13–4 (+ 2,8 ц/га к стандарту) и 58/10 (+ 2,9 ц/га к стандарту). Наибольшую стабильность уровня урожайности по годам показали линия 7/10 КСИ и 58/10 ПСИ.

Наибольший вклад в формирование урожайности линий питомников КСИ и ПСИ внесли такие элементы продуктивности, как: количество продуктивных стеблей, количество зерен в колосе, масса зерна с колоса и масса 1000 зёрен. Линия 7/10 КСИ сформировала наибольшее количество продуктивных стеблей – 4,1 шт., стабильную по годам массу 1000 зёрен – 47,8 г. Линия 88/11–4 КСИ выделена по формированию максимальной массы 1000 зёрен – 50 г и по стабильному формированию массы зерна с колоса по годам – 1,05 г. Линия 58/10 ПСИ формировала максимальную и стабильную по годам массу 1000 зёрен – 49,7 г. Линия 127/14 ПСИ выделена по наибольшему числу зёрен в колосе – 20,5 шт., стандарт – 19,4 шт.

Среднее содержание белка у изучаемых линий КСИ составляло 14,24–15,68 %, у пленчатых линий ПСИ 15,03–15,68 и 15,27–15,86 у голозерных, что является высоким уровнем. Наибольший сбор белка с гектара обеспечили линия 7/10 КСИ (665,5 кг/га) и 58/10 ПСИ (696,2 кг/га) за счет более высокого уровня урожайности.

Анализ содержания общей суммы всех определяемых аминокислот в зерне перспективных линий ячменя КСИ выявил преимущество линии 7/10, общее накопление составило 7,956 г/100 г, что больше стандарта на 0,828 г/100 г. Также линия 7/10 по сумме заменимых аминокислот превысила стандарт на 0,766 г/100 г, по сумме незаменимых аминокислот – на 0,107 г/100 г. Линия 88/11–4 по общей сумме аминокислот превысила стандарт на 0,545 г/100 г, по сумме заменимых аминокислот – на 0,620 г/100 г. Анализ по отдельным незаменимым аминокислотам показал, что преимущество по содержанию особо ценного лизина отмечено у линии 7/10, превышение над стандартом составило 0,037 г/100 г. Линия 88/11–4 выделена по содержанию метионина – 0,191 г/100 г (+0,003 к стандарту), по содержанию треонина – 0,477 г/100 г (+ 0,062 к стандарту). У линии 7/10 выявлено максимальное содержание лейцина и изолейцина – 0,985 г/100 г, фенилаланина – 0,734 г/100 и треонина – 0,426 г/100 г. Исходя из анализа содержания аминокислот, перспективная линия 7/10 обладает наиболее высоким и сбалансированным их содержанием, включая незаменимые, благодаря чему она имеет преимущество по аминокислотной ценности зерна, линия 88/11–4 также отличается повышенным содержанием анализируемых аминокислот. С точки зрения повышения пищевой и кормовой ценности сортов ячменя повышенное содержание аминокислот, особенно незаменимых, имеет особо важное значение.

Высокие значения уровня продуктивности, кормовая ценность, содержание белка, его сбор с единицы площади, аминокислот играют решающую роль в определении хозяйственной ценности изучаемых линий.

Выделенные перспективные линии (7/10, 88/11–4, 19/13–4, 58/10 и 136/12) представляют собой ценный материал для селекции ярового ячменя в условиях степи Акмолинской области, сочетающих высокую кормовую ценность сухой массы, высокую урожайность с улучшенными показателями качества зерна и адаптивность к условиям возделывания. Линии, благодаря этим характеристикам, об-

ладают широкими перспективами использования – в качестве сухого корма, зерна на корм, зерна на пищевые цели. Перспективная линии 7/10 КСИ ячменя, благодаря проведённой комплексной оценки, готова для передачи на Государственное сортоиспытания для дальнейшей всесторонней ее оценки и допущения к использованию. Линии питомника ПСИ будут переведены в питомник КСИ для дальнейшего комплексного изучения. Выделенные перспективные линии, благодаря хорошему качеству и хорошей питательности, можно использовать в качестве сухих кормов. Перспективные линии будут включаться в селекционный процесс в качестве доноров хозяйственно-ценных признаков.

REFERENCES

Bernád V., Al-Tamimi N., Langan P., Gillespie G., Dempsey T., Henchy J., Harty M., Ramsay L., Houston K., Macaulay M., Shaw P.D., Raubach S., Mcdonnel K.P., Russell J., Waugh R., Khodaeiaminjan M. and Negrão S. (2024). Unlocking the genetic diversity and population structure of the newly introduced two-row spring European HerItage Barley collecTion (ExHIBiT). Front. Plant Sci. 15:1268847. Doi: 10.3389/fpls.2024.1268847

Batakova O.B., Korelina V.A., Zobnina I.V. (2025). Perspektivnyj selekcionnyj material yachmenya yarovogo dlya ekstremal'nyh severnyh uslovij RF [Text] // Agrarnyj nauchnyj zhurnal. 2025. No 1. Pp. 11–16. http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2025i1pp11-16. [in Russ.]

Bajmuratov, A., Iskakov, A., & Sariev, B. (2024). Dostizheniya i perspektivnye napravleniya selekcii yachmenya v kazahskom nii zemledeliya i rastenievodstva [Text] // Izdenister Natigeler, (2-1 (special), 53–65. https://doi.org/10.37884/2-1-2024/539 [in Russ.]

Capo-chichi L.J.A., Elakhdar A., Kubo T., Nyachiro J., Juskiw P., Capettini F., Slaski J.J., Ramirez G.H. and Beattie A.D. (2023). Genetic diversity and population structure assessment of Western Canadian barley cooperative trials. Front. Plant Sci. 13:1006719. doi: 10.3389/fpls.2022.1006719

Dospekhov B.A. (1985). Metodika polevogo opyta [Text] - 5-e izd., dop. i pererab. — M.: Agropromizdat, 1985. 351 p. in Russ.]

Doroshenko E.S., Filippov E.G., Doncova A.A., Sidorenko V.S. (2019). Izuchenie golozernyh sortov yarovogo yachmenya v usloviyah Severnogo Kavkaza [Text] - Zernobobovye i krupyanye kul'tury. 2019. № 2(30). Pp. 131-139. DOI 10.24411/2309-348X-2019-11103. – EDN PKJXAQ. [in Russ.]

Elouadi F., Amri A., El-Baouchi A., Kehel Z., Jilal A. and Ibriz M. (2023). Genotypic and environmental effects on quality and nutritional attributes of Moroccan barley cultivars and elite breeding lines. Front. Nutr. 10:1204572. Doi: 10.3389/fnut.2023.1204572

Filippov E G., Bragin R.N., Doncova A.A., Doncov D.P. (2021). Ocenka ekologicheskoj plastichnosti i stabil'nosti sortov yarovogo yachmenya [Text] - Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2021. № 3(27). Pp. 172-179. DOI 10.33952/2542-0720-2021-3-27-172-179. EDN DWKKFC. [in Russ.]

Lukina K.A. (2022). Golozernyj yachmen': sistematika, selekciya i perspektivy ispol'zovaniya [Text] - Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii. 2022. T. 26. № 6. Pp. 524-536. DOI 10.18699/VJGB-22-64. – EDN KDBNLV. [in Russ.]

Markevich D.V., Putyatin Yu.V., Tavrykina O.M. (2013). Sravnitel'nyj analiz sostava nezamenimyh aminokislot v osnovnoj produkcii zernovyh kul'tur [Text] // Pochvovedenie i agrohimiya. 2013. № 1(50). Pp. 178-185. EDN VJMWYJ. [in Russ.]

Sumina A.V., Polonskij V.I. (2020). Soderzhanie cennyh veshchestv v zerne yachmenya, vyrashchennogo v kontrastnyh klimaticheskih usloviyah [Text] - Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 2020. 50(1). 23-31. https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-1-3 [in Russ.]

Minyaeva O.A. (2016). Aminokisloty, kak biologicheskie ob»ekty, v vodnyh rastvorah [Text]. Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki. 2016. № 6. Pp. 43-47. – EDN YHFBMP. [in Russ.]

Malhotra N., Sharma P., Sood H., Chandora R., Arya M., Rana J.C. and Singh M. (2022). Agro-Morphological Characterization and Nutritional Profiling of Traditional Himalayan Crop Landraces for Their Promotion Toward Mainstream Agriculture. Front. Plant Sci. 13:898220. doi: 10.3389/fpls.2022.898220

Mel'nikova O.V., Torikov V.E., Belous I.N., Sal'nikova I.A., Malyavko G.P., Sychev S.M. (2022). Urozhajnost' i aminokislotnyj sostav zerna razlichnyh sortov yarovogo yachmenya v zavisimosti ot primeneniya biopreparatov. [Text] Agrarnaya nauka. 2022. (9). 137-142 https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-137-142 [in Russ.]

Ob utverzhdenii metodiki provedeniya sortoispytaniya sel'skohozyajstvennyh rastenij. (2011). Prikaz i.o. Ministra sel'skogo hozyajstva Respubliki Kazahstan ot 13 maya 2011. № 06. 2/254. 164 p. [in Russ.]

Publications. Statistics of agriculture, forestry, hunting and fishing. https://stat.gov.kz/ru/industries/business-statistics/stat-forrest-village-hunt-fish/publications/ [in Russ.]

Sorokin O.D. (2012). Prikladnaya statistika na komp'yutere. [Text] - 2-e izd. Novosibirsk, 2012. 282 p. [in Russ.]

Zajceva I.Yu., Shchennikova I.N., Lisicyn E.M. (2024). Iskhodnyj material dlya selekcii sortov yarovogo yachmenya s vysokim kachestvom zerna. [Text] // Trudy po prikladnoj botanike, genetike i selekcii. 2024;185(2):82-94. https://doi.org/10.30901/2227-8834-2024-2-82-94 [in Russ.]

Юзюк Александр Васильевич – концептуализация, методология, курирование данных, проверка, визуализация, написание, обзор и редактирование научной публикации.

Кокушева Салтанат Бирлесовна – проведение полевых и лабораторных исследований, курирование данных, формальный анализ, ресурсы.

Чилимова Ирина Владимировна – проведение лабораторных исследований, курирование данных, формальный анализ, методология.

WATER, LAND AND FOREST RESOURCES
СУ, ЖЕР ЖӘНЕ ОРМАН РЕСУРСТАРЫ
ВОДНЫЕ, ЗЕМЕЛЬНЫЕ И ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 130–139
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/11
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 68.35.59

A. Azimov[1], Kamil Kayode Katibi[2], Zh. Yertayeva[1], G.M. Iztleuov[1]*
[1]M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan;
[2]Universiti Putra Malaysia, Serdang, Malaysia.
E-mail. gani5@mail.ru

COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE WATER RETENTION PROPERTIES AND ENVIRONMENTAL SAFETY OF BIOCOMPOSITE HYDROGELS

Azimov Abdugani Mutalovich, PhD, Head of the Laboratory of Innovative Water Treatment Systems, M. Auezov South Kazakhstan University, 5 Tauke Khan Avenue, 160000, Shymkent, Kazakhstan
E-mail: azimov-78@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1316-5854;
Kamil Kayode Katibi, PhD, Associate Professor, Department of Chemical Technology, Universiti Putra Malaysia, Serdang, Malaysia
E-mail: kamilkyode@upm.edu.my, https://orcid.org/0000-0001-8508-241X;
Yerztaeva Zhainagul Tazhibekovna, PhD, Laboratory of Innovative Water Treatment Systems, M. Auezov South Kazakhstan University
E-mail: jain_0404@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-8848-6794;
Iztleuov Gani Moldakulovich, Candidate of Chemical Sciences, Professor, Department of Ecology, M. Auezov South Kazakhstan University, 5 Tauke Khan Avenue, 160000, Shymkent, Kazakhstan
E-mail: gani5@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-5722-342X.

Abstract. In arid and semi-arid regions, including Eastern Kazakhstan, where the average annual precipitation is only about 300–350 mm, water scarcity has become a major limiting factor for agricultural development. In this regard, the improvement of water-saving technologies is considered one of the key directions for ensuring sustainable agricultural production. The aim of this study is to comprehensively evaluate the effectiveness of biocomposite hydrogels containing a polymer matrix, chitosan, cellulose, and biostimulants in enhancing soil water retention and increasing crop productivity. The research employed laboratory methods (gravimetric and thermogravimetric analysis) and field experiments, during which soil moisture content and crop yield indicators were measured. The results showed that hydrogel G-3, containing 70 % polymer matrix, demonstrated the highest water absorption capacity (up to 500% of its mass) and high thermal stability (T_{50}% = 350°C). However, its biodegradability was relatively low, reaching only 20 % over six months. In contrast, hydrogel G-2, containing 25 % chitosan, provided an optimal balance of properties: water absorption of 350 %, biodegradability of 60 %, and an increase in crop yield by 20–25 %. All tested hydrogels increased soil moisture content by approximately 15–30 %. The limitations of the study include the short duration of field trials and the limited range of crops examined. The practical significance of the work lies in demonstrating that biocomposite hydrogels are a promising solution for agriculture in arid regions, particularly in water-scarce areas such as Eastern Kazakhstan. The obtained results can serve as a basis for developing agrotechnological recommendations, increasing crop productivity, and reducing environmental impact.

Keywords: biocomposite hydrogels, crop yield, Eastern Kazakhstan, field experiment, polymer matrix, water conservation, moisture retention capacity

For citation: Azimov A., Kamil Kayode Katibi, Yertayeva Zh., Iztleuov G.M. (2026). Comprehensive

analysis of the water retention properties and environmental safety of biocomposite hydrogels // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 130–139. https://doi.org/10.37884/5-2026/11 [In Eng.].

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest related to this study.

Acknowledgements: *This research was carried out within the framework of Program No. 393-РЦФ-24-26, BR24993129, "Development of a biodegradable thermosensitive hydrogel capable of absorbing, retaining, and regulating moisture release," funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan*

А. Азимов[1], Камил Кайоде Катиби[2], Ж.Т. Ертаева[1], Г.М. Изтлеуов[1*]
[1]М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан;
[2]Малайзия Путра университеті, Серданг, Малайзия.
E-mail: gani5@mail.ru

БИОКОМПОЗИТТІК ГИДРОГЕЛЬДЕРДІҢ СУ ҰСТАУ ҚАСИЕТІ МЕН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН КЕШЕНДІ ТАЛДАУ

Азимов Абдугани Муталович, философия докторы (PhD), инновациялық су дайындау жүйелері зертханасының меңгерушісі, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан, 160000 Шымкент, Тәуке хан даңғылы, 5
E-mail: azimov-78@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-1316-5854;
Камил Кайоде Катиби, философия докторы (PhD), доцент, химиялық технология кафедрасы, Путра Малайзия университеті, Серданг, Малайзия
E-mail: kamilkyode@upm.edu.my, https://orcid.org/0000-0001-8508-241X;
Ертаева Жайнагуль Тажибековна, философия докторы (PhD), Инновациялық су дайындау жүйелері зертханасы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан, 160000 Шымкент, Тәуке хан даңғылы, 5
E-mail: jain_0404@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-8848-6794;
Изтлеуов Ғани Молдақұлұлы, химия ғылымдарының кандидаты, профессор, Экология кафедрасы, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Қазақстан, 160000 Шымкент, Тәуке хан даңғылы, 5.
E-mail: gani5@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-5722-342X.

Аннотация. Қуаң және жартылай қуаң аймақтарда, соның ішінде жылдық жауын-шашын мөлшері небәрі 300–350 мм шамасында болатын Шығыс Қазақстан өңірінде су тапшылығы ауыл шаруашылығын дамуын шектейтін негізгі факторларының біріне айналып отыр. Осыған байланысты су үнемдеу технологияларын жетілдіру тұрақты агроөндірісті қамтамасыз етудің негізгі бағыттарының бірі болып табылады. Аталған зерттеудің мақсаты — құрамында полимерлік матрица, хитозан, целлюлоза және биостимуляторлар бар биокомпозиттік гидрогельдердің топырақ ылғалын сақтау қабілетін арттырудағы және ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігін жоғарылатудағы тиімділігін кешенді бағалау. Зерттеу барысында зертханалық әдістер (гравиметриялық және термогравиметриялық талдау) мен далалық тәжірибелер қолданылып, топырақ ылғалдылығы мен өнімділік көрсеткіштері өлшенді. Нәтижелер көрсеткендей, құрамында 70 % полимерлік матрица бар G-3 гидрогелі суды сіңіру қабілеті бойынша ең жоғары көрсеткішке ие болды (өз массасының 500 %-ына дейін), сондай-ақ термиялық тұрақтылығы жоғары деңгейде тіркелді ($T_{50\%}$ = 350°C). Алайда оның биодеградация деңгейі төмен болып, алты ай ішінде оның небәрі 20 %-ға ыдырады. Ал құрамында 25 % хитозан бар G-2 гидрогелі тиімді көрсеткіштердің оңтайлы үйлесімін қамтамасыз етті: су сіңіру деңгейі – 350 %, биодеградациясы – 60 %, ал егін өнімділігі 20–25 %-ға артты. Зерттелген барлық гидрогель үлгілерін қолдану топырақ ылғалдылығын 15–30 %-ға артуына ықпал етті. Зерттеудің шектеулері ретінде далалық тәжірибелердің қысқа мерзім ішінде жүргізілуі және зерттеуге қамтылған дақыл түрлерінің саны шектеулі болуы атап өтіледі. Жұмыстың практикалық маңыздылығы – биокомпозиттік гидрогельдердің қуаң аймақтарда, әсіресе су ресурстары тапшы Шығыс Қазақстан өңірінде, ауыл шаруашылығында тиімді қолдануға болатын перспективалы шешім екенін негіздеуде. Алынған нәтижелер агротехнологиялық ұсынымдар әзірлеуге, ауыл шаурашылығы дақылдарының өнімділігін арттыруға

және қоршаған ортаға түсетін жүктемені азайтуға негіз бола алады.

Түйін сөздер: биокомпозиттік гидрогельдер, егін өнімділігі, Шығыс Қазақстан, далалық тәжірибе, полимерлік матрица, су үнемдеу, ылғал сақтау сыйымдылығы

Дәйексөз үшін: Азимов А., Камил Кайоде Катиби, Ертаева Ж.Т., Изтлеуов Г.М. (2026). Биокомпозиттік гидрогельдердің су ұстау қасиеті мен экологиялық қауіпсіздігін кешенді талдау // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 130–139. https://doi.org/10.37884/5-2026/11 [In Eng.].

Мүдделер қақтығысы: авторлар осы зерттеуге байланысты мүдделер қақтығысы жоқ екенін мәлімдейді.

Алғыс. *Бұл зерттеу № 393-ПЦФ-24-26 бағдарламасы аясында жүргізілді, BR24993129 "Разработка биоразлагаемого термочувствительного гидрогеля, способного поглощать, удерживать и регулировать выделение влаги" ҚР Ғылым және жоғары білім Министрлігі қаржыландырады.*

А. Азимов[1], Камил Кайоде Катиби[2], Ж. Ертаева[1], Г.М. Изтлеуов[1*]
[1]Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан;
[2]Университет Путра Малайзия, Серданг, Малайзия.
E-mail: gani5@mail.ru

КОМПЛЕКСНЫЙ АНАЛИЗ ВОДОУДЕРЖИВАЮЩИХ СВОЙСТВ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ БИОКОМПОЗИТНЫХ ГИДРОГЕЛЕЙ

Азимов Абдугани Муталович, доктор философии (Phd), заведующий лаборатории инновационных систем водоподготовки, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Казахстан, 160000 Шымкент, Тауке хана, 5
E-mail: azimov-78@mail.ru, http://orchid.org/0000-0002-1316-5854;
Камил Кайоде Катиби, доктор философии (Phd), доцент, кафедра химической технологии, Университет Путра Малайзия, Серданг, Малайзия
E mail: kamilkyode@upm.edu.my, https://orcid.org/0000-0001-8508-241X;
Ертаева Жайнагуль Тажибековна, доктор философии (Phd), лаборатория инновационных систем водоподготовки, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Казахстан, 160000. Шымкент, Тауке хана, 5
E-mail: jain_0404@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-8848-6794;
Изтлеуов Гани Молдакулович, кандидат химических наук, профессор, кафедра Экология, Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Казахстан,160000 Шымкент, Тауке хана, 5
E-mail: gani5@mail.ru, http://orchid.org/0000-0002-5722-342X.

Аннотация. В засушливых и полузасушливых регионах, включая Восточный Казахстан, где среднегодовое количество осадков составляет всего 300–350 мм, дефицит воды становится основным ограничивающим фактором развития сельского хозяйства. В связи с этим совершенствование водосберегающих технологий рассматривается как одно из ключевых направлений обеспечения устойчивого аграрного производства. Цель данного исследования — комплексная оценка эффективности биокомпозитных гидрогелей, содержащих полимерную матрицу, хитозан, целлюлозу и биостимуляторы, в повышении влагоудерживающей способности почвы и увеличении урожайности сельскохозяйственных культур. В ходе исследования применялись лабораторные методы (гравиметрический и термогравиметрический анализ) и полевые эксперименты, в рамках которых измерялись показатели влажности почвы и урожайности. Результаты показали, что гидрогель G-3, содержащий 70 % полимерной матрицы, обладает наибольшей водопоглощающей способностью (до 500 % от собственной массы) и высокой термической стабильностью (T_{50}% = 350°C). Однако его биодеградация оказалась низкой и составила лишь 20 % за шесть месяцев. В то же время гидрогель G-2, содержащий 25 % хитозана, продемонстрировал оптимальное сочетание свойств: водопоглощение – 350 %, биодеградация — 60 %, а урожайность увеличилась на 20–25 %. Все исследованные гидрогели повысили влажность почвы на 15–30%. К ограничениям исследования относятся короткая продолжительность полевых испытаний и ограниченный набор изученных сельскохозяйственных культур. Практическая значимость работы заключается в доказательстве того, что биокомпозитные гидрогели являются перспективным решени-

ем для сельского хозяйства в засушливых регионах, особенно в условиях дефицита водных ресурсов Восточного Казахстана. Полученные результаты могут быть использованы для разработки агротехнологических рекомендаций, повышения урожайности и снижения экологической нагрузки.

Ключевые слова: биокомпозитные гидрогели, урожайность сельскохозяйственных культур, Восточный Казахстан, полевой эксперимент, полимерная матрица, водосбережение, влагоудерживающая способность

Для цитирования: Азимов А., Камил Кайоде Катиби, Ертаева Ж., Изтлеуов Г.М. (2026). Комплексный анализ водоудерживающих свойств и экологической безопасности биокомпозитных гидрогелей // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 130–139. https://doi.org/10.37884/5-2026/11 [In Eng.].

Конфликт интересов: авторы заявляют, что конфликт интересов, связанный с данным исследованием, отсутствует.

Благодарность. *Данное исследование выполнено в рамках программы № 393-ПЦФ-24-26, BR24993129 «Разработка биоразлагаемого термочувствительного гидрогеля, способного поглощать, удерживать и регулировать выделение влаги», финансируемой Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан.*

Introduction.

Water scarcity is an increasing challenge for agriculture, particularly in arid and semi-arid regions affected by climate change and irregular precipitation. Limited water availability directly influences crop productivity and agricultural sustainability [Boros et al., 2024: e33364; Damian et al., 2023: 100799]. This problem is particularly relevant to Eastern Kazakhstan, where the climate is predominantly continental and dry. Annual precipitation is approximately 300–350 mm, while groundwater may occur at depths exceeding 5 m [Azimov et al., 2026: 149–157; Manabaev et al., 2026: 14–23]. These conditions contribute to insufficient soil moisture and negatively affect the productivity of important crops such as wheat and barley. Therefore, water-saving technologies are becoming increasingly important for sustainable agricultural production in the region [Azimov et al., 2026: 149–157; Boros et al., 2024: e33364].

Biocomposite hydrogels have recently attracted considerable attention as materials for improving soil moisture retention. Their three-dimensional polymer networks can absorb large amounts of water and gradually release it into the surrounding soil, which is particularly useful under irregular rainfall and limited irrigation conditions [Rana et al., 2020: 101314; Sroka et al., 2024: 2945; Zhu et al., 2024: 987–996]. The incorporation of natural components such as chitosan, cellulose, humic acids, and fulvic acids can improve the functional and environmental properties of hydrogel materials [Di Martino et al., 2025: 141744; Zhang et al., 2022: 119693].

Compared with conventional synthetic hydrogels, biocomposite systems may provide a better balance between water absorption, mechanical stability, biodegradability, and environmental compatibility [Sroka et al., 2024: 2945; Rana et al., 2020: 101314]. Chitosan can contribute to biodegradation, while cellulose can improve structural stability and facilitate gradual decomposition in soil [Zhang et al., 2022: 119693; Di Martino et al., 2025: 141744]. Humic substances may additionally influence swelling behavior, thermal response, and interactions within the polymer network [Park et al., 2023: 1423; Di Martino et al., 2025: 141744].

Previous agricultural studies have demonstrated the potential of hydrogel-based materials for improving soil moisture conditions and crop performance [Azimov et al., 2026: 228–241; Azimov et al., 2026: 149–157; Wang et al., 2023: 109835]. These findings indicate that hydrogel performance can vary depending on soil characteristics, climate, crop type, and material composition [Sroka et al., 2024: 2945; Zhu et al., 2024: 987–996].

Despite these promising results, several issues require further investigation. In particular, the long-term biodegradation of hydrogel components, their effects on soil microorganisms, and their potential influence on soil fertility remain insufficiently understood [Li et al., 2021: 50291; Sroka et al., 2024: 2945]. Therefore, assessment of both agronomic efficiency and environmental safety is necessary before their wider agricultural application.

Eastern Kazakhstan provides an important setting for such research because of its limited precipitation, periodic drought, and relatively low soil moisture availability. Recent studies in the region have demonstrated the potential of hydrogel-based approaches for improving soil moisture distribution and reducing irrigation requirements [Azimov et al., 2026: 149–157; Manabaev et al., 2026: 14–23]. However, their effectiveness

should be evaluated under local soil and climatic conditions, particularly in relation to wheat and barley cultivation.

The aim of this study was to evaluate the effectiveness of biocomposite hydrogels in retaining soil moisture, supporting plant growth, and improving crop productivity under the arid conditions of Eastern Kazakhstan. Particular attention was given to their water absorption capacity, biodegradability, and environmental safety. The results are expected to provide a scientific basis for the practical application of biocomposite hydrogels as a water-saving technology in agriculture.

Materials and Methods.

The study examined biocomposite hydrogels prepared from a polymer matrix combined with biodegradable and biologically active components. The materials were compared in terms of water absorption, mechanical stability, and environmental performance. The main components and their functional roles are summarized in Figure 1.

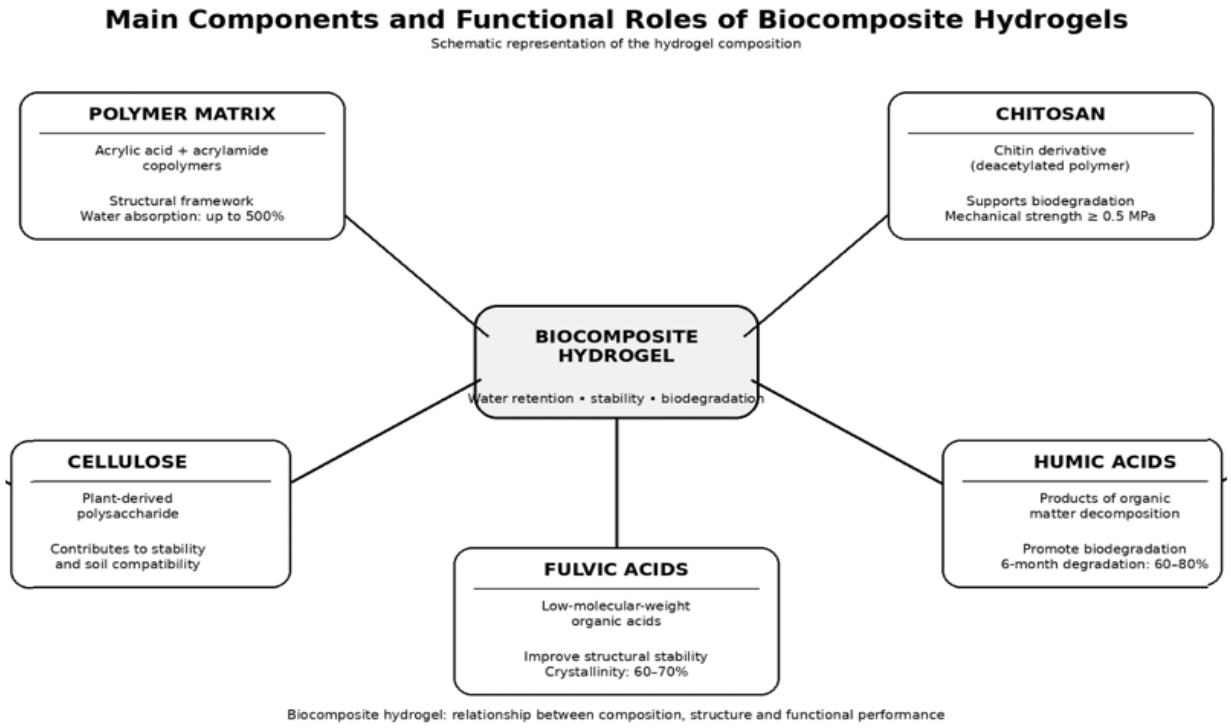


Fig. 1. Main Components of Biocomposite Hydrogels

The polymer matrix based on acrylic acid and acrylamide copolymers provides the structural framework of the hydrogel and largely determines its water-holding capacity and mechanical properties. Chitosan and cellulose were incorporated as biodegradable components, while humic and fulvic acids were used as biostimulants to support plant growth and improve soil properties.

Three formulations, designated G-1, G-2, and G-3, were evaluated (Figure 2). Their different compositions allowed the effects of polymer content, biodegradable additives, and biostimulants to be compared. G-2 contained the highest proportion of biodegradable components, including 25 % chitosan and 15 % cellulose, and was therefore expected to show greater biodegradation in soil. In contrast, G-3 contained 70 % polymer matrix, which was associated with its higher water absorption capacity. G-1 and G-2 also contained 10% biostimulants intended to support crop growth.

Overall, the three formulations differed sufficiently in composition to enable comparison of their water-retention performance, biodegradability, and potential effects on plant development.

Field experiments were conducted in Eastern Kazakhstan, a region characterized by a dry climate and limited water availability. The study site was located at 49.95°N and 82.62°E. The area has a continental climate, with an average annual temperature of approximately 3.2°C and annual precipitation of 300–350 mm, distributed unevenly throughout the year. The soil was classified as chestnut soil with 2–3 % humus, a near-neutral to slightly alkaline reaction (pH 6.5–7.5), and a loamy texture. The soil had relatively low water-holding capacity, while groundwater occurred below 5 m.

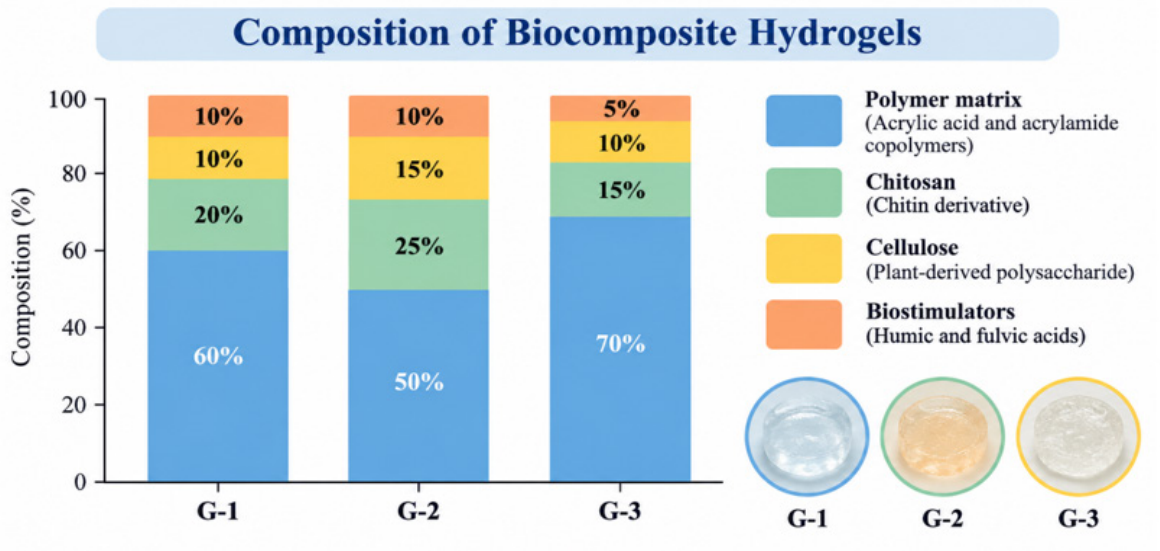


Fig. 2. Composition of the Studied Biocomposite Hydrogels

The experiments were carried out during the growing season from April to September without artificial irrigation. Thus, the performance of the hydrogels was assessed under the natural soil moisture regime. Standard tillage practices, including plowing and harrowing, were applied, and sowing was conducted from late April to early May.

The experimental area covered 500 m² and was divided into five 100 m² plots: an untreated control, G-1 (50 kg/ha), G-2 (50 kg/ha), G-3 (50 kg/ha), and G-2+ (100 kg/ha). This experimental design allowed the effects of hydrogel composition and application rate on soil moisture and crop performance to be compared.

The results (Figure 3) showed clear differences among the hydrogel formulations. G-3, containing 70 % polymer matrix, exhibited the highest water absorption capacity, reaching 500 % of its own mass. G-1 and G-2 absorbed approximately 350 % and 400 %, respectively. The lower absorption observed for these formulations may be related to their greater proportion of biodegradable components, particularly chitosan and cellulose.

Overall, the results indicate that hydrogel composition has a substantial effect on water absorption and moisture-retention performance. This property is particularly important for the application of these materials under dry climatic conditions.

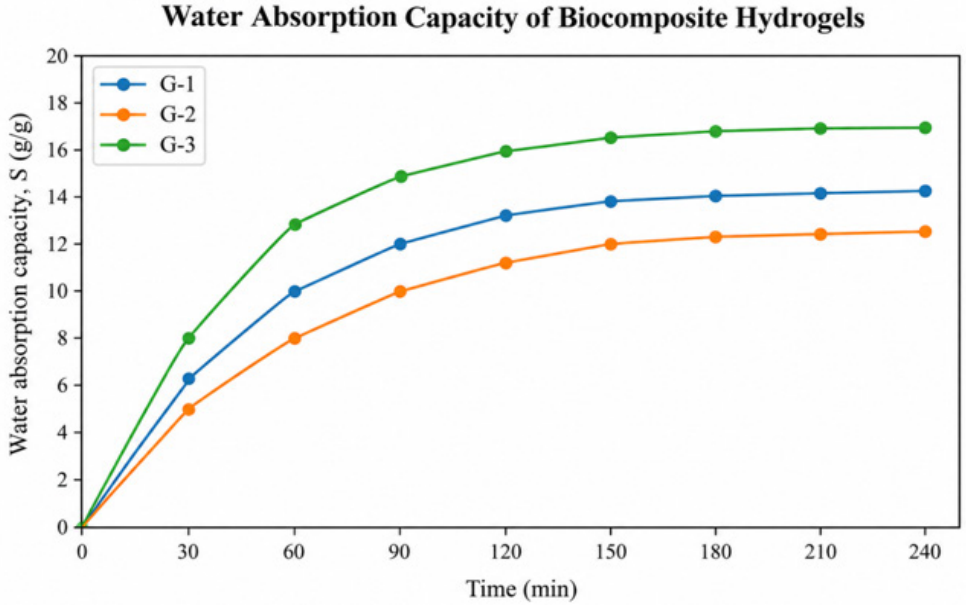


Fig. 3. Water Absorption Capacity of Biocomposite Hydrogels G-1, G-2, and G-3.

As shown in Figure 4, thermal stability and biodegradation followed an opposite trend. Increasing the polymer fraction improved resistance to thermal degradation but slowed the breakdown of the material in soil. Therefore, for agricultural applications, an appropriate balance between durability and biodegradability

is essential.

G-3 showed the highest thermal stability among the tested formulations. Its decomposition began at approximately 200°C, with the material remaining relatively stable up to 250°C. The temperature corresponding to 50 % decomposition (T_{50}) was 350°C. This behavior is consistent with its higher polymer matrix content (70 %), which contributes to greater structural stability.

The other formulations showed lower thermal resistance. For G-1, decomposition started at 180°C and T_{50} was 320°C, whereas G-2 began to decompose at approximately 170°C, with T_{50} reaching 300°C. The lower thermal stability of these samples can be associated with their higher proportion of biodegradable components.

Figure 5 presents the biodegradation of G-1, G-2, and G-3 during six months of soil incubation. All three formulations gradually degraded over time, although the rate of mass loss differed considerably among the samples. Figure 5 shows the degradation of G-1, G-2, and G-3 during six months of soil incubation. All formulations gradually decomposed, but the rate varied depending on their composition.

G-2 exhibited the highest biodegradation, reaching 60 % after six months, which can be attributed to its relatively high contents of chitosan (25 %) and cellulose (15 %). G-1 showed an intermediate degradation level of 40 %, whereas G-3, containing 70 % polymer matrix, degraded more slowly with only 20 % mass loss over the same period.

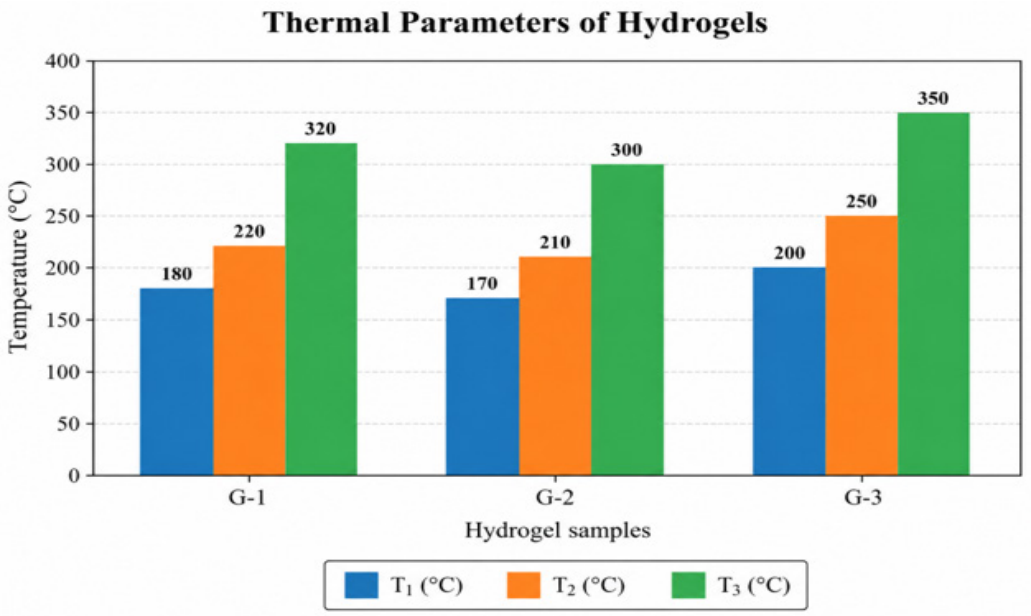


Fig. 4. Thermal Stability Parameters of Hydrogels

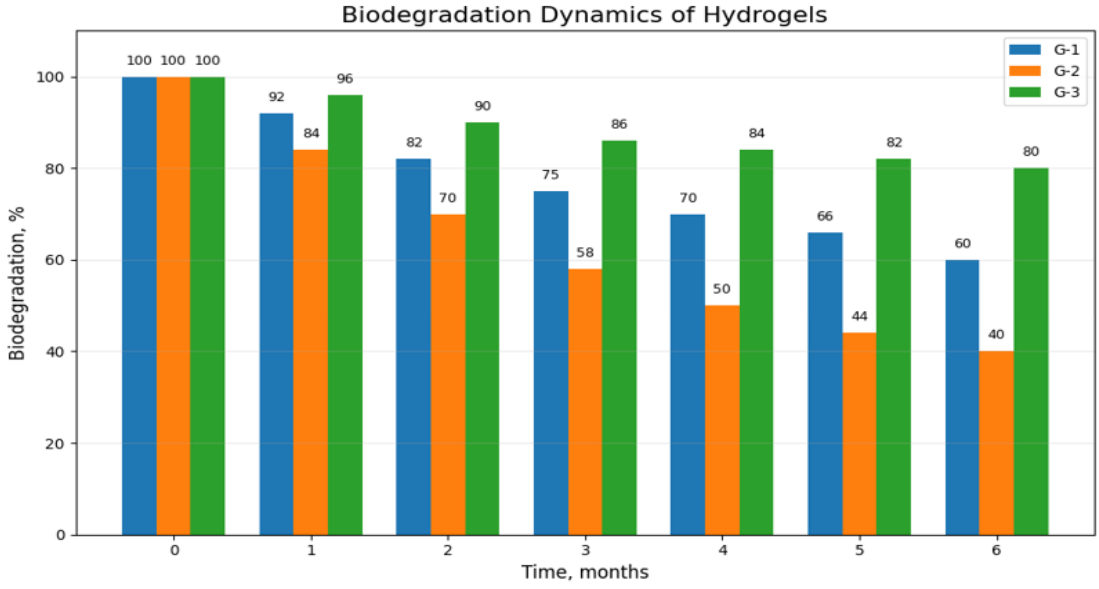


Fig. 5. Biodegradation of G-1, G-2, and G-3 during six months of soil incubation.

These results indicate that increasing the proportion of biodegradable components promotes hydrogel

degradation in soil. At the same time, maintaining a suitable balance between water-retention capacity and biodegradability is important for practical agricultural use.

The numerical data presented in Figure -6 support the trend observed in Figure 3, with G-2 showing the highest biodegradation (60 %) and G-3 the lowest (20 %).

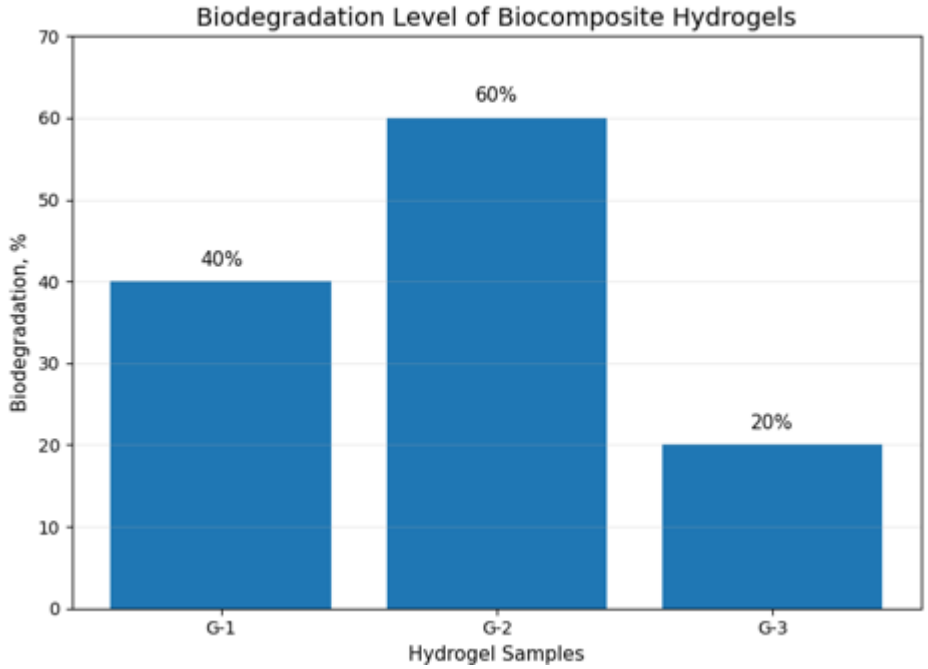


Fig. 6. Biodegradation Parameters of Hydrogels

The results demonstrate a clear relationship between hydrogel composition, water retention, and biodegradation. A higher proportion of polymer matrix improved the ability of the material to retain water but reduced its degradation rate in soil.

From a practical perspective, G-3 may be more suitable where prolonged moisture retention is required, whereas G-2 offers faster biodegradation and may be preferable for applications where a shorter residence time in soil is desirable. Thus, the appropriate formulation should be selected according to the specific agricultural objective.

Figure 7 presents soil moisture levels in the untreated control plot and in the plots receiving G-1, G-2, G-3, and G-2+ hydrogel treatments.

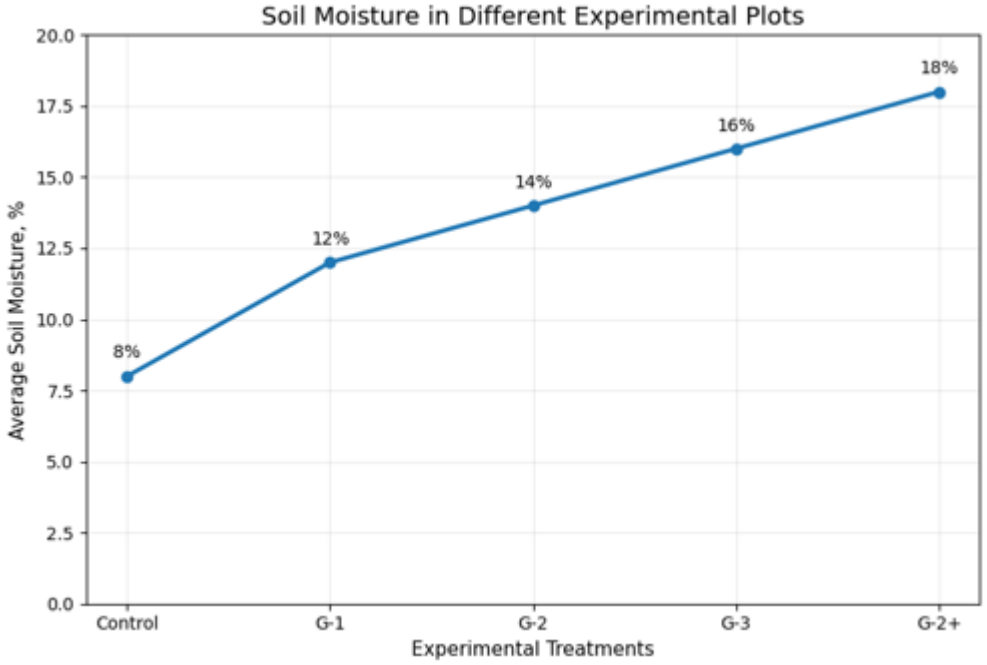


Fig. 7. Soil Moisture in Different Experimental Plots

All hydrogel treatments increased soil moisture compared with the untreated control. The greatest effect was observed for G-3, which is consistent with its higher polymer matrix content (70 %) and greater water absorption capacity.

The G-2+ treatment, applied at twice the standard dose, also improved soil moisture, although its effect was not markedly different from that of G-3. G-1 and G-2 produced moderate increases in soil moisture.

Overall, the findings indicate that biocomposite hydrogels can help reduce soil moisture loss under dry conditions. At the same time, formulation selection should consider both the required duration of moisture retention and the environmental behavior of the material.

Figure 8 summarizes the effects of G-1, G-2, G-3, and G-2+ on the growth and productivity of four crops: barley, wheat, maize, and sunflower.

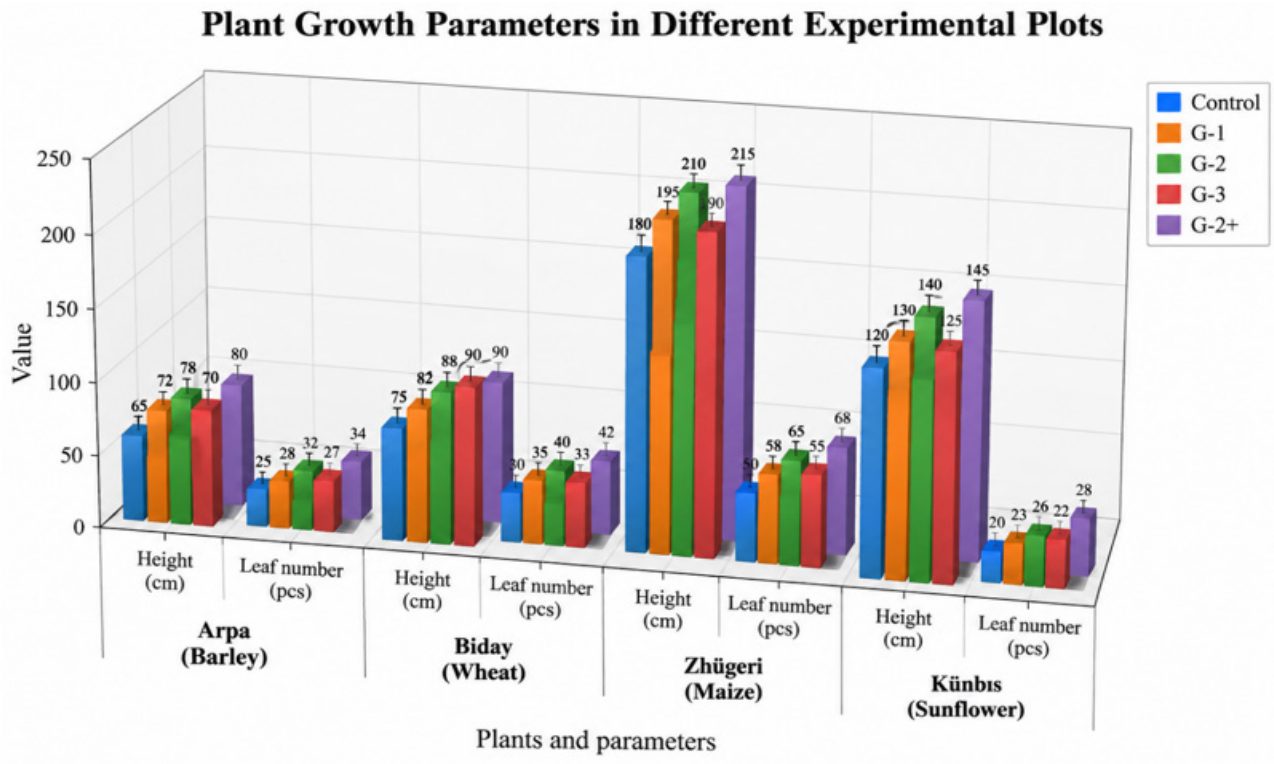


Fig. 8. Effect of Hydrogels on Crop Growth and Productivity

Hydrogel application increased plant height and crop yield across all tested crops. The highest yields were recorded with the G-2+ treatment: barley reached 34 c/ha (+36 %), wheat 42 c/ha (+40%), maize 68 c/ha (+36 %), and sunflower 28 c/ha (+40 %).

G-2 also performed well, particularly for barley and wheat. Its effectiveness may be related to the balance between biodegradability and biostimulatory activity. Although G-3 had the highest water absorption capacity, its effect on crop yield was comparatively lower, possibly because water and nutrients were released more slowly.

Maize and sunflower which require relatively greater water availability showed a clear response to hydrogel application. This finding supports the potential use of these materials in water-limited agricultural areas.

Field observations also indicated improved soil condition in the treated plots. Surface cracking was reduced and root development appeared more uniform. Thus, the hydrogels may contribute not only to moisture retention but also to maintaining favorable physical conditions in the soil.

Conclusion.

This study evaluated the performance of biocomposite hydrogels for improving soil moisture retention and crop productivity under the dry climatic conditions of Eastern Kazakhstan. Laboratory analyses and field trials were combined to assess both the physicochemical properties of the materials and their practical performance in agricultural soils.

The results confirmed that hydrogel composition strongly influenced their behavior. G-3, containing 70 % polymer matrix, showed the highest water absorption capacity (500 %) and thermal stability (T_{50} = 350°C). However, its biodegradation reached only 20 % after six months, indicating slower decomposition in soil. In

contrast, G-2, containing 25 % chitosan and 15 % cellulose, provided a better balance between performance and biodegradability. Its water absorption was 350 %, while biodegradation reached 60 % after six months. Field observations also showed improved crop productivity with hydrogel application.

All tested formulations increased soil moisture by approximately 15–30 % compared with the untreated control. The treated plots also showed more uniform moisture distribution, reduced surface cracking, and better root development. These effects indicate that biocomposite hydrogels can contribute to more efficient use of limited water resources under dry conditions.

Several limitations should be considered. The field experiment covered only one growing season and the number of tested crops was limited to wheat, barley, maize, and sunflower. In addition, the long-term effects of the hydrogels on soil microorganisms, fertility and ecosystem processes were not fully assessed.

Further research should therefore include 3–5-year field trials, a wider range of crops and detailed monitoring of soil microbiological properties. Optimization of hydrogel composition, including the possible use of natural additives, nanoparticles or enzyme-based modifiers may also improve their biodegradation and functional performance. Economic assessment is equally important to determine whether the benefits of increased yield and water conservation justify the cost of application.

Overall, the findings indicate that biocomposite hydrogels have considerable potential for sustainable agriculture in water-limited regions. Their successful implementation, however, requires a balanced assessment of agronomic performance, biodegradability, environmental safety, and economic feasibility.

REFERENCES

Azimov, A., Iztleuov, G., Omirova, R., Bolysbek, A., Sharipova, D., Yertayeva, Z., Nawi, N. & Eshburiev, T. (2026). Formaldehyde-crosslinked GIPANA–polyacrylamide hydrogel improves root-zone soil moisture, infiltration, and crop yield under arid irrigation in the Turkistan Region // Eurasian Journal of Soil Science. 15(2). 228–241. https://doi.org/10.18393/ejss.1881729

Azimov, A., Iztleuov, G., Omirova, R., Bolysbek, A., Sharipova, D., Yertayeva, Z., Nawi, N. & Yertayeva, Z. (2026). Localized subsurface placement of a polyacrylamide superabsorbent polymer improves soil moisture distribution and reduces irrigation requirement in wheat grown in Eastern Kazakhstan // Eurasian Journal of Soil Science. 15(2). 149–157. https://doi.org/10.18393/ejss.1861849

Boros, A., Gordos, B. & Tozser, D. (2024). A bibliometric analysis-based literature review of the relationship between sustainable water management and green innovations in the agricultural sector. Heliyon. 10(12). e33364. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33364

Damian, N., Mitrica, B., Mocanu, I., Grigorescu, I. & Dumitrascu, M. (2023). An index-based approach to assess the vulnerability of socio-ecological systems to aridity and drought in the Danube Delta, Romania. Environmental Development, 45, 100799. https://doi.org/10.1016/j.envdev.2022.100799

Di Martino, A., Ozaltin, K., Hua, L. S., Prianto, A. H., Syahidan, Rochima, E., Farobie, O., & Fatriasari, W. (2025). Lignin-based hydrogels for application in agriculture: A review // International Journal of Biological Macromolecules, 306(4), 141744. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.141744

Du, Z., Yan, Z., Guo, Y., Ye, R., Tehoungue, A., Li, Y., Zhang, G. & Zhang, Y. (2025). A high stretchable, transparent sericin hydrogel with antioxidant activity formed by $CaCl_2$-formic acid dissolution system. Polymer. 317. 127929. https://doi.org/10.1016/j.polymer.2024.127929

Li, Q., Zhao, Y., & Wang, M. (2021). Biodegradation kinetics of cellulose-containing hydrogels in soil environments // Journal of Applied Polymer Science. 138(14). 50291. https://doi.org/10.1002/app.50291

Manabaev, N., Yussupov, Sh., Azimov, A., Ibragimova, Z. & Iztleuov, G. (2026). Enhancing barley productivity and water conservation in arid steppes using deep slitting, hydrogel application, and an innovative Combined Seeding Unit (CSU) // Eurasian Journal of Soil Science. 15. 14–23. https://doi.org/10.18393/ejss.1814408

Park H., Kim H. & Lee S. (2023). HPAN-based biogels with improved swelling behavior and thermal stability. Polymers, 15(6), 1423. https://doi.org/10.3390/polym15061423

Rana, D., Verma, N. & Kaur, P. (2020). Natural polymer-based hydrogels: Design, properties, and agricultural applications. Progress in Polymer Science. 111. 101314. https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2020.101314

Singh, R. & Kumar, P. (2022). Eco-friendly superabsorbent hydrogels for soil water retention applications. Materials Today Sustainability. 17. 100115. https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2022.100115

Sroka, K., Pająk, J. & Nowak, A. (2024). Superabsorbent hydrogels in agriculture: Structure, properties, and environmental impact. Sustainability. 16(7). 2945. https://doi.org/10.3390/su16072945

Wang, C., Liu, S., & Ahmed, R. (2023). Synthesis of CMC/PAA hydrogels with enhanced water retention for agricultural applications // Journal of Environmental Chemical Engineering, 11(2), 109835. https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.109835

Zhang, Y., Chen, L., Wang, H., & Li, J. (2022). Biodegradable superabsorbent hydrogels for soil moisture management. Carbohydrate Polymers, 292, 119693. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2022.119693

Zhu, J., Liu, X., Zhang, Y., & Chen, D. (2024). Recent advances in superabsorbent hydrogels derived from natural polymers for sustainable agriculture // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 72(4). 987–996. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c08071

Вклад авторов:
Азимов Абдугани Муталович – концептуализация, курирование данных, формальный анализ.
Ертаева Жайнагуль Тажибековна – проверка, визуализация.
Изтлеуов Гани Молдакулович – написание – обзор и редактирование, методология.
Камил Кайоде Катиби – написание – обзор и редактирование, методология.

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 140–149
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/12
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 87.15.19

S. Anapyanova[1]*, V. Kolpakova[2], M. Nabiollina[1], Yu. Yeremeyeva[2], A.G. Sherov[3]
[1]NJSC Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan;
[2]NJSC D. Serikbayev East Kazakhstan technical university, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan;
[3]Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, National Research University, Tashkent, Uzbekistan.
E-mail: samala.79@mail.ru,

ASSESSMENT OF ANTHROPOGENIC IMPACT ON THE YERTIS RIVER

Anapyanova Samal, Master of Science in Civil Engineering, doctoral student of the Department of «Water Resources and Melioration», NJSC «Kazakh National Agrarian Research University», Kazakhstan, 050010, Almaty region, Almaty, Abay str., 8
E-mail: samala.79@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-3079-2224;
Kolpakova Valentina, Doctor of Technical Sciences, associate Professor Higher Attestation Commission of the Republic of Kazakhstan, Associate Professor of the School of Architecture, Construction and Energy, NJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan technical university», Kazakhstan, 070004, East Kazakhstan region, Ust-Kamenogorsk, D. Serikbayev str., 19
E-mail: VKolpakova@edu.ektu.kz; https://orcid.org/0000-0003-4259-0902;
Nabiollina Madina, Candidate of Agricultural Sciences, Associate professor of the Department of «Water Resources and Melioration», NJSC «Kazakh National Agrarian Research University», Kazakhstan, 050010, Almaty region, Almaty, Abay str., 8
E-mail: madina.nabiollina@kaznaru.edu.kz; https://orcid.org/0000-0002-3955-5252;
Yeremeyeva Yuliya, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer at the School of Architecture, Construction and Energy, NJSC «D. Serikbayev East Kazakhstan technical university», Kazakhstan, 070004, East Kazakhstan region, Ust-Kamenogorsk, D. Serikbayev str., 19
E-mail: yeremeyeva83@mail.ru; https://orcid.org/0000-0001-6494-1457;
Anvar Sherov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Use of Hydromelioration Systems, Faculty of Hydromelioration, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, National Research University, Uzbekistan, 100000, Tashkent, Kori Niyoziy Str., 39
E-mail: a.sherov@tiiame.uz.

Abstract. *Introduction.* The article presents a comprehensive assessment of the anthropogenic impact on the Yertis River basin, located within three administrative regions (East Kazakhstan region (EKR), Abai region and Pavlodar region), with an analysis of quantitative indicators of water use and sanitation. The purpose of the research is to assess the anthropogenic impact on the Yertis River, as well as to assess the role of wastewater treatment plants in shaping the quality of the aquatic environment using the example of the city of Serebryansk. *Materials and methods.* The paper provides an analysis of the volumes of natural water intake from surface and underground sources, the total discharge of treated wastewater, as well as domestic wastewater in each of the three regions for the analyzed periods (2020–2024). The authors used analytical, systematic and comparative methods to process the results. *Results and discussion.* Based on a comparison of data, regional differences in the structure of water consumption and sanitation were determined, and the proportion of return waters was calculated. For the period 2016–2025, the efficiency of wastewater treatment was determined using 12 chemical indicators of water quality using the example of the treatment facilities (TF) of the city of Serebryansk, EKR. The treated wastewater is discharged from the sewage TF of the city of Serebryansk into the Yertis River. An assessment is given of the impact of discharges from existing wastewater

TF with a traditional treatment scheme serving a small settlement in the EKR. The results of the study showed that although the anthropogenic load on the water body from small treatment facilities is relatively small, it is still present. *Conclusions.* A conclusion was made on the need to improve technologies for biological and deep post-treatment of wastewater to ensure the environmental sustainability of the river ecosystem.

Keywords: anthropogenic impact, river basin, natural water intake, receiver rivers, treated (not sufficiently treated) wastewater, treatment facilities

For citation: Anapyanova S., Kolpakova V., Nabiollina M., Yeremeyeva Yu., Sherov A.G. (2026). Assessment of anthropogenic impact on the Yertis river // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 140–149. https://doi.org/10.37884/5-2026/12 [In Eng.].

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

С.Б. Анапьянова[1]*, В.П. Колпакова[2], М.С. Набиоллина[1], Ю.Н. Еремеева[2], А.Г. Шеров[3]

[1]Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті КЕАҚ, Алматы, Қазақстан;

[2]Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті КЕАҚ, Өскемен, Қазақстан;

[3]Ташкент Ирригация және ауыл шаруашылығын механикаландыру инженерлері институты, Ұлттық зерттеу университеті, Ташкент, Өзбекстан.

E-mail: samala.79@mail.ru

ЕРТІС ӨЗЕНІНЕ АНТРОПОГЕНДІК ӘСЕРДІ БАҒАЛАУ

Анапьянова Самал Багдатовна, құрылыс бағыты бойынша ғылым магистрі, «Су ресурстары және мелиорация» кафедрасының докторанты «Қазақ Ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КЕАҚ, Қазақстан, 050010, Алматы, Абай көшесі, 8

E-mail: samala.79@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-3079-2224;

Колпакова Валентина Павловна, т.ғ.д., доцент ҚР ЖАК, «Сәулет, құрылыс және энергетика» мектебінің қауымдастырылған профессоры «Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КЕАҚ, Қазақстан, 070004, Шығыс Қазақстан облысы, Өскемен , Д. Серікбаев көшесі, 19

E-mail: VKolpakova@edu.ektu.kz, https://orcid.org/0000-0003-4259-0902;

Набиоллина Мадина Сагиоллаевна, а/ш.ғ.к., «Су ресурстары және мелиорация» кафедрасының қауымдастырылған профессоры «Қазақ Ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КЕАҚ, Қазақстан, 050010, Алматы, Абай көшесі, 8

E-mail: madina.nabiollina@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0000-0002-3955-5252;

Еремеева Юлия Николаевна, т.ғ.к., «Сәулет, құрылыс және энергетика» мектебінің аға оқытушысы «Д.Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан техникалық университеті» КЕАҚ, Қазақстан, 070004, Шығыс Қазақстан облысы, Өскемен, Д. Серікбаев көшесі, 19

E-mail: yeremeyeva83@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-6494-1457.

Шеров Анвар Гуломович, т.ғ.д, гидромелиорация жүйелерін пайдалану кафедрасының профессоры, гидромелиорация факультеті, Ташкент ирригация және ауыл шаруашылығын механикаландыру инженерлері институты, ұлттық зерттеу университеті, Өзбекстан, 100000, Ташкент, Кори Ниозий көшесі, 39

E-mail: a.sherov@tiiame.uz.

Аннотация. *Кіріспе.* Мақалада суды пайдалану мен су бұрудың сандық көрсеткіштеріне талдау жасай отырып, үш әкімшілік облыстарында (Шығыс Қазақстан (ШҚО), Абай және Павлодар облыстары) орналасқан Ертіс өзені бассейніне антропогендік әсердің кешенді бағасы берілген. Зерттеудің мақсаты – Ертіс өзеніне антропогендік әсерді бағалау, сонымен қатар Серебрянск қаласының мысалында су ортасының сапасын қалыптастырудағы сарқынды суларды тазарту құрылыстары рөлін бағалау. *Материалдар мен әдістер.* Жұмыста зерттелетін кезеңдерде (2020–2024 жылдар) үш облыстың әрқайсысы бойынша жерүсті және жерасты көздерінен табиғи суды алу, тазартылған сақынды сулардың жалпы көлемі(шаруашылық – тұрмыстық және өндірістік сарқынды сулар) азартылған сарқынды сулардың жалпы көлемі (шаруашылық-тұрмыстық және өндірістік сарқынды сулар), сондай-ақ шаруашылық-тұрмыстық сарқынды сулардың көлемі талданған. Зерттеу нәтижелерін өңдеу үшін авторлар аналитикалық, жүйелік және салыстырмалы әдістерді қолданды. *Нәтижелер мен талқылау.* Деректерді салыстыру негізінде су тұтыну мен су бұру құрылымындағы аймақтық айырмашылықтар анықталды, қайтарылатын сулардың үлесі есептелді. 2016–2025 жылдар аралығында су сапасының

12 химиялық көрсеткіші бойынша ШҚО Серебрянск қаласының тазарту ғимараттары (ТҒ) мысалында сарқынды суларды тазарту тиімділігі анықталды. Серебрянск қаласының тазарту құрылыстарында тазартылған сарқынды сулар Ертіс өзеніне жіберіледі. ШҚО-ның шағын елді мекеніне қызмет көрсететін дәстүрлі тазарту технологиясы бар қолданыстағы тазарту ғимараттарының сарқынды сулардың су объектісіне әсері бағаланды. Зерттеу нәтижелері шағын тазарту ғимараттарынан су нысанына түсетін антропогендік жүктеменің салыстырмалы түрде аз болғанымен, әлі де сақталатынын көрсетті. *Қорытынды.* Өзен экожүйесінің экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін сарқынды суларды биологиялық тазарту және терең тазарту технологиялары жетілдіру қажеттілігі туралы қорытынды жасалды.

Түйін сөздер: антропогендік әсер, өзен бассейні, табиғи суды алу, өзен-қабылдағыштар, тазартылған (жеткіліксіз тазартылған) төгінді сулар, тазалау ғимараттары.

Дәйексөз үшін: Анапьянова С.Б., Колпакова В.П., Набиоллина М.С., Еремеева Ю.Н., Шеров А.Г. (2026). Ертіс өзеніне антропогендік әсерді бағалау // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 140–149. https://doi.org/10.37884/5-2026/12 [In Eng.].

Мүдделер қақтығысы: Авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

С.Б. Анапьянова[1]*, В.П. Колпакова[2], М.С. Набиоллина[1], Ю.Н.Еремеева[2], А.Г.Шеров[3]

[1]НАО Казахский Национальный Аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан;
[2]НАО Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева, Усть-Каменогорск, Казахстан;
[3]Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Ташкент, Узбекистан.
E-mail:samala.79@mail.ru

ОЦЕНКА АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА РЕКУ ЕРТИС

Анапьянова Самал Багдатовна, магистр наук по направлению строительство, докторант кафедры «Водные ресурсы и мелиорация» НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Казахстан, 050010, Алматы, улица Абая, 8
E-mail: samala.79@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-3079-2224;
Колпакова Валентина Павловна, д.т.н., доцент ВАК РК, ассоциированный профессор школы «Архитектуры, строительства и энергетики», НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева», Казахстан, 070004, Восточно-Казахстанская область, Усть-Каменогорск, улица Д. Серикбаева, 19
E-mail: VKolpakova@edu.ektu.kz, https://orcid.org/0000-0003-4259-0902;
Набиоллина Мадина Сагиоллаевна, к.с/х.н., ассоциированный профессор кафедры «Водные ресурсы и мелиорация» НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Казахстан, 050010, Алматинская область, Алматы, улица Абая, 8
E-mail: madina.nabiollina@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0000-0002-3955-5252;
Еремеева Юлия Николаевна, к.т.н., старший преподаватель школы «Архитектуры, строительства и энергетики», НАО «Восточно-Казахстанский технический университет имени Д. Серикбаева», Казахстан, 070004, Восточно-Казахстанская область, Усть-Каменогорск, улица Д. Серикбаева, 19
E-mail: yeremeyeva83@mail.ru; https://orcid.org/0000-0001-6494-1457;
Шеров Анвар Гуломович, д.т.н., профессор кафедры использования гидромелиоративных систем, факультет гидромелиорации, Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства, Национальный исследовательский университет, Узбекистан, 100000, Ташкент, улица Кори Ниезий, 39
E-mail: a.sherov@tiiame.uz.

Аннотация. *Введение.* В статье представлена комплексная оценка антропогенного воздействия на бассейн реки Ертис, расположенный в пределах трёх административных областей (Восточно-Казахстанской области (ВКО), области Абай и Павлодарской области), с анализом количественных показателей водопользования и водоотведения. *Целью* исследований является оценка антропогенного воз-

действия на реку Ертис, а также оценка роли сбросов очистных сооружений в формировании качества водной среды на примере г.Серебрянска. *Материалы и методы.* В работе приведен анализ по объемам забора природной воды из поверхностных и подземных источников, общего сброса очищенных сточных вод, а также хозяйственно-бытовых сточных вод по каждой из трёх областей за анализируемые периоды (2020–2024 года). Для обработки результатов авторы использовали аналитический, системный и сравнительный методы. *Результаты и обсуждение.* На основе сопоставления данных определены региональные различия в структуре водопотребления и водоотведения, рассчитана доля возвратных вод. За период 2016–2025 гг. по 12 химическим показателям качества вод определена эффективность очистки сточных вод на примере очистных сооружений (ОС) г.Серебрянска ВКО. Сброс очищенных сточных вод с ОС г.Серебрянска осуществляется в реку Ертис. Дана оценка воздействия сбросов с действующих очистных сооружений с традиционной схемой очистки, обслуживающих небольшой населенный пункт ВКО. Результаты исследования показали, что, хотя антропогенная нагрузка на водный объект от небольших очистных сооружений относительно невелика, она все же присутствует. *Выводы.* Сделан вывод о необходимости совершенствования технологий биологической и глубокой доочистки сточных вод для обеспечения экологической устойчивости речной экосистемы.

Ключевые слова: антропогенное воздействие, бассейн реки, забор природной воды, реки-приемники, очищенные (недостаточно очищенные) сточные воды, очистные сооружения

Для цитирования: Анапьянова С.Б., Колпакова В.П., Набиоллина М.С., Еремеева Ю.Н., Шеров А.Г. (2026). Оценка антропогенного воздействия на реку Ертис // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 140–149. https://doi.org/10.37884/5-2026/12 [In Eng.].

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Introduction.

According to the World Bank, Kazakhstan's water stress level could exceed 80 % by 2040. The consequences of water scarcity will affect all sectors of the economy, particularly agriculture, industry and the housing and utilities sector (HUS) [Akhmetov, 2024].

According to international experts, the countries of Central Asia, including Kazakhstan will inevitably face water shortages from 2028 onwards. Currently, 65% of water consumption in Kazakhstan is accounted for by agriculture. Due to the poor condition of irrigation canals, water losses during transport amount to over 50 %. The introduction of water-saving technologies in the Republic of Kazakhstan's irrigation system, as part of the implementation of the objectives set out in the President's annual Addresses will enable the withdrawal of natural water resources for agricultural purposes to be reduced to 35 % of the country's total water consumption.

According to Worldometers, Kazakhstan is among the countries with high per capita water consumption which stands at almost 3,400 litres [https://www.worldometers.info/].

Based on the hydrographic principle—the grouping of rivers and water bodies that form a drainage system within specific catchment areas – the territory of Kazakhstan is divided into eight river basins: Aral-Syr Darya, Balkhash-Alakol, Ertis, Esil, Zhayik-Caspian, Nura-Sarysu, Tobyl-Torgay and Shu-Talas.

Surface water accounts for the bulk of water resources with an average annual volume of 106 km³. Of this total, 55.7 % originates within Kazakhstan, whilst the remaining 44.3 % comes from transboundary rivers flowing in from China, Uzbekistan, Russia and Kyrgyzstan [Zhabayeva, 2025].

The transboundary Yertis River basin is a complex natural and economic system facing a multitude of challenges relating both to the volume and quality of water flow and to the patterns of its formation and use in neighbouring countries.

The impact of human economic activity on water bodies is constantly increasing and has already reached such a scale that their condition is changing under the influence of human factors much faster than society can study these changes, adapt to them and develop effective measures to prevent them or mitigate their consequences.

Discharges of domestic wastewater can still be regarded as point sources of pollution in aquatic ecosystems.

As the population grows, the need for sustainable wastewater management is becoming an increasingly pressing issue; however, no studies have yet been conducted that use rigorous statistical methods to assess the impact of treated wastewater on receiving rivers [Yang et al., 2025] .

The discharge of wastewater can lead not only to a direct increase in nutrient concentrations but also to the discharge of dissolved and solid organic matter. The authors [Worrall et al., 2019] have shown that wastewater discharge has a significant effect on the concentration of dissolved organic carbon in the receiving rivers. Whelan et al. [Whelan et al., 2022] showed a significant improvement in total phosphate concentrations and biochemical oxygen consumption (BOD) in natural water sources due to their reduction as a result of improved wastewater treatment.

The discharge of wastewater into water bodies can affect a wide variety of aquatic life from microscopic organisms to large mammals, although this impact may vary across species. Even with modern wastewater treatment methods, wastewater can still negatively affect water quality [Brown et al., 2015] and harm aquatic and coastal organisms [Grabicova et al., 2017]. These findings highlight the urgent need for a comprehensive analysis of the impact of effluent discharges from treatment plants on receiving rivers.

Wastewater must be properly treated before being discharged or reused to protect the receiving reservoirs from contamination. The discharge of poorly treated wastewater usually affects water users downstream and pollutes groundwater [Joshua et al., 2017].

Wastewater treatment not only prevents environmental disasters and protects public health, but also contributes to sustainable development, economic stability and an improved quality of life. The introduction of innovative technologies to improve the quality of wastewater treatment is an essential step, given the environmental, economic and social implications involved [Guidance, 2009].

Sewage treatment plants in small towns, built in the 1970s are often in a state of disrepair, creating an unfavourable sanitary, epidemiological and environmental situation.

Many scientific papers on the global environmental impact of treated wastewater discharged into water bodies have been published in international peer-reviewed journals [Tasselli et al., 2025; Joshua et al., 2017; Chu et al., 2026].

In previous studies assessing the water quality of the Yertis River, the main focus has been on the impact of discharges from industrial enterprises [Mamyrbekova et al., 2024; Mamyrbekova et al., 2025; Zhalmagambetova et al.,2014; Krupa et al.,2024]. The impact of wastewater from domestic sewage treatment plants was generally considered in broad terms, primarily in the context of large urban wastewater systems.

However, the issue of the impact of domestic wastewater discharges from small settlements has received virtually no attention and remains understudied which highlights the need for further research in this area.

The aim of the research is to assess the anthropogenic impact on the Yertis River and to evaluate the role of effluent from wastewater treatment plants in determining the quality of the aquatic environment, using the town of Serebryansk as a case study. Treated effluent from the Serebryansk wastewater treatment plant is discharged into the Yertis River.

Methods and materials.

The data used in this study were taken from the reports of the 'East Kazakhstan Department for the Protection and Regulation of Water Resources of the Yertis Basin Water Inspectorate for the Protection and Regulation of Water Resources of the Ministry of Water Resources and Irrigation' covering a five-year period (2020–2024) and chemical indicators of wastewater quality before and after treatment at the Serebryansk wastewater treatment plant laboratory over a 10-year period (2016–2025).

Analytical, systematic and comparative methods were used to analyse the results.

The efficiency of purification (E, %) from contaminants was determined using formula (1):

$$Э = \frac{C_{en} - C_{ex}}{C_{en}} \times 100\% \quad (1)$$

C_{en} - concentration of pollutants at the inlet to the wastewater treatment plant, mg/l; C_{ex} - concentration of pollutants at the outlet of the wastewater treatment plant, mg/l.

Results and discussion.

The water resources of the Yertis River and its tributaries are vital to the livelihoods of almost 30% of Kazakhstan's population. This basin is also of great importance to Russia, particularly in terms of supplying water to the steppe regions of the Omsk Oblast and the city of Omsk. For China, the basin is a strategic source of water necessary to meet the growing needs of the Xinjiang Uyghur Autonomous Region.

In Kazakhstan, the water resources of the Yertis River and its tributaries play a vital role in the country's overall economic development. They support the livelihoods of almost 30% of the population. Around 45

% of the Republic of Kazakhstan's agricultural output is produced within the basin. The Yertis cascade of hydroelectric power stations (Bukhtarma, Ust-Kamenogorsk, Shulba) accounts for 10 % of total electricity generation (80 % of the country's hydroelectric power) [Vinokurov et al., 2025].

Tables 1 and 2 present data on the withdrawal of natural water (surface and groundwater) and the discharge of treated (and inadequately treated) wastewater in the three regions located within the Yertis River basin.

Table 1. Total volume of natural water abstracted over 5 years (m³).

№	Regions	Volume of raw water abstracted, m³				
		2020 y.	2021 y.	2022 y.	2023 y.	2024 y.
1	East Kazakhstan	524701,7	528703,97	513554,5	513210,6	438029,1
2	Abai	197725,99	175676	218064,9	22513,7	215580,1
3	Pavlodar	3609732,6	3812140,6	3637459,8	3364174,2	349946,6

Table 2.Volume of treated (or inadequately treated) wastewater discharged (m³).

№	Regions	Volume of treated (or inadequately treated) wastewater discharged (m³)				
		2020 y.	2021 y.	2022 y.	2023 y.	2024 y.
1	East Kazakhstan	353863,2 72658,3	351347,2 82609,5	340128,9 83071,6	343837,3 90750,1	259347,8 65939,2
2	Abai	72211,1 60907,6	62679,8 51788,5	70149,6 59893,2	94492,8 85445,9	70439 64474,4
3	Pavlodar	2424669,9 103288,2	2700614,5 111289,6	2643173,5 123140,5	2686871,3 108892,3	2436079,3 109671,7

Note: The numerator represents the total volume of water discharged, whilst the denominator represents the volume of domestic wastewater.

Based on the data in Tables 1 and 2, charts showing natural water withdrawal and wastewater discharge for the East Kazakhstan, Abai and Pavlodar regions within the Yertis River Basin are presented.

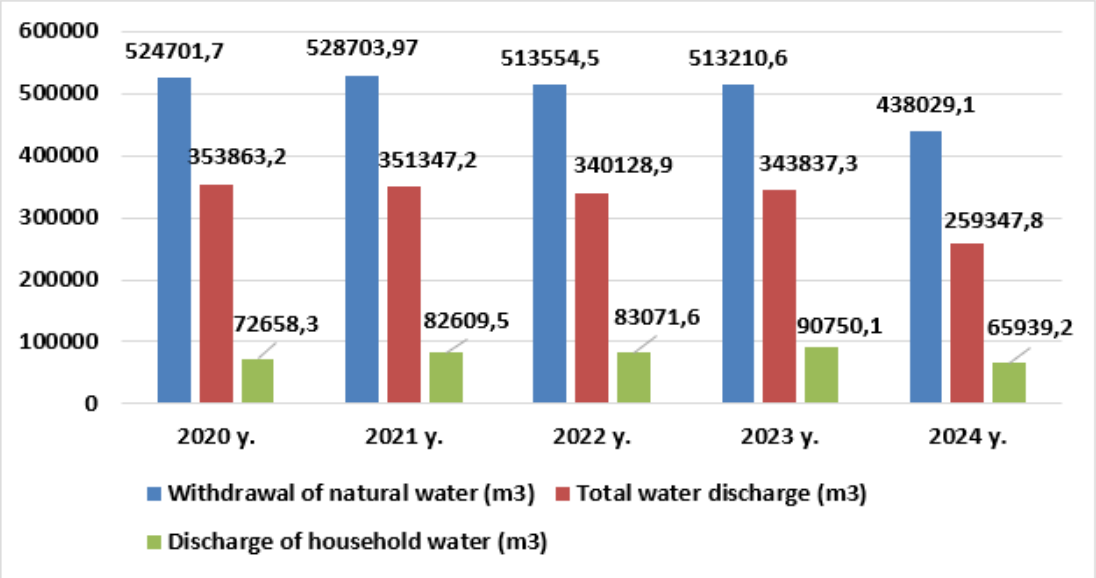


Fig. 1. Diagram of the withdrawal of natural water (m3) and discharge of treated (insufficiently treated) wastewater (m3) in the East Kazakhstan region

An analysis of the chart shows that in East Kazakhstan Region, between 57 % and 67 % of the water abstracted is subsequently returned to natural water bodies. This indicates a fairly high level of water reuse in the region, whereby a significant proportion of the water used in various sectors of the economy is returned to water bodies.

At the same time, domestic wastewater accounts for between 20.5 % and 26.4 % of the total volume of effluent discharged. In other words, approximately one-fifth to one-quarter of all returned water comes from the domestic sector, whilst the remainder is accounted for by industrial, agricultural and other types of wastewater.

Consequently, the region's wastewater management system is characterised by a predominance of recycled water and a relatively modest proportion of domestic wastewater discharges within the total discharge volume.

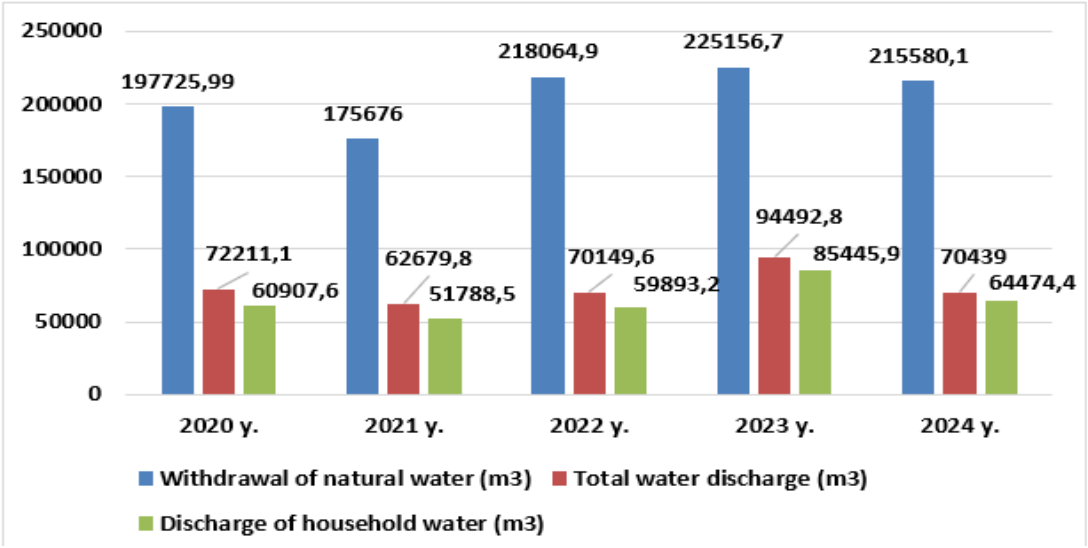


Fig. 2. Diagram of the withdrawal of natural water (m3) and discharge of treated (insufficiently treated) wastewater (m3) in the Abay region

An analysis of the chart shows that in the Abai region, between 32 % and 41 % of the water abstracted is returned to water sources. This indicates a relatively low level of water reuse compared with regions where the return rate exceeds half of the water abstracted.

At the same time, domestic wastewater accounts for between 82.6 % and 91.4 % of the total volume of wastewater discharged. In other words, the vast majority of all discharged wastewater originates from the domestic sector. This indicates the dominant role of the population and social infrastructure facilities in the region's wastewater management structure, whereas the contribution of industrial and other types of wastewater is significantly smaller.

Consequently, the region is characterised by a relatively low rate of return of abstracted water to its source, whilst domestic wastewater discharges account for the majority of total discharges.

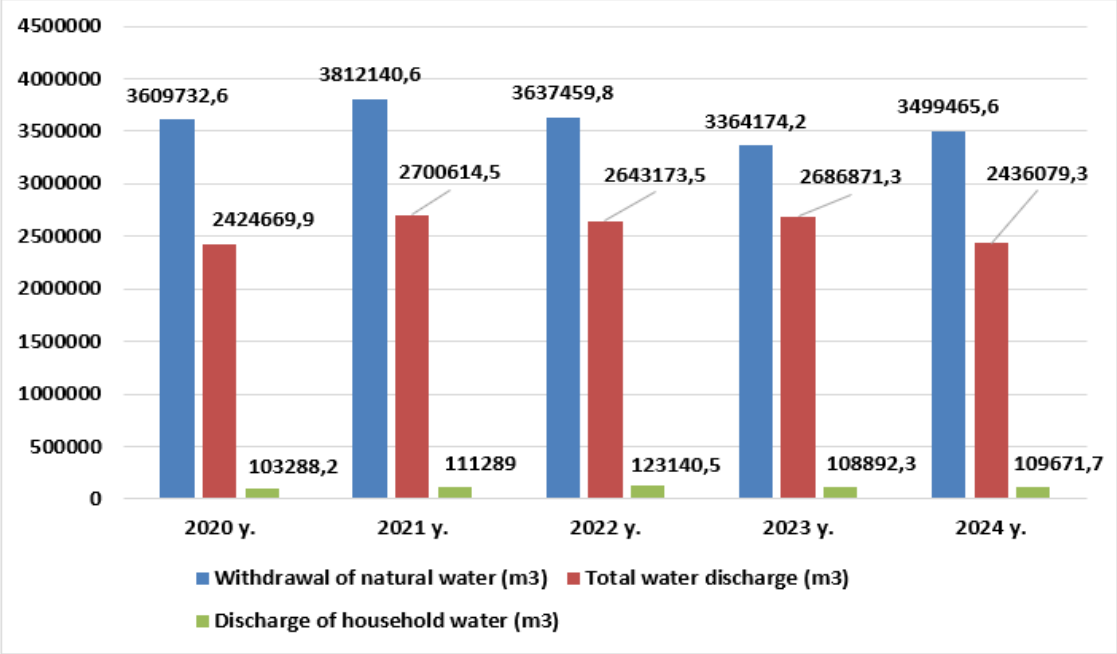


Fig. 3. Diagram of the withdrawal of natural water (m3) and discharge of treated (insufficiently treated) wastewater (m3) in the Pavlodar region

An analysis of the chart shows that in the Pavlodar region, between 67 % and 80 % of the water

abstracted is returned to natural sources. This indicates a high level of water recycling in the region and a significant proportion of recycled and reused water within the overall water consumption system.

However, domestic wastewater accounts for only 4.05 % to 4.3 % of the total volume of effluent discharged. Consequently, the domestic sector plays a minor role in the region's wastewater management system, whereas the bulk of the effluent discharged consists of industrial and other process effluents.

Overall, the region's water use pattern is characterised by a high rate of water return and a minimal proportion of domestic wastewater in the total volume of discharges.

Table 4 shows the wastewater treatment quality indicators for the Serebryansk treatment plant for the period 2016–2025. The table also presents the calculated treatment efficiency (%) based on water quality parameters.

Table 3. Wastewater treatment quality indicators at the Serebryansk treatment plant (values in mg/l).

Indicators	Years									
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
BODtot	135,77 4,79	135,77 5,08	132,3 5,53	140,9 5,45	137,99 5,66	132,88 5,6	134,1 5,52	127,6 6,6	128,01 6,9	116,04 6,81
Suspended solids	102,25 4,25	115,42 4,16	88,83 4,12	95,17 4,1	105,66 4,34	101,58 4,33	101,58 4,0	105,7 4,2	116,4 4,5	113,92 4,34
Ammonium chloride	46,01 0,75	50,5 0,7	44,99 0,64	46,67 0,65	45,66 0,69	45,33 0,61	49,33 0,63	53,3 1,0	48,33 1,16	47,08 1,08
Nitrites	0,06 0,02	0,05 0,03	0,07 0,04	0,05 0,03	0,05 0,04	0,07 0,04	0,08 0,04	0,09 0,04	0,09 0,04	0,09 0,04
Nitrates	1,05 37,46	1,31 36,98	1,25 50,53	1,1 50,23	1,21 53,0	1,23 53,58	1,25 53,51	1,28 53,7	1,3 55,4	1,14 52,08
Chlorides	55,69 41,04	53,31 37,48	53,59 35,79	51,12 36,14	52,37 36,3	53,75 36,36	51,17 36,3	51,67 46,1	49,5 44,3	47,00 42,75
Sulphates	42,3 26,78	33,42 24,51	39,4 23,79	39,27 23,66	33,25 24,15	30,83 24,28	32,1 23,97	34,17 27,58	33,3 29,3	29,5 26,17
Phosphates	10,77 0,58	13,05 0,46	8,41 0,38	8,13 0,35	11,56 0,46	12,5 0,46	10,88 0,4	13,55 0,88	13,3 0,99	12,5 1,1
Synthetic surfactants	1,25 0,04	1,06 0,04	1,04 0,04	1,08 0,04	1,09 0,04	1,1 0,04	0,55 0,04	0,34 0,02	0,3 0,02	0,26 0,01
Petroleum products	0,54 0,02	0,42 0,02	0,43 0,03	0,53 0,03	0,16 0,03	0,04 0,03	0,05 0,03	0,02 0,01	0,02 0,01	0,03 0,013
COD	340,5 32,6	360,33 30,83	305,83 32,25	312,33 30,5	324 31,75	309,5 30,83	322,9 31,83	334 32,5	329 31,1	306 29,17
Total Dissolved Solids	298,58 257,08	313,08 227,92	353 329	311 283,4	309,3 274,1	298,2 260,3	295,9 237,3	300 272,7	315,2 262	288 254,75

Note: The numerator indicates the quality of the water entering the treatment plant, whilst the denominator indicates the quality after full biological treatment (at the outlet).

Table 4. Treatment efficiency (%) by water quality parameter.

Indicators	Years									
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
BODtot	96,47	96,26	95,82	96,13	95,9	95,79	95,88	94,83	94,61	94,13
Suspended solids	95,84	96,4	95,36	95,69	95,9	95,74	96,06	96,03	96,13	96,19
Ammonium chloride	98,37	98,61	98,58	98,61	98,49	98,65	98,72	98,12	97,6	97,71
Nitrites	66,67	40	42,86	40	20	42,86	50	55,56	55,56	55,56
Nitrates	97,2	96,46	97,53	97,81	97,72	97,7	97,66	97,62	97,65	97,81
Chlorides	26,3	29,69	33,21	29,3	44,27	32,35	29,06	10,78	10,51	9,04
Sulphates	36,69	36,35	39,61	39,75	27,37	21,25	25,33	19,29	12,01	11,3
Phosphates	94,61	96,47	95,8	95,69	96,02	96,32	96,32	93,51	92,56	91,2
Synthetic surfactants	96,8	96,23	96,15	96,3	96,33	96,36	92,73	94,12	93,33	96,5
Petroleum products	96,3	95,24	93,02	94,34	81,25	25	40	50	50	56,67
COD	90,43	91,44	89,45	90,23	90,2	90,04	90,14	90,27	90,55	90,47
Total Dissolved Solids	13,89	27,2	6,8	8,87	11,38	12,71	19,8	9,1	16,88	11,54

An analysis of the data presented in Table 4 reveals varying treatment efficiency values for each

parameter over the operational period from 2016 to 2025. At the same time, the treatment efficiency for each indicator remains consistent across the different years. For example, the BODtot removal efficiency ranges from 96.47 % (2016) to 94.13 % (2025); nitrite removal ranges from 66.67% (2016) to 55.56 % (2025); and petroleum products from 96.3 % (2016) to 56.67 % (2025). The decline in treatment efficiency for some indicators can be attributed to the length of operation of the Serebryansk treatment plant.

The authors have conducted a comparative analysis of background concentrations before and after wastewater discharges from the Serebryansk wastewater treatment plant, as presented in [Anapyanova et al., 2026] and confirms that the large volume of water and significant self-purification capacity of the Yertis River make it possible to reduce the negative impacts of wastewater discharges on the river's ecological condition.

However, despite the river's natural ability to self-purify, maintaining a stable ecological condition in the river basin requires a reduction in anthropogenic pressure. This can be achieved by upgrading existing treatment facilities with the introduction of modern technological solutions aimed at removing biogenic parameters (phosphates, nitrogen compounds) and organic pollutants.

Conclusions.

Research has confirmed the need for a comprehensive assessment of the state of water resources in the Yertis Basin, given the growing water shortage and increasing anthropogenic pressure.

This article presents an assessment of the impact of discharges from existing treatment plants using a conventional treatment process, which serve a small settlement in the East Kazakhstan Region. The results of the study showed that, although the anthropogenic load on the water body from small treatment plants is relatively low, it is nevertheless present.

This indicates that the existing wastewater treatment technologies used in small-scale sewerage systems are not sufficiently effective.

The modernisation of small-scale wastewater treatment plants is therefore a key prerequisite for the sustainable development of coastal communities and the preservation of the ecological stability of the Yertis River basin in the face of increasing human impact.

REFERENCES

Anapyanova S., Kolpakova V., Kulisz M., Nabiollina M., Yeremeyeva Yu., Nurbayeva N., Sherov A. (2026). Assessment of Small-Settlement Wastewater Discharges on the Irtysh River Using Tracer-Based Mixing Diagnostics and Regularized Predictive Models. Water 18. 232 https://doi.org/10.3390/w18020232 [in Eng.]

Akhmetov. E. (2024). Nachat' nuzhno s uchyota vody, a ne s dorogostoyashhikh vodokhranilishh – ehkspert. 16 oktyabrya 2024. EHlektronnyj resurs. https://rus.baq.kz/nachat-nuzhno-s-uchyota-vody-a-ne-s-dorogostoyaschih-vodohranilisch-ekspert_185923/ (data obrashheniya 24.02.2026g.). [in Rus.]

Brown, D., Snow D., Hunt G.A., and Bartelt-Hunt S.L. (2015). Persistence of Pharmaceuticals in Effluent-Dominated Surface Waters. Journal of Environmental Quality 44. No. 1. 299–304. https://doi.org/10.2134/jeq2014.08.0334 [in Eng.]

Chu Qiang, Peng Shitao, Zhao Qing, Jia Jianna and Zheng Peng. (2026). Simulation of Water Quality Impacts from Sewage Treatment Plant Discharges in a Reversing River: A Case Study of the Maoergang River. Water. 18. 184. https://doi.org/10.3390/w18020184 [in Eng.]

Grabicova K., Grabic R., Fedorova G., Fick J., Cerveny D., Kolarova J., Turek J., Zlabek V., Randak T. (2017). Bioaccumulation of psychoactive pharmaceuticals in fish in an effluent dominated stream. Water Res. Nov 1. 124. 654-662. Epub 2017. Aug 8. PMID: 28825984. https://doi.org/110.1016/j.watres.2017.08.018 [in Eng.]

Rukovodstvo po vodnym resursam i adaptatsii k izmeneniyu klimata [EHlektronnyj resurs] // Evropejskaya ehkonomicheskaya komissiya. – Rezhim dostupa: https://unece.org/DAM/env/water/publications/documents/Guidance_water_climate_r.pdf. (data obrashheniya: 12.07.2024). [in Rus.]

Joshua N. Edokpayi, John O. Odiyo and Olatunde S. (2017). Durowoju. Impact of Wastewater on Surface Water Quality in Developing Countries: A Case Study of South Africa. Additional information is available at the end of the chapter. http://dx.doi.org/10.5772/66561 [in Eng.]

Krupa, E., Romanova, S., Serikova, A., Shakhvorostova, L. (2024). A Comprehensive Assessment of the Ecological State of the Transboundary Irtysh River (Kazakhstan, Central Asia). Water, 16, 973. https://doi.org/10.3390/w16070973 [in Eng.]

Mamyrbekova G.K., Kalybekova E.M., Kolpakova V.P., Anap'yanova S.B., Eremeeva YU.N., SHevtsov M.N. (2024). Ertis өzeni su sapasyna Ylbi salasynyң әseri. // Izdenister, Natizheler – Research, Results, 2. 341-351. https://doi.org/10.37884/2-2024/33 [in Kaz.].

Mamyrbekova G.K., Kalybekova E.M., Sairov S.B., SHerov A.G., Anap'yanova S.B., Bazarbaeva ZH.A. (2025). Prostranstvenno – vremennaya kharakteristika kachestva poverkhnostnykh vod reki ertis v cherte goroda Ust' –Kamenogorsk. // Izdenister, Natizheler – Research, Results. 1. 209-219. https://doi.org/10.37884/1-2025/25. [in Rus.]

Tasselli, S., Marziali, L., Guzzella, L., Valsecchi, L., Palumbo, M.T., Salerno, F., Copetti, D. (2025). Impact of Wastewater Treatment Plant Discharge onWater Quality of a Heavily Urbanized River in Milan Metropolitan Area: Traditional and Emerging Contaminant Analysis. Water, 17, 3276. https://doi.org/10.3390/w17223276 [in Eng.]

Vinokurov, E., Akhunbaev, A., CHuev, S., Adakhaev, A., Sarsembekov, T. (2025) Bassejn reki Irtysh: transgranichnye vyzovy i prakticheskie resheniya. Doklad 25/2. Almaty: Evrazijskij bank razvitiya. https://eabr.org/analytics/special-reports/ [in Rus.]

Whelan M.J., C. Linstead, F. Worrall, Ormerod S.J., Durance I., Johnson A.C., Johnson D., Owen M., Wiik E., Howden N.J.K., Burt T.P., Boxall A., Brown C.D., Oliver D.M., Tickner D. (2022). Is Water Quality in British Rivers Better Than at Any Time Since the End of the Industrial Revolution? // Science of the Total Environment 843. 157014. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157014 [in Eng.]

Worrall F., Howden N.J.K., Burt T.P., Bartlett R. (2019). The Importance of Sewage Effluent Discharge in the Export of Dissolved Organic Carbon From U.K. Rivers. Hydrological Processes 33. No. 13. 1851–1864. https://doi.org/10.1002/hyp.13442 [in Eng.]

Yang Z., Worrall F., Knapp J.L.A. (2025). The Impact of Sewage Treatment Plant Discharges on the Water Quality of Receiving Rivers // Ecohydrology, 18:e70087. https://doi.org/10.1002/eco.70087 [in Eng.]

Zhabaeva Sh. (2025). Skol'ko vody tratyat kazakhstantsy? Mezhdunarodnoe informatsionnoe agentstvo «Kazinform». 23 YAnvar' 2025g. EHlektronnyj resurs. https://www.inform.kz/ru/skolko-vodi-tratyat-kazahstantsi-87cf17 (data obrashheniya 24.02.2026.). [in Rus.]

Zhalmagambetova, U, Assanov, D., Neftissov, A., Biloshchytskyi, A., Radelyuk, I. (2024) Implications of Water Quality Index and Multivariate Statistics for Improved Environmental Regulation in the Irtysh River Basin (Kazakhstan). Water, 16, 2203. https://doi.org/10.3390/w16152203 [in Eng.].

https://www.worldometers.info/

Anapyanova Samal – processing the obtained data, interpreting the results, and preparing a scientific publication.
Kolpakova Valentina – developing research methodology.
Nabiollina Madina – formal analysis.
Yeremeyeva Yuliya – visualization.
Anvar Sherov – editing.

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 150–166
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/13
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 70.27.19

N. Ilyassova[1]*, A. Meshyk[2], L. Ryskulbekova[1], A. Tangirbergenova[1], Zh. Zhakupova[1]
[1]Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan;
[2]Brest State Technical University, Brest, Belarus.
E-mail: Ilyasova.Narkyz@kaznaru.edu.kz

INVESTIGATION OF HYDRAULIC PARAMETERS OF TUBELESS GROUNDWATER LIFTING TECHNOLOGY

Narkyz Ilyassova, Doctoral student of the Department «Water Resources and Melioration», Republic of Kazakhstan, 050026, Almaty
E-mail: Ilyasova.Narkyz@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0009-0008-5053-0516;
Meshyk Aleh, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Engineering Systems and Ecology Brest State Technical University, Brest, Belarus
E-mail: omeshik@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-7037-7669;
Laura Ryskulbekova, PhD, Acting Associate Professor of the Department of Water Resources and Melioration, Kazakh National Agrarian Research University, Republic of Kazakhstan, 050026, Almaty
E-mail: ryskulbekova.laura@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0000-0003-4782-2047;
Tangirbergenova Altynay, Doctoral student of the Department «Water Resources and Melioration», Republic of Kazakhstan, 050026, Almaty
E-mail: 521308@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0009-0006-7275-2895;
Zhakupova Zhanar, PhD, Senior lecturer of the Department «Water Resources and Melioration», Republic of Kazakhstan, 050026, Almaty, microdistrict 9, 39
E-mail: zhakupova.zhanar@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0000-0002-4933-762X.

Abstract. This study investigates the hydraulic parameters of tubeless groundwater lifting technology. Currently, ensuring a stable water supply for agricultural production, promoting the rational use of water resources, and reducing energy consumption are among the key challenges in regions experiencing water scarcity in Kazakhstan. In this regard, the development of energy-efficient groundwater lifting technologies represents an important scientific and engineering task. Compared with conventional groundwater lifting systems, tubeless groundwater lifting technology features a simpler design, reduced material consumption, and lower operating costs. The research was conducted using analytical, theoretical, and experimental approaches. The operating characteristics of a groundwater lifting system consisting of a submersible electric pump and a hydraulic packer were evaluated and the main hydraulic parameters were determined. Particular attention was given to the factors influencing discharge rate, pumping head, hydraulic resistance, pressure losses, flow conditions and overall system efficiency. Hydraulic equations were applied to evaluate the system performance and determine its optimal operating conditions. The theoretical results were validated against the experimental data to assess the reliability of the proposed approach. The results showed that the application of tubeless groundwater lifting technology reduces hydraulic losses, decreases energy consumption, improves the energy efficiency of pumping equipment and increases well productivity. The proposed technology contributes to the rational use of groundwater resources, enhances the reliability of water supply for irrigated agriculture and improves the operational efficiency of reclamation systems. The obtained results provide a scientific and practical basis for the design, optimization and implementation of tubeless groundwater lifting systems under field operating conditions.

Keywords: groundwater extraction, tubeless groundwater lifting technology, hydraulic parameters, hydraulic packer, submersible electric pump, energy efficiency, wells

For citation: Ilyassova N., Meshyk A., Ryskulbekova L., Tangirbergenova A., Zhakupova Zh. (2026). Investigation of Hydraulic Parameters of Tubeless Water Lifting Technology from Wells // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 150–166. https://doi.org/10.37884/5-2026/13 [In Eng.].

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Acknowledgements. *The authors express their gratitude to the Department of Water Resources and Melioration of the Kazakh National Agrarian Research University for supporting this research. This study was conducted without specific grant funding.*

Н.Х. Ильясова[1]*, О.П. Мешик[2], Л.М. Рыскулбекова[1], А.С. Тангирбергенова[1], Ж.З. Жакупова[1]

[1]Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан;

[2]Брест мемлекеттік техникалық университеті, Брест, Беларусь.

E-mail: Ilyasova.Narkyz@kaznaru.edu.kz

ҰҢҒЫМАЛАРДАН ҚҰБЫРСЫЗ СУ КӨТЕРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ

Ильясова Нарқыз Хайруллақызы, «Су ресурстары және мелиорация» кафедрасының докторанты, Қазақстан, 050026, Алматы
E-mail: Ilyasova.Narkyz@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0009-0008-5053-0516;
Мешик Олег Павлович, т.ғ.к., доцент, Инженерлік жүйелер және экология факультетінің деканы, Брест мемлекеттік техникалық университеті, Брест, Беларусь
E-mail: omeshik@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-7037-7669;
Рыскулбекова Лаура Молдахановна, PhD, «Су ресурстары және мелиорация» кафедрасының қауымдастырылған проф.м.а., Қазақстан, 050026, Алматы
E-mail: ryskulbekova.laura@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0000-0003-4782-2047;
Тангирбергенова Алтынай Сабиткызы, «Су ресурстары және мелиорация» кафедрасының докторанты, Қазақстан, 050026, Алматы
E-mail: 521308@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0009-0006-7275-2895;
Жакупова Жанар Зиядовна, PhD, «Су ресурстары және мелиорация» кафедрасының аға оқытушысы, Қазақстан , 050026, Алматы, микроаудан 9/39
E-mail: zhakupova.zhanar@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0000-0002-4933-762X.

Аннотация. Мақалада ұңғымалардан жерасты суларын құбырсыз көтеру технологиясының гидравликалық параметрлері зерттелген. Қазіргі уақытта Қазақстанның су ресурстары шектеулі өңірлерінде ауыл шаруашылығы өндірісін тұрақты сумен қамтамасыз ету, су ресурстарын тиімді пайдалану және энергия шығындарын азайту мәселелері ерекше маңызға ие. Осыған байланысты жерасты суларын көтерудің энергия үнемдейтін және пайдалану тиімділігі жоғары технологияларын әзірлеу мен жетілдіру өзекті ғылыми-техникалық міндеттердің бірі болып табылады. Құбырсыз су көтеру технологиясы дәстүрлі су көтеру жүйелерімен салыстырғанда құрылымдық қарапайымдылығымен, металл сыйымдылығының төмендігімен және пайдалану шығындарының аздығымен ерекшеленеді. Зерттеу барысында аналитикалық, теориялық және эксперименттік әдістер қолданылды. Суасты электрсорғысы мен пакерлік гидравликалық құрылғыдан тұратын жүйенің жұмыс ерекшеліктері қарастырылып, оның негізгі гидравликалық көрсеткіштері анықталды. Атап айтқанда, су шығынына, су көтеру биіктігіне, гидравликалық кедергілерге, қысым шығынына, ағын қозғалысының режиміне және жүйенің пайдалы әсер коэффициентіне әсер ететін факторлар зерттелді. Технологиялық жүйенің гидравликалық сипаттамаларын анықтауға арналған есептеу тәуелділіктері пайдаланылып, құрылғының тиімді жұмыс режимдері негізделді. Теориялық есептеулер нәтижелері эксперименттік зерттеулер барысында алынған деректермен салыстырылып, олардың өзара сәйкестігі бағаланды. Зерттеу нәтижелері құбырсыз су көтеру технологиясын қолдану гидравликалық шығындарды төмендетуге, энергияны тұтыну деңгейін азайтуға, сорғы қондырғысының энергетикалық тиімділігін арттыруға және ұңғымалардың өнімділігін арттыруға мүмкіндік беретінін көрсетті. Ұсынылған технология жерасты сулары ресурстарын ұтымды пайдалануға, суармалы егіншілік нысандарын сумен қамтамасыз ету сенімділігін арттыруға және мелиорациялық жүйелердің пайдалану тиімділігін жақсартуға ықпал етеді. Алынған нәти-

желер құбырсыз су көтеру жүйелерін жобалау, жетілдіру және өндірістік жағдайда қолдану кезінде ғылыми-практикалық негіз ретінде пайдаланылуы мүмкін.

Түйін сөздер: жерасты сулары, құбырсыз су көтеру технологиясы, гидравликалық параметрлер, пакерлік гидравликалық құрылғы, суасты электрсорғысы, энергия тиімділігі, ұңғыма

Дәйексөз үшін: Ильясова Н.Х., Мешик О.П., Рыскулбекова Л.М., Тангирбергенова А.С., Жакупова Ж.З. (2026). Ұңғымалардан құбырсыз су көтеру технологиясының гидравликалық параметрлерін зерттеу // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 150–166. https://doi.org/10.37884/5-2026/13 [In Eng.].

Мүдделер қақтығысы: Авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

Қаржыландыру: *зерттеу жұмысы авторлардың жеке қаражаты есебінен орындалды.*

Алғыс. *Авторлар зерттеу жұмысының орындалуына жағдай жасаған Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университетінің «Су ресурстары және мелиорация» кафедрасына алғыс білдіреді. Зерттеу арнайы гранттық қаржыландырусыз орындалды.*

Н.Х. Ильясова[1]*, О.П. Мешик[2], Л.М. Рыскулбекова[1], А.С. Тангирбергенова[1], Ж.З. Жакупова[1]

[1]Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан;

[2]Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь.

E-mail: Ilyasova.Narkyz@kaznaru.edu.kz

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ БЕСТРУБНОГО ВОДОПОДЪЕМА ИЗ СКВАЖИН

Ильясова Наркыз Хайруллакызы, докторант кафедры «Водные ресурсы и мелиорация», Казахский национальный аграрный исследовательский университет, 050026, Алматы, Казахстан
E-mail: Ilyasova.Narkyz@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0009-0008-5053-0516;
Мешик Олег Павлович, к.т.н., доцент, декан факультета инженерных систем и экологии, Брестский государственный технический университет, Брест, Беларусь
E-mail: omeshik@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-7037-7669;
Рыскулбекова Лаура Молдахановна, PhD, и.о. ассоциированного профессора кафедры «Водные ресурсы и мелиорация», Казахский национальный аграрный исследовательский университет, 050026, Алматы, Казахстан
E-mail: ryskulbekova.laura@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0000-0003-4782-2047;
Тангирбергенова Алтынай Сабиткызы, докторант кафедры «Водные ресурсы и мелиорация», 050026, Алматы, Казахстан
E-mail: 521308@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0009-0006-7275-2895;
Жакупова Жанар Зиядовна, PhD, старший преподаватель кафедры «Водные ресурсы и мелиорация», 050026, микрорайон 9/39, Алматы, Казахстан
E-mail: zhakupova.zhanar@kaznaru.edu.kz, https://orcid.org/0000-0002-4933-762X.

Аннотация. В статье исследованы гидравлические параметры технологии беструбного водоподъема подземных вод из скважин. В настоящее время обеспечение стабильного водоснабжения сельскохозяйственного производства, рациональное использование водных ресурсов и снижение энергозатрат являются одними из наиболее актуальных задач в регионах Казахстана, испытывающих дефицит водных ресурсов. В связи с этим разработка и совершенствование энергоэффективных технологий подъема подземных вод с высокими эксплуатационными показателями представляет собой важную научно-техническую задачу. По сравнению с традиционными системами водоподъема технология беструбного водоподъема отличается более простой конструкцией, сниженной металлоемкостью и меньшими эксплуатационными затратами. В ходе исследования использованы аналитические, теоретические и экспериментальные методы. Рассмотрены особенности функционирования системы, включающей погружной электронасос и пакерное гидравлическое устройство, а также определены ее основные гидравлические показатели. Особое внимание уделено факторам, влияющим на подачу воды, высоту водоподъема, гидравлические сопротивления, потери давления, режим движения потока и коэффициент полезного действия системы. Для оценки характеристик технологической системы использованы расчетные гидравлические зависимости, на основе которых обоснованы рациональные

режимы ее работы. Результаты теоретических расчетов сопоставлены с данными экспериментальных исследований, что позволило оценить степень их соответствия. Установлено, что применение технологии беструбного водоподъема способствует снижению гидравлических потерь, уменьшению потребления энергии, повышению энергетической эффективности насосной установки и увеличению производительности скважины. Предлагаемая технология обеспечивает более рациональное использование ресурсов подземных вод, повышает надежность водоснабжения орошаемых земель и улучшает эксплуатационные показатели мелиоративных систем. Полученные результаты могут быть использованы в качестве научно-практической основы при проектировании, совершенствовании и внедрении систем беструбного водоподъема в производственных условиях.

Ключевые слова: подземные воды, технология беструбного водоподъема, гидравлические параметры, пакерное гидравлическое устройство, погружной электронасос, энергоэффективность, скважина

Для цитирования: Ильясова Н.Х., Мешик О.П., Рыскулбекова Л.М., Тангирбергенова А.С., Жакупова Ж.З. (2026). Исследование гидравлических параметров технологии беструбного водоподъема из скважин // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 150–166. https://doi.org/10.37884/5-2026/13 [In Eng.].

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: *Исследование выполнено за счет личных средств авторов.*

Благодарность. *Авторы выражают благодарность кафедре «Водные ресурсы и мелиорация» Казахского национального аграрного исследовательского университета за содействие в проведении исследования. Исследование выполнено без специального грантового финансирования.*

Introduction.

Groundwater resources play a fundamental role in ensuring sustainable water supply for agricultural production, industrial activities and domestic consumption throughout the world. In arid and semi-arid regions, groundwater represents one of the most reliable and strategically important sources of freshwater. Population growth, agricultural intensification, climate change and increasing pressure on surface water resources have significantly increased the importance of groundwater extraction technologies. Consequently, the development of efficient, reliable and energy-efficient groundwater lifting systems has become one of the key priorities of modern water management and irrigation engineering [Bear, 2018; Driscoll, 2014; Hamill & Bell, 2012].

Kazakhstan is characterized by limited water resources, particularly in its arid and semi-arid regions where water availability remains a major constraint for agricultural development [Sarkynov, 2012; Tazhbayev, 1969]. Large areas of the country are located in arid and semi-arid climatic zones characterized by low precipitation, high evaporation rates and an uneven spatial distribution of water resources. Under these conditions, groundwater constitutes an important component of the national water supply and is widely used for irrigation, livestock production, industrial applications and rural water supply. The demand for water in agriculture continues to increase due to the expansion of irrigated areas and the need to ensure stable crop production under changing climatic conditions. Therefore, the rational use of groundwater resources and the improvement of groundwater extraction technologies are essential for ensuring food security and sustainable agricultural development [Sarkynov, 2012; Tazhbayev, 1969].

Groundwater extraction from wells commonly relies on pumping systems equipped with submersible pumps and riser pipes. Although these systems are relatively simple and reliable under various hydrogeological conditions, they have several technical and economic limitations [Karassik et al., 2008; Gülich, 2019]. Riser pipes increase material requirements and introduce additional hydraulic resistance. Corrosion, wear, mechanical damage and sediment accumulation may further reduce operational efficiency and increase maintenance costs. In deep wells, the weight of the riser pipe also imposes additional mechanical loads on the pumping assembly, potentially reducing system durability and reliability.

Hydraulic losses in conventional groundwater lifting systems constitute another important engineering challenge. As groundwater flows through riser pipes, part of the hydraulic energy generated by the pump is dissipated because of friction and local losses. These losses increase energy consumption and reduce the overall efficiency of groundwater extraction. Given rising electricity costs, reducing hydraulic losses has become a key engineering objective for minimizing operating costs and enhancing the sustainability of water supply systems [Fox et al., 2020; Streeter et al., 2017].

In recent decades, considerable research has focused on the development of innovative groundwater

lifting technologies aimed at reducing energy consumption while maintaining high hydraulic efficiency. One promising approach is the application of tubeless groundwater lifting technology [Zhakupova et al., 2012; Zhakupova, 2013]. Unlike conventional groundwater lifting systems, tubeless groundwater lifting systems eliminate the need for traditional riser pipes and employ specialized hydraulic devices to convey groundwater through the annular space of the well. This approach reduces hydraulic resistance and material consumption while simplifying system installation and maintenance.

Among the technical solutions proposed for tubeless groundwater extraction, hydraulic packers combined with submersible electric pumps have received considerable attention [Meshyk, 2016; Zhakupova et al., 2016]. A hydraulic packer provides controlled hydraulic conditions within the well and ensures efficient hydraulic interaction between the pumping system and the groundwater flow. Packer-assisted systems provide favorable flow conditions, improve pressure distribution and reduce hydraulic losses. As a result, they significantly improve the efficiency of groundwater extraction compared with conventional pumping systems.

The application of hydraulic packers in water supply engineering is based on principles that have long been used in the oil and gas industry. The adaptation of these principles to groundwater extraction systems has created new opportunities for improving the efficiency of groundwater lifting while reducing operating costs. Recent technological advances have shown that hydraulic packers can be effectively integrated with modern submersible electric pumps to form compact and efficient groundwater lifting systems for agricultural and reclamation applications.

Previous studies have investigated the hydraulic characteristics of pumping systems and groundwater flow in wells. These studies have examined the effects of well geometry, pump operating conditions, flow velocity, hydraulic resistance and pressure losses on system performance. Other research has focused on improving pump efficiency, optimizing well design and reducing energy consumption during groundwater extraction. However, despite these advances, the hydraulic behavior of tubeless groundwater lifting systems remains insufficiently investigated [Ilyasova et al., 2022].

In particular, limited information is available on the interaction between hydraulic packers and submersible electric pumps under different operating conditions. The effects of packer geometry, hydraulic resistance, flow conditions, and pressure distribution on overall system performance have not been fully investigated. Furthermore, many previous studies have been primarily theoretical and have lacked comprehensive experimental validation. The limited availability of reliable experimental data has hindered the practical implementation of tubeless groundwater lifting technology and the development of engineering recommendations for its application in agricultural water supply systems.

Another important research gap relates to the optimization of hydraulic parameters required for stable and energy-efficient operation. Discharge rate, pumping head, flow velocity, pressure losses, and system efficiency are interrelated parameters that determine the overall hydraulic performance of groundwater extraction systems. Understanding the relationships among these parameters is essential for designing reliable and economically viable tubeless groundwater lifting systems. Therefore, further theoretical and experimental investigations are required to identify optimal operating conditions and establish engineering criteria for their practical application.

Although previous studies have demonstrated the feasibility of tubeless groundwater lifting technology and proposed hydraulic packer designs [Zhakupova et al., 2016; Meshyk, 2016], they have mainly focused on individual design features or theoretical aspects of system operation. A comprehensive evaluation of the hydraulic interaction between the hydraulic packer and the submersible electric pump under different operating conditions has not yet been reported. In particular, the combined effects of discharge rate, pumping head, hydraulic resistance, pressure losses, and energy efficiency on the overall performance of tubeless groundwater lifting systems remain insufficiently quantified. The novelty of the present study lies in the integrated theoretical and experimental evaluation of the hydraulic performance of a tubeless groundwater lifting system equipped with a hydraulic packer and a submersible electric pump. The study establishes the relationships among the key hydraulic parameters governing system efficiency and provides engineering recommendations for optimizing its operation under practical conditions.

The significance of this research is further enhanced by the increasing need for sustainable water management practices. The efficient use of groundwater resources is recognized as one of the fundamental principles of integrated water resources management. Reducing energy consumption during groundwater extraction not only decreases operating costs but also contributes to environmental sustainability by lowering greenhouse gas emissions associated with electricity production. Consequently, the development of energy-

efficient water lifting technologies supports both economic and environmental objectives.

From an engineering perspective, the implementation of tubeless groundwater lifting technology may provide several practical advantages. These include reduced material consumption, simplified installation procedures, lower maintenance requirements, improved hydraulic efficiency, and enhanced operational reliability. Such benefits are particularly important for remote agricultural regions where technical support and maintenance resources may be limited. The adoption of efficient groundwater extraction technologies can significantly improve the reliability of irrigation systems and contribute to increased agricultural productivity.

To address these research gaps, the present study investigates the hydraulic parameters of tubeless groundwater lifting technology through a combination of theoretical hydraulic analysis and experimental validation performed under controlled operating conditions. Particular attention is devoted to evaluating the performance of a system consisting of a submersible electric pump and a hydraulic packer device. The study examines the influence of key hydraulic parameters, including water discharge, lifting head, pressure losses, hydraulic resistance, and energy efficiency, on overall system performance.

The main objective of the research is to establish the hydraulic characteristics of tubeless groundwater lifting systems and determine the factors influencing their operational efficiency. The study seeks to verify theoretical assumptions through experimental observations and to assess the practical applicability of the proposed technology for groundwater extraction in agricultural and reclamation engineering. The obtained results provide engineering recommendations for the design and optimization of tubeless groundwater lifting systems [Meshyk, 2016; Zhakupova et al., 2016].

The findings of this study contribute to improving the understanding of hydraulic processes occurring in tubeless groundwater lifting systems and support the further development of efficient groundwater extraction technologies. By improving the understanding of hydraulic processes occurring within tubeless groundwater lifting systems, the study contributes to the advancement of modern groundwater extraction technologies and supports the broader goal of sustainable water resource utilization under conditions of increasing water scarcity and growing agricultural demand.

Materials and Methods.

The research was conducted to investigate the hydraulic parameters of tubeless groundwater lifting technology using a hydraulic packer device installed on a submersible electric pump. The study was based on theoretical calculations and experimental investigations aimed at evaluating the hydraulic performance of the proposed water lifting system under conditions typical for agricultural water supply and reclamation facilities. The technological scheme of the investigated system included a groundwater well, a submersible electric pump, a hydraulic packer device with an ejector, a sealed wellhead, and a discharge pipeline. The hydraulic packer separated the suction and discharge zones of the pump and enabled water transportation through the casing pipe without the use of a conventional riser pipe. Such a configuration reduced material consumption and hydraulic losses while improving the operating efficiency of the pumping installation. The research object corresponded to the tubeless groundwater lifting technology developed for groundwater extraction from wells used in irrigation, pasture watering, and rural water supply systems. The investigated technology is based on the utilization of the well casing as a water-lifting conduit and on the application of a hydraulic packer device for reliable sealing and fixation of the pumping unit inside the well. Previous studies demonstrated that this technology allows a reduction in metal consumption by 1.5–1.7 times, decreases head losses, and improves the hydraulic efficiency of the pumping system.

The methodological framework combined analytical, theoretical, computational, and experimental approaches. At the initial stage, a review of scientific publications, technical documentation, patents, and previous investigations related to groundwater extraction technologies, submersible pumping systems, hydraulic packers, and tubeless groundwater lifting methods was carried out [Jacob, 1947; Driscoll, 2014; Meshyk, 2016]. Particular attention was devoted to studies performed by research institutions in Kazakhstan, Belarus, and Russia concerning packer-assisted groundwater lifting technologies and hydraulic characteristics of pumping systems.

The theoretical investigations were based on the principles of fluid mechanics and hydraulic engineering [Fox et al., 2020; Streeter et al., 2017]. The hydraulic characteristics of the system were evaluated through the calculation of water discharge, lifting head, flow velocity, pressure losses, hydraulic resistance coefficients, and overall efficiency. The discharge of the pumping system was determined from the continuity relationship

$$Q = \vartheta F \quad (1)$$

where Q is the discharge rate (m³/s), ϑ is the average flow velocity (m/s), and F is the cross-sectional flow area (m²).

The hydraulic head generated by the pumping system was evaluated as the pressure produced by the pump and expressed in meters of water column. The hydraulic losses associated with water movement through the flow channel were calculated using the Darcy–Weisbach relationship [Chaudhry, 2014]:

$$h_f = \lambda \frac{L}{D} \frac{\vartheta^2}{2g} \tag{2}$$

where h_f is the head loss (m), λ is the friction coefficient, L is the flow path length (m), D is the hydraulic diameter (m), ϑ is the average flow velocity (m/s), and g is the gravitational acceleration (m/s²).

Additional pressure losses caused by local hydraulic resistances within the hydraulic packer assembly and the ejector were determined according to:

$$h_l = \xi \frac{\vartheta^2}{2g} \tag{3}$$

where ξ is the local resistance coefficient.

The overall efficiency of the pumping installation was evaluated using the relationship between useful hydraulic power and electrical power consumption:

$$\eta = \frac{\rho g Q H}{P} \tag{4}$$

where η is the efficiency coefficient, ρ is water density (kg/m³), Q is discharge (m³/s), H is pumping head (m), and P is electrical power consumption (W). The efficiency of the pumping installation was evaluated through the ratio of useful hydraulic power to consumed electrical power [Gülich, 2019; Karassik et al., 2008].

Particular attention was devoted to evaluating the influence of the hydraulic packer device and ejector on system performance. The ejector incorporated into the hydraulic packer was intended to create additional suction effects within the lower part of the well, thereby increasing groundwater inflow to the pump intake. According to the design concept developed during previous investigations, the application of the ejector contributes to an increase in water discharge and pumping efficiency by approximately 20–30 % compared with conventional packer systems. The ejector integrated into the hydraulic packer was intended to increase groundwater inflow and improve hydraulic performance [Meshyk, 2016; Zhakupova et al., 2016].

Experimental investigations were conducted using a specially designed laboratory and field-scale test installation developed to evaluate the hydraulic performance of tubeless groundwater lifting systems under controlled operating conditions. The experimental setup consisted of a submersible electric pump, a hydraulic packer equipped with an ejector, a well casing section, a discharge pipeline, pressure gauges, flow meters, electrical energy monitoring devices, and measuring instruments. The laboratory test stand enabled the simulation of different operating conditions and the measurement of the principal hydraulic parameters of the system.

The experimental program was designed to investigate hydraulic characteristics that have received limited experimental attention in previous studies, including the interaction between the hydraulic packer and the submersible electric pump, hydraulic sealing efficiency, fixation mechanism performance, hydraulic resistance coefficients, and the validation of theoretical calculations. Water discharge, pumping head, pressure distribution and electrical power consumption were measured under different operating conditions. Measurements were repeated for each operating condition to ensure the reliability and reproducibility of the experimental results.

The pressure distribution along the hydraulic flow path was measured at selected control points using calibrated pressure gauges. Flow discharge was determined using standard flow measurement instruments. Electrical energy consumption was monitored continuously throughout the experimental runs. The obtained data were processed using comparative and statistical analysis methods. Mean values, relative deviations and

correlation relationships were calculated to assess the influence of hydraulic parameters on overall system performance.

To verify the adequacy of the developed hydraulic model, the calculated results were compared with experimental observations. Relative differences between theoretical and measured values were determined for all principal hydraulic parameters. The level of agreement between analytical predictions and experimental data served as the main criterion for evaluating the reliability of the proposed calculation methodology.

The integrated application of theoretical calculations and experimental investigations provided a comprehensive assessment of the hydraulic characteristics of tubeless groundwater lifting technology. The adopted methodology made it possible to identify the factors affecting hydraulic performance, determine optimal operating conditions, and evaluate the practical applicability of hydraulic packer-assisted groundwater extraction systems for irrigation, water supply, and reclamation engineering.

Results.

The experimental investigations were carried out to evaluate the hydraulic performance of the proposed tubeless groundwater lifting technology and to verify the theoretical assumptions used for the design of the hydraulic packer device. The research included the analysis of hydraulic losses, pumping characteristics, fixation reliability, sealing performance and operational stability of the hydraulic packer device operating together with a submersible electric pump. The experimental stand equipped with a submersible electric pump, pressure gauges, flow measurement devices, oscillographic recording instruments and a hydraulic packer assembly enabled detailed monitoring of hydraulic processes occurring during pump start-up, steady operation and shutdown. The obtained experimental results confirmed the feasibility of tubeless groundwater lifting technology [Meshyk, 2016].

Hydraulic characteristics of the tubeless groundwater lifting process

The oscillographic data obtained during the experiments were used to analyze pressure variations within the hydraulic packer and to evaluate the hydraulic interaction between the packer and the submersible electric pump.

The recorded curves reflected the pressure at the inlet and outlet of the packer device as well as the normal force acting on the fixing mechanism during pump operation. These measurements demonstrated stable hydraulic behavior and confirmed the effectiveness of the developed design in maintaining reliable operation throughout the pumping cycle.

The experiments were performed for a hydraulic packer with a flow passage diameter of 50 mm installed in a well casing with an internal diameter of 154 mm. Under these conditions, the pumping unit operated at a discharge rate of 4.32 dm³/s and a pumping head of 36.9 m. The obtained oscillograms enabled determination of hydraulic pressure losses inside the packer device and provided quantitative information about the dynamic interaction between hydraulic pressure and the fixation system.

One of the most important indicators characterizing the hydraulic efficiency of the system was the head loss occurring within the hydraulic packer. Experimental results showed that hydraulic losses increased with increasing discharge rate when the diameter of the packer flow passage remained constant. For a passage diameter of 35 mm, hydraulic losses increased from approximately 0.5 m to 12.5 m as discharge increased from 1 to 5 dm³/s. In contrast, for a passage diameter of 50 mm, losses increased only from 0.1 m to 2.5 m within the same discharge range. These results clearly indicate that enlargement of the packer flow passage substantially reduces hydraulic resistance and improves flow conditions within the system.

Further analysis demonstrated that increasing the packer passage diameter from 35 mm to 50 mm reduced hydraulic losses significantly. At a discharge of 1 dm³/s, losses decreased from 0.5 m to 0.1 m. At 2 dm³/s, losses were reduced from 2.1 m to 0.5 m, while at 4 dm³/s losses decreased from 7.8 m to 1.9 m. These findings confirm the importance of optimizing the geometric parameters of the hydraulic packer device to minimize hydraulic resistance and improve pumping efficiency.

The experimentally determined local hydraulic resistance coefficient remained nearly constant within the main operating range. As discharge increased from 2.2 to 4.6 dm³/s, the resistance coefficient varied only between 5.5 and 5.6. A slightly higher value of 8.4 was observed at the lowest discharge condition, which was attributed to measurement uncertainty under very low hydraulic losses. The difference between theoretical and experimental values of hydraulic losses did not exceed 2 %, indicating excellent agreement between calculations and observations. The reduction in hydraulic resistance contributed directly to improved pumping efficiency [Zhakupova et al., 2016].

Table 1. Hydraulic losses in the hydraulic packer device at different flow rates

Flow rate Q, dm³/s	Head loss hωп (m), d₀=35 mm	Head loss hωп (m), d₀=50 mm
1.0	0.5	0.1
2.0	2.1	0.5
4.0	7.8	1.9
5.0	12.5	2.5

Source: experimental data obtained during hydraulic testing of the packer device.

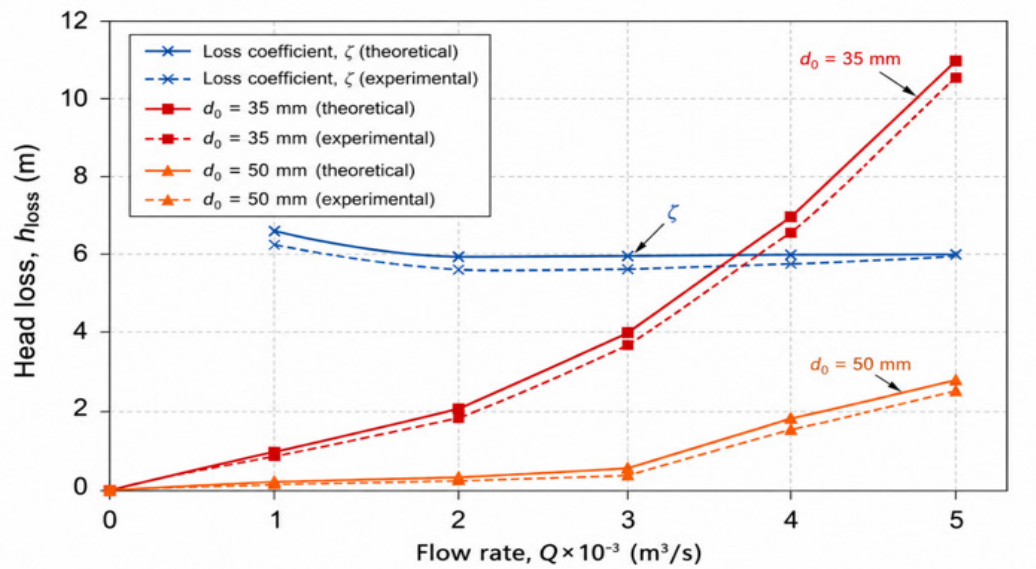


Fig. 1. Relationship between head loss and flow rate of the hydraulic packer device

Hydraulic Performance of the Pumping System.

The hydraulic characteristics of the pumping installation were evaluated through analysis of discharge rate, pumping head, lifting height, power consumption, and efficiency. The obtained dependencies demonstrated typical hydraulic behavior of centrifugal pumping systems operating in conjunction with the hydraulic packer device. Experimental and theoretical relationships showed that increasing discharge resulted in increased power consumption while pumping head and efficiency gradually decreased.

The optimal operating region was identified within a discharge range of approximately 2–3 dm³/s. Within this interval, the pumping installation achieved maximum efficiency while maintaining stable hydraulic operation. Outside this range, the efficiency of both the pump and the complete installation gradually decreased because of increasing hydraulic losses and changing flow conditions.

For discharge rates ranging from 2.08 to 4.27 dm³/s, the measured hydraulic parameters varied within the following limits. Pumping head ranged from 31.5 to 85.5 m, water lifting height varied between 23 and 83 m, electrical power consumption ranged from 4.88 to 6.0 kW, pump efficiency varied from 0.22 to 0.36, and overall system efficiency ranged from 0.15 to 0.348. The corresponding theoretical values closely matched experimental observations, confirming the adequacy of the adopted hydraulic model.

The comparison between calculated and measured results demonstrated a high level of consistency. Differences between theoretical and experimental values did not exceed 3 % for discharge, 5 % for pumping head and power consumption, and 4.5 % for overall efficiency. Such agreement confirms the reliability of the proposed calculation methodology and validates its applicability for the design of tubeless groundwater lifting systems.

Table 2. Hydraulic characteristics of the pumping installation equipped with a hydraulic packer device

Parameter	Minimum value	Maximum value
Discharge QHУ, dm³/s	2.08	4.27
Pump head Hp, m	31.5	85.5
Water lifting height H, m	23	83
Power consumption N, kW	4.88	6.00
Pump efficiency ηн	0.22	0.36
System efficiency ηу	0.15	0.348

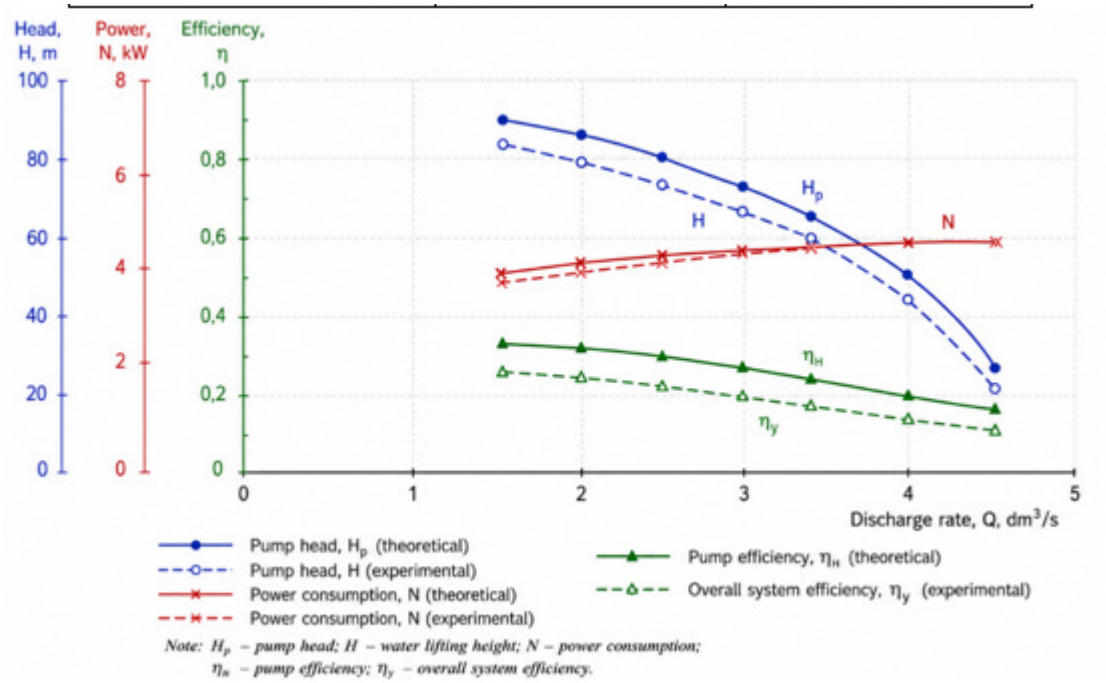


Fig. 2. Hydraulic characteristic curves of the pumping system.

Investigation of the fixation mechanism.

Reliable fixation of the hydraulic packer device inside the well casing is essential for stable operation of the tubeless groundwater lifting system. Therefore, a series of experiments was conducted to determine the relationship between hydraulic pressure and fixation forces acting on the packer device. Experimental results showed that the hydraulic force acting on the packer increased linearly with increasing pressure inside the system and with increasing packer diameter.

For a working diameter of 154 mm, hydraulic force increased from 0 to 27.8 kN as pressure increased to 1500 kPa. For a larger packer diameter of 205 mm, the hydraulic force reached 49.8 kN under the same pressure conditions. These results indicate that larger packer dimensions substantially improve fixation capability and increase operational stability.

Experimental verification of the theoretical fixation model demonstrated close correspondence between predicted and measured values. For pressures ranging from approximately 196 to 878 kPa, hydraulic forces varied from 3.54 to 16.24 kN experimentally, while theoretical values ranged from 3.71 to 16.35 kN. Deviations remained within 0.7–4.6 %, confirming the validity of the developed theoretical approach. The discrepancy between theoretical and measured values did not exceed acceptable engineering limits [Meshyk, 2016].

The forces acting on the fixing wedges were also investigated. Experimental observations showed that both normal force and locking force increased proportionally with increasing hydraulic force. Measured values closely followed theoretical predictions with deviations below 5 %. These results confirm the ability of the fixation mechanism to withstand hydraulic loads generated during pumping operation.

Table 3. Hydraulic force acting on the packer device

Working diameter Dпр, mm	Pressure Pп, kPa	Hydraulic force Rg, kN
154	0–1500	0–27.8
205	0–1500	0–49.8

The influence of water lifting height on fixation reliability was evaluated under static conditions. For a packer diameter of 154 mm, the normal force increased from 4.01 to 21.79 kN as lifting height increased from 0 to 120 m. For a diameter of 205 mm, the corresponding increase ranged from 6.84 to 60.22 kN. Simultaneously, locking forces increased from 0.422 to 2.29 kN and from 0.719 to 6.33 kN for the smaller and larger packer diameters, respectively. The hydraulic packer ensured stable operation and reliable fixation inside the well casing [Zhakupova et al., 2016; Abdreshov et al., 2019].

The calculated friction forces exceeded locking forces throughout the investigated range of operating conditions, ensuring reliable fixation of the hydraulic packer inside the well. The safety factor reached approximately 1.71 under standard conditions and increased to 3.8–4.7 when ribbed contact surfaces were

applied to the fixing wedges.

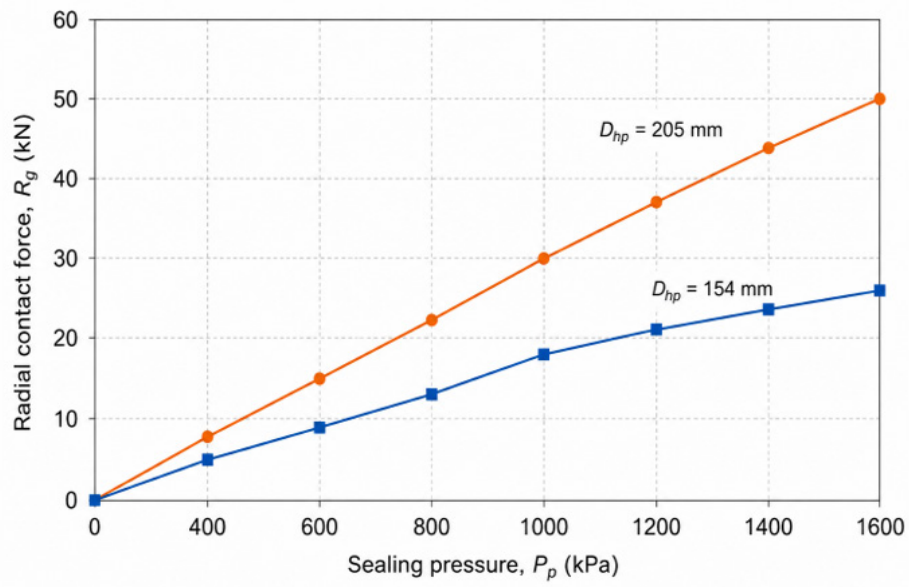


Fig. 3. Relationship between hydraulic force and excess pressure

The experimental investigations further established that the rational inclination angle of the fixing wedges lies within the range of 80–84°. After refinement based on experimental observations, the recommended range was expanded slightly to 76–84°. Within this interval, fixation reliability remained high while excessive contact stresses were avoided.

Table 4. Fixation parameters of the hydraulic packer device

Dпр, mm	H, m	Normal force TN, kN	Locking force Tз, kN
154	0–120	4.01–21.79	0.42–2.29
205	0–120	6.84–60.22	0.72–6.33

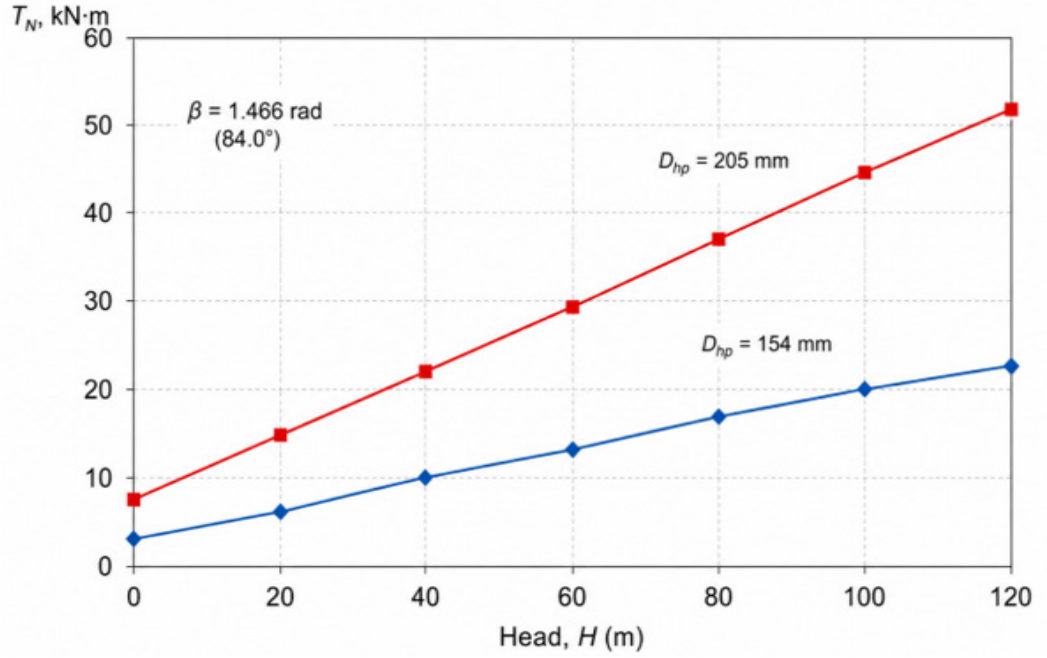


Fig. 4. Relationship between normal force and water lifting height

Investigation of the sealing process.

The sealing effectiveness of the hydraulic packer was assessed by monitoring the pressure-induced deformation of the sealing rings. Experimental observations demonstrated that sealing activation occurred rapidly after pump start-up. The sealing ring expanded and contacted the casing wall within approximately 2.5–3 seconds after initiation of pumping. Stable operation was established after an additional 1–1.5 seconds, resulting in a total transition period of approximately 3–4 seconds.

The minimum pressure required to activate the sealing process was determined as 107.9 kPa. This value was found to depend primarily on the elastic properties of the rubber sealing material rather than on water lifting height.

Measurements of sealing ring tensile force showed a linear increase with increasing internal pressure. For a packer diameter of 154 mm, tensile force increased from 6.58 to 19.35 kN as pressure increased from approximately 298 to 887 kPa. For a diameter of 205 mm, tensile force increased from 9.0 to 26.5 kN. Experimental results agreed closely with theoretical calculations with deviations not exceeding 1.1 %.

Under static operating conditions, tensile force increased with water lifting height. For packer diameters of 127, 154, and 205 mm, tensile forces reached maximum values of 20.65, 25.68, and 35.10 kN, respectively. The difference between theoretical and measured results remained below 4.6 %, confirming the validity of the adopted design equations.

Table 5. Sealing characteristics of the packer device

Dпр, mm	Pressure Pп, kPa	Tensile force Tp, kN
154	298–887	6.58–19.35
205	298–887	9.00–26.50

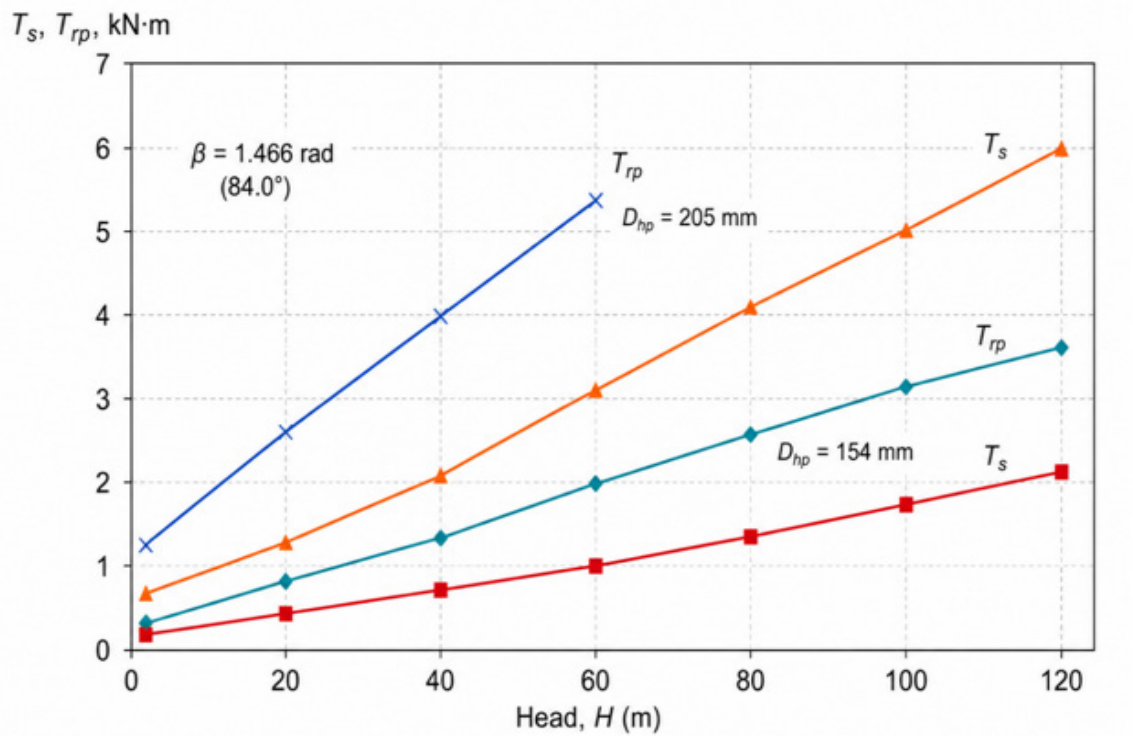


Fig. 5. Relationship between locking force, friction force and water lifting height

Verification of design parameters.

The final stage of experimental investigations focused on verification of the principal design parameters of the hydraulic packer device. The experimentally determined local resistance coefficient of 5.5–5.6 confirmed the validity of the adopted passage diameter of 50 mm. The working stroke of the check valve remained equal to the calculated value of 15 mm. Experimental data also verified the adopted dimensions of the sealing ring and confirmed the suitability of the selected geometric parameters.

Overall, the obtained results demonstrate that the proposed hydraulic packer-assisted tubeless groundwater lifting technology ensures stable hydraulic operation, low hydraulic losses, reliable fixation and sealing performance and high agreement between theoretical predictions and experimental observations. The developed design therefore represents a technically effective solution for groundwater extraction from wells used in agricultural water supply and reclamation systems.

Discussion.

The results obtained in this study demonstrate that tubeless groundwater lifting technology has significant potential for improving the efficiency of groundwater extraction systems [Ahmed et al., 2023; Kumar et al., 2022]. The theoretical calculations and experimental investigations confirmed that the hydraulic parameters of the proposed system provide stable operation while reducing hydraulic losses and energy consumption. These findings are consistent with previous studies indicating that optimization of hydraulic

conditions in pumping systems can substantially improve operational performance, increase energy efficiency and reduce maintenance requirements. The present research further expands existing knowledge by providing a comprehensive assessment of the hydraulic behavior of a tubeless groundwater lifting system equipped with a hydraulic packer device and a submersible electric pump.

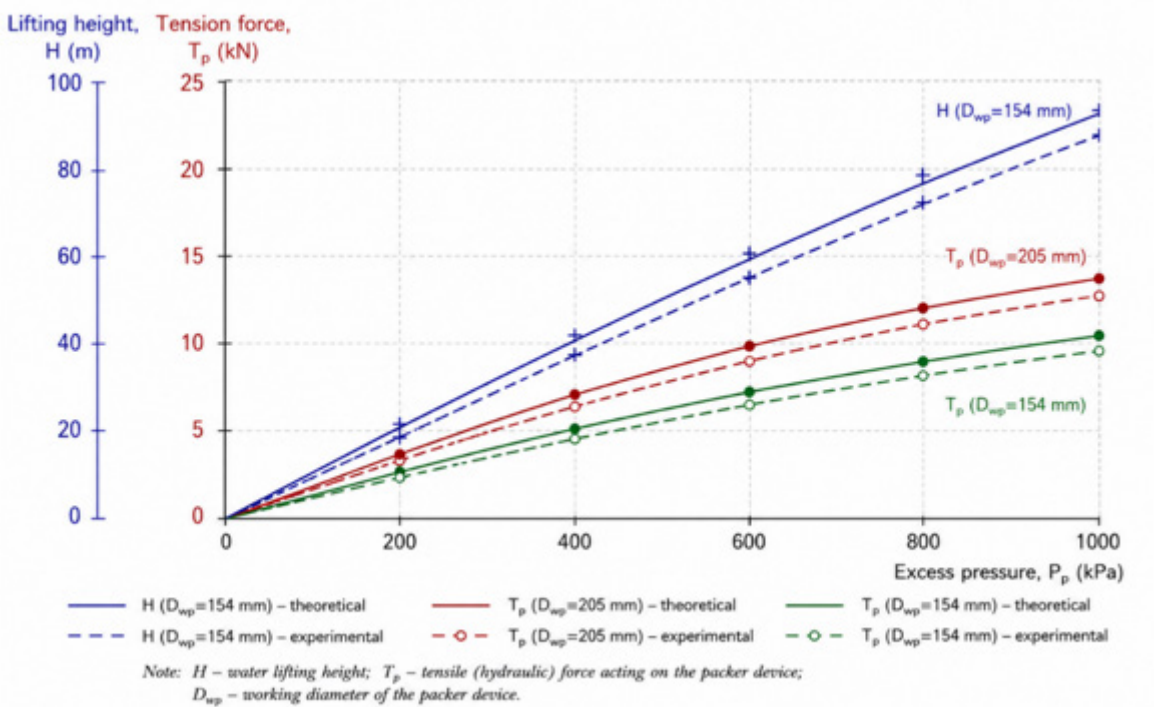


Fig. 6. Relationship between tensile force and excess pressure

One of the most important findings of the study is the positive effect of eliminating the conventional riser pipe from the groundwater lifting system. In traditional well pumping installations, riser pipes constitute a major source of hydraulic resistance because water must flow through relatively narrow passages over considerable distances before reaching the discharge outlet. Friction between the moving water and the pipe wall results in energy losses that increase with flow velocity and pipe length. In addition, local hydraulic resistances associated with pipe joints, bends, fittings and transitions further reduce overall system efficiency. By eliminating the riser pipe and utilizing the annular space within the well structure as a flow channel, the proposed technology significantly reduces these hydraulic losses. Consequently, a larger proportion of the energy supplied by the pump is converted into useful hydraulic work, leading to improved system performance.

The hydraulic packer device plays a central role in achieving these improvements. Experimental observations demonstrated that the packer contributes to the formation of favorable hydraulic conditions within the well. The device provides hydraulic isolation between different flow zones and promotes a more uniform pressure distribution throughout the system. Such pressure stabilization reduces flow disturbances and prevents the formation of localized hydraulic anomalies that could negatively affect pump performance. The improved interaction between the submersible electric pump and the surrounding groundwater environment contributes to increased operational stability and more efficient groundwater extraction.

The significance of pressure distribution within groundwater lifting systems should not be underestimated. Uneven pressure gradients often lead to increased turbulence, localized cavitation phenomena, and accelerated wear of hydraulic equipment. The results obtained in this study indicate that the hydraulic packer device helps minimize such adverse effects by maintaining balanced hydraulic conditions. This finding suggests that the technology may contribute not only to improved efficiency but also to increased durability and service life of pumping equipment. Reduced mechanical and hydraulic stress on system components can decrease maintenance requirements and lower long-term operating costs.

Another important aspect of the research is the satisfactory agreement observed between theoretical calculations and experimental measurements. The comparison of calculated and measured values of flow rate, pressure distribution, lifting head, and hydraulic efficiency demonstrated that the adopted hydraulic model adequately describes the behavior of the investigated system. Although minor deviations between theoretical predictions and experimental observations were recorded, these differences remained within acceptable

engineering limits and did not affect the overall conclusions of the study.

Several factors may explain the observed discrepancies. First, local hydraulic resistances associated with structural elements of the hydraulic packer device may differ slightly from the idealized values assumed during theoretical calculations. Second, fluctuations in flow conditions are unavoidable during experimental testing and may influence measured hydraulic parameters. Third, measurement instruments possess inherent limitations regarding accuracy and precision, which can contribute to minor differences between predicted and observed values. Finally, groundwater flow conditions within the well may vary due to geological heterogeneity and local hydraulic characteristics that cannot be fully represented within theoretical models. Despite these limitations, the high level of correspondence between calculated and measured parameters confirms the reliability of the adopted methodology and supports its application for engineering design purposes. Similar conclusions regarding the influence of hydraulic resistance on pumping efficiency were reported by previous researchers [Karassik et al., 2008; Gülich, 2019].

The influence of hydraulic losses on system performance deserves particular attention. The conducted research clearly demonstrated that hydraulic losses represent one of the most important factors affecting the efficiency of groundwater extraction systems. Every reduction in pressure loss contributes directly to improved energy utilization because the pump is required to overcome a smaller hydraulic resistance. In the proposed tubeless groundwater lifting system, the reduction of friction losses was achieved through the elimination of conventional riser pipes and optimization of hydraulic flow conditions. As a result, the total energy required to deliver a given volume of groundwater was reduced.

This outcome has important practical implications for agricultural water supply systems. Irrigation pumping operations often account for a substantial portion of agricultural energy consumption. Rising electricity prices and increasing demands for sustainable agricultural production have intensified the need for energy-efficient water management technologies. The implementation of tubeless groundwater lifting systems may therefore provide considerable economic benefits by reducing operating costs associated with groundwater pumping. Lower energy consumption can improve the economic viability of irrigation projects and contribute to more sustainable agricultural development, particularly in regions characterized by limited water availability and increasing production costs.

The study also demonstrated that improved hydraulic efficiency positively influences groundwater extraction capacity. The optimized hydraulic conditions created by the packer-assisted system facilitate more effective groundwater movement toward the pumping zone. Consequently, the system is capable of maintaining stable water discharge rates under varying operating conditions. This characteristic is particularly valuable during periods of peak irrigation demand when reliable water supply becomes critical for agricultural productivity. Improved well productivity may enable more efficient utilization of groundwater resources and reduce the need for additional extraction infrastructure.

From an engineering perspective, the structural simplicity of the proposed technology represents another important advantage. Conventional groundwater lifting systems require extensive pipe installations that increase both construction complexity and material costs. The elimination of riser pipes simplifies installation procedures and reduces the quantity of materials required for system construction. Furthermore, fewer structural components result in reduced susceptibility to corrosion, mechanical damage, and wear. These factors contribute to improved operational reliability and reduced maintenance requirements throughout the service life of the installation.

The environmental implications of the proposed technology should also be considered. Improving energy efficiency in groundwater extraction systems contributes indirectly to reducing greenhouse gas emissions associated with electricity generation. As governments and water management organizations increasingly emphasize sustainable resource utilization and environmental protection, technologies capable of reducing energy demand become increasingly valuable. The adoption of tubeless groundwater lifting systems may therefore support broader environmental objectives related to sustainable water and energy management.

Despite the promising results obtained during the present investigation, several issues require further study. The experiments conducted in this research were performed under specific hydraulic and operating conditions. Although the obtained results demonstrate the effectiveness of the proposed technology, additional investigations are necessary to evaluate system performance under a wider range of hydrogeological conditions. Groundwater wells may differ significantly with respect to depth, diameter, aquifer characteristics, water quality and geological structure. These factors may influence hydraulic behavior and should be considered during future investigations.

Long-term operational reliability also requires additional evaluation. While the hydraulic packer device demonstrated stable performance during the experimental period, extended field studies are needed to assess durability under continuous operation. Particular attention should be devoted to the effects of mechanical wear, sediment accumulation, groundwater chemistry and seasonal variations in operating conditions. Such investigations would provide valuable information regarding maintenance requirements and expected service life of system components. The proposed technology can therefore be recommended for groundwater extraction systems used in irrigation, water supply and reclamation engineering [Meshyk, 2016; Zhakupova et al., 2016].

Future research should also focus on optimization of hydraulic packer design parameters. Modifications in packer geometry, sealing configuration and flow channel dimensions may provide opportunities for further improvements in hydraulic efficiency. Advanced computational fluid dynamics simulations could be employed to investigate flow behavior in greater detail and identify optimal design solutions. Integration of numerical modeling with experimental validation would contribute to the development of highly efficient groundwater extraction systems tailored to specific operating conditions.

Economic evaluation represents another important direction for future studies. Although the present investigation demonstrated clear technical advantages of the proposed technology, comprehensive cost-benefit analyses are required to quantify potential economic benefits under practical operating conditions. Such analyses should consider installation costs, maintenance expenses, energy savings, equipment lifespan, and overall lifecycle costs. The results would provide decision-makers with valuable information regarding the economic feasibility of large-scale implementation.

Overall, the findings obtained in this study provide strong evidence supporting the practical applicability of tubeless groundwater lifting technology for groundwater extraction. The combination of reduced hydraulic resistance, improved pressure distribution, enhanced energy efficiency, and simplified structural design creates a highly promising alternative to conventional groundwater pumping systems. The successful integration of a hydraulic packer device with a submersible electric pump demonstrates the potential of innovative engineering approaches for addressing contemporary challenges in water resources management. Consequently, the proposed technology may contribute significantly to improving groundwater utilization efficiency, reducing operational costs and promoting sustainable development of irrigation and reclamation systems in water-scarce regions.

Conclusion.

This study investigated the hydraulic parameters of tubeless groundwater lifting technology for groundwater extraction from wells and evaluated its operational efficiency under different operating conditions. The study combined theoretical analysis, hydraulic calculations, and experimental investigations, thereby providing a comprehensive assessment of the hydraulic performance of the proposed groundwater lifting system. The obtained results confirmed that tubeless groundwater lifting technology represents a promising alternative to conventional groundwater extraction methods and can significantly improve the technical and economic performance of well water supply systems.

The theoretical analysis showed that the hydraulic behavior of the system is primarily influenced by water discharge, lifting head, hydraulic resistance, pressure losses and the interaction between the submersible electric pump and the hydraulic packer device. The developed hydraulic relationships allowed the determination of the main operating parameters and provided a basis for evaluating the efficiency of the water lifting process. The calculations showed that the optimization of hydraulic conditions contributes to stable operation of the system and minimizes energy losses during groundwater extraction.

Experimental investigations confirmed the reliability of the theoretical assumptions and verified the applicability of the proposed hydraulic model. A satisfactory agreement was observed between the calculated and measured values of the main hydraulic parameters, indicating that the adopted methodology can be effectively used for the design and assessment of tubeless groundwater lifting systems. Minor deviations between theoretical predictions and experimental observations were mainly associated with local hydraulic resistances, variations in operating conditions, and measurement uncertainties. Nevertheless, these deviations did not significantly affect the overall conclusions regarding system performance.

One of the most important findings of the study is the positive influence of tubeless groundwater lifting technology on the reduction of hydraulic losses. The elimination of the conventional riser pipe decreases flow resistance and improves hydraulic efficiency throughout the system. As a result, the pumping equipment operates under more favorable conditions, which contributes to lower energy consumption and improved operational performance. The reduction of energy demand is particularly important for agricultural water

supply systems, where pumping costs represent a significant component of total operating expenses. Reduction of hydraulic losses contributes directly to lower electricity consumption and operating costs [Ahmed et al., 2023; Zhang et al., 2021].

The application of a hydraulic packer device also demonstrated considerable technical advantages. The device provides effective hydraulic isolation and contributes to more stable pressure distribution within the well. This improves the interaction between the pumping equipment and the groundwater source, increases the reliability of system operation and reduces the risk of performance deterioration during long-term use. In addition, the simplified design of the tubeless system reduces material consumption and facilitates installation, maintenance and repair procedures.

The obtained results indicate that the proposed technology can contribute to the rational use of groundwater resources in regions experiencing water scarcity and increasing water demand. The improvement of hydraulic efficiency and reduction of operational costs make tubeless groundwater lifting technology attractive for agricultural irrigation systems, rural water supply infrastructure, and other applications requiring reliable groundwater extraction. The implementation of such systems may support sustainable water resource management and enhance the resilience of water supply systems under changing environmental and economic conditions.

From a practical perspective, the developed hydraulic relationships and experimental results can be applied in the design and optimization of groundwater extraction facilities. Engineers and practitioners may use the obtained findings to determine optimal operating conditions, select appropriate equipment parameters, and evaluate the expected performance of tubeless groundwater lifting systems under specific hydrogeological conditions. The study therefore provides both scientific knowledge and practical recommendations for improving groundwater extraction technologies.

Despite the positive outcomes, several aspects require further investigation. Future research should focus on the optimization of hydraulic packer geometry, evaluation of system performance under different geological and hydrological conditions, and long-term monitoring of operational reliability. Additional studies involving large-scale field applications would provide valuable information regarding the economic efficiency and durability of the proposed technology. Furthermore, advanced numerical modeling techniques may be employed to improve the understanding of hydraulic processes occurring within the system and to support the development of more efficient engineering solutions.

Overall, the study confirmed the research confirmed the technical feasibility and practical effectiveness of tubeless groundwater lifting technology for groundwater extraction from wells. The proposed system provides stable hydraulic operation, reduces hydraulic and energy losses, improves pumping efficiency and enhances operational reliability. The obtained results provide a scientific basis for the design, optimization and practical implementation of tubeless groundwater lifting systems in agricultural water supply and reclamation engineering.

REFERENCES

Abdreshov S.A., Seitassanov I.S., Yakovlev A.A., Zulpykharov B.A. & Zhakupova Z.Z. (2019). Technology of water lifting from wells using an improved water jet pump installation. International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development, 9(6), 1155–1166. https://doi.org/10.24247/ijmperddec2019109 [in Eng.]

Bear, J. (2018). Hydraulics of groundwater. — New York: Dover Publications. [in Eng.]

Chaudhry, M.H. (2014). Applied hydraulic transients (3rd ed.). — New York: Springer. [in Eng.]

Driscoll F.G. (2014). Groundwater and wells (3rd ed.). St. Paul: Johnson Screens. [in Eng.]

Fox R.W., Pritchard P.J. & McDonald A.T. (2020). Introduction to fluid mechanics (10th ed.). Hoboken: Wiley. [in Eng.]

Gülich, J. F. (2019). Centrifugal pumps (4th ed.). Berlin: Springer. [in Eng.]

Hamill, L. & Bell, F.G. (2012). Groundwater resource development (2nd ed.). — London: Butterworth-Heinemann. [in Eng.]

Ilyasova, N., Zhakupova, Z., Meshyk, O., Yakovlev, A. & Sarkynov, Y. (2022). New trend in the improvement of technology of pipeless water lifting from wells with submersible motor pump in the water supply and irrigation in Kazakhstan. In Current Scientific, Technical and Environmental Problems of Habitat Conservation. ICEP–2022 Proceedings. Pp. 113–117. — Brest: Brest State Technical University. [in Eng.]

Jacob, C. E. (1947). Hydraulics of wells. New York: McGraw-Hill. [in Eng.]

Karassik, I.J., Messina, J.P., Cooper, P. & Heald, C. (2008). Pump handbook (4th ed.). — New York: McGraw-Hill. [in Eng.]

Kruseman, G.P. & de Ridder, N.A. (2000). Analysis and evaluation of pumping test data. Wageningen: ILRI Publication 47. [in Eng.]

Meshyk, A.P. (2016). Development of standard sizes and substantiation of parameters of hydraulic packer devices for submersible electric pumps used in groundwater lifting (PhD thesis). Brest State Technical University. — Brest, Belarus. [in Russ.]

Sarkynov, E. (2012). Use of groundwater resources for irrigation in Kazakhstan. — Almaty: Kazakh Research Institute of Water Economy. [in Russ.]

Streeter, V.L., Wylie, E.B. & Bedford, K.W. (2017). Fluid mechanics. — New York: McGraw-Hill Education. [in Eng.]

Tazhbayev, L.E. (1969). Fundamentals of water supply and watering of agricultural regions of Kazakhstan. — Alma-Ata: Kainar. [in Russ.]

Tóth, J. (1999). Groundwater as a geologic agent: An overview of the causes, processes and manifestations. Hydrogeology Journal, 7(1), 1–14. [in Eng.]

Walton, W.C. (1970). Groundwater resource evaluation. — New York: McGraw-Hill. [in Eng.]

Zhakupova Z.Z. (2013). Improvement of pipeless water lifting technology for increasing the efficiency of groundwater use in land reclamation (Master's thesis). Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan. [in Russ.]

Zhakupova, Z., Yakovlev, A., Yespolov, T., Ghinassi, G. & Sarkynov, Y. (2016). Experimental study into the processes running in hydraulic packer upon pipeless water lifting from wells by means of electrical submersible pump // Biotechnology and Biotechnological Research in Asia, 13(3). 1499–1513. https://doi.org/10.13005/bbra/2293 [in Eng.]

Zhakupova Z.Z., Yakovlev A.A. & Sarkynov Y.S. (2012). Theoretical prerequisites for substantiation of the technological scheme of pipeless groundwater lifting // Research, Results, Supplement No. 2. 69–75. [in Russ.]

Authors' contributions:

Narkyz Ilyassova – investigation, methodology, formal analysis, data curation, writing – original draft.
Aleh Meshyk – conceptualization, methodology, supervision, validation, writing – review and editing.
Laura Ryskulbekova – conceptualization, project administration, supervision, validation, writing – review and editing.
Altynay Tangirbergenova – formal analysis, software, visualization, data curation.
Zhanar Zhakupova – resources, validation, visualization, writing – review and editing.

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 167–177
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/14
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 87.21.09

L.T. Ismukhanova[1], A.S. Madibekov[1], A.O. Zhadi[1]*, A.M. Madibekova[1], Christian Opp[2]
[1]Institute of Geography and Water Safety, Almaty, Kazakhstan;
[2]Philipps-Universität Marburg, Marburg, Germany.
E-mail:askhat.zhadi@mail.ru

INTEGRATION OF HYDROCHEMICAL, GEOCHEMICAL AND SOCIO-ENVIRONMENTAL INDICATORS IN ASSESSING THE STATE OF THE BUKHTARMA RESERVOIR

Ismukhanova Laura, PhD, Senior Researcher at the Hydrochemistry and Environmental Toxicology Laboratory, JSC «Institute of Geography and Water Security».Kazakhstan, 050000, Almaty, Seyfullin Ave., 458/1
E-mail: l--aura@bk.ru, https://orcid.org/0000-0001-6421-8621;
Madibekov Azamat, Associate Professor, Head of the Hydrochemistry and Environmental Toxicology Laboratory, JSC «Institute of Geography and Water Security». Kazakhstan, 050000, Almaty, Seyfullin Ave., 458/1
E-mail: madibekov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9303-6640;
Zhadi Askhat, PhD, Researcher at the Hydrochemistry and Environmental Toxicology Laboratory, JSC «Institute of Geography and Water Security». Kazakhstan, 050000, Almaty, Seyfullin Ave., 458/1
E-mail: askhat.zhadi@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-7044-3454;
Madibekova Aisha, 1st Category Technician at the Hydrochemistry and Environmental Toxicology Laboratory, JSC «Institute of Geography and Water Security».Kazakhstan, 050000, Almaty, Seyfullin Ave., 458/1, 44
E-mail: aisha.madibekova@mail.ru, https://orcid.org/0009-0001-1769-2846;
Christian Opp, Professor, Philipps-Universität Marburg, Faculty of Geography, D-35032, Marburg, Germany
E-mail: opp@geo.uni-marburg.de, https://orcid.org/0000-0001-7034-6945.

Abstract. The Bukhtarma Reservoir is a large natural and man-made system, the condition of which is assessed primarily on the basis of instrumental monitoring data. At the same time, some of the changes regularly observed by the population of coastal areas are not captured by short-term field surveys, whilst public perception does not allow for the identification of chemical components that show no external signs. The aim of the study was to compare the population's socio-environmental observations with the hydrochemical and geochemical characteristics of the reservoir and to determine the extent to which these sources of information are consistent. Field surveys were carried out in the summer of 2026 at 62 sites, involving the analysis of surface and bottom waters and bottom sediments. The questionnaire survey covered 32 respondents from six coastal settlements. In the overall assessment, 28.1 % of participants noted a deterioration in water quality, whilst 56.3 per cent reported an increase in turbidity, 53.1 % noted a drop in water levels, 78.1 % observed greening or cloudiness in the summer, and 62.5 % noted an increase in the amount of litter on the banks. The closest correlation between field observations and instrumental data has been found for water turbidity and transparency. For seasonal visual changes, only a multi-parameter hydrochemical interpretation is possible, without establishing causality. Heavy metals formed a distinct analytical category: Cu, Pb and Co were detected throughout the network of water samples; Ni was found in localised areas; whilst Zn and Cd were significantly more prominent in bottom sediments. It has been proposed to distinguish between directly perceived, indirectly comparable and analytically identified environmental signals. This approach broadens the scope of the monitoring without replacing laboratory measurements with survey data.

Keywords: The Bukhtarma Reservoir, hydrochemistry, heavy metals, bottom sediments, public perception, environmental monitoring

For citation: Ismukhanova L., Madibekov a., Zhadi A., Madibekova A. (2026). Integration of

hydrochemical, geochemical and socio-enviromental indicators in the assessment of the state of the Bukhtarma reservoir // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 167–177. https://doi.org/10.37884/5-2026/14 [In Eng.].

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Funding. *This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP26103691 "Ecosystem Assessment of Pollution and Sustainability of the Aquatic Environment in the Buktyrma Reservoir Using Innovative Methods and Development of Recommendations for Maintaining Water Quality").*

Л.Т. Исмуханова[1], А.С. Мадибеков[1], А.Ө. Жәди[1]*, А.А. Мадибекова[1], Кристиан Опп[2]
[1]Институт географии и водной безопасности, Алматы, Казахстан;
[2]Марбург университеті, Марбург, Германия.
E-mail: askhat.zhadi@mail.ru

БҰҚТЫРМА СУ ҚОЙМАСЫНЫҢ ЖАЙ-КҮЙІН БАҒАЛАУДА ГИДРОХИМИЯЛЫҚ, ГЕОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ӘЛЕУМЕТТІК-ЭКОЛОГИЯЛЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРДІ ИНТЕГРАЦИЯЛАУ

Исмуханова Лаура Тыныштыкбаевна, PhD, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Гидрохимия және экологиялық токсикология зертханасының аға ғылыми қызметкері. Қазақстан, 050000, Алматы, Сейфуллин даңғылы, 458/1
E-mail: l--aura@bk.ru, https://orcid.org/0000-0001-6421-8621;
Мадибеков Азамат Сансызбаевич, PhD, қауымдастырылған профессор, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Гидрохимия және экологиялық токсикология зертханасының меңгерушісі. Қазақстан , 050000, Алматы, Сейфуллин даңғылы, 458/1
E-mail: madibekov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9303-6640;
Жәди Асхат Өмірзақұлы, PhD, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Гидрохимия және экологиялық токсикология зертханасының кіші ғылыми қызметкері. Қазақстан, 050000, Алматы қ. Сейфуллин даңғылы, 458/1
E-mail: askhat.zhadi@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-7044-3454;
Мадибекова Айша Азаматовна, «География және су қауіпсіздігі институты» АҚ, Гидрохимия және экологиялық токсикология зертханасының 1-категориялы технигі. Қазақстан, 050000, Алматы қ. Сейфуллин даңғылы, 458/1
E-mail: aisha.madibekova@mail.ru, https://orcid.org/0009-0001-1769-2846;
Кристиан Опп, профессор, Марбург университеті, География факультеті D-35032. Марбург, Германия
E-mail: opp@geo.uni-marburg.de, https://orcid.org/0000-0001-7034-6945.

Аннотация. Бұқтырма су қоймасының жағдайы негізінен аспаптық мониторинг деректері бойынша бағаланатын ірі табиғи-антропогендік жүйе болып табылады. Бұл ретте жағалау аумақтарының тұрғындары тұрақты түрде байқап отыратын өзгерістердің бір бөлігі қысқа мерзімді далалық зерттеулердің аясынан тыс қалады, ал қоғамдық қабылдау сыртқы белгілері жоқ химиялық компоненттерді анықтауға мүмкіндік бермейді. Зерттеудің мақсаты халықтың әлеуметтік-экологиялық бақылауларын су қоймасының гидрохимиялық және геохимиялық сипаттамаларымен салыстыру және осы ақпарат көздерінің өзара сәйкестік шектерін анықтау болды. Далалық зерттеулер 2026 жылдың жазында 62 нүктеде жүргізіліп, беткейлік және түп маңындағы су, сондай-ақ су асты шөгінділер зерттелді. Сауалнама жағалауда орналасқан алты елді мекеннің 32 тұрғынын қамтыды. Жалпы бағалау бойынша қатысушылардың 28,1 %-ы су жағдайының нашарлағанын атап өтсе, 56,3 %-ы лайлылықтың артқанын, 53,1 %-ы су деңгейінің төмендегенін, 78,1 %-ы жаз мезгілінде судың жасыл түске енуі немесе лайлануын, ал 62,5 %-ы жағалаулардағы қоқыс көлемінің көбейгенін көрсетті. Қоғамдық бақылаулар мен аспаптық деректер арасындағы ең жоғары сәйкестік судың лайлылығы мен мөлдірлігі көрсеткіштері бойынша анықталды. Маусымдық визуалды өзгерістер үшін себеп-салдарлық байланысты нақты белгілемей, тек бірнеше көрсеткішке негізделген гидрохимиялық интерпретация жасауға болады. Ауыр металдар дербес аналитикалық деңгей қалыптастырды: Cu, Pb және Co су сынамаларының бүкіл желісінде анықталды, Ni жергілікті таралумен сипатталды, ал Zn мен Cd су асты шөгінділерде анағұрлым айқын

көрінді. Экологиялық сигналдарды тікелей қабылданатын, жанама түрде салыстыруға болатын және аналитикалық жолмен анықталатын түрлерге бөлу ұсынылды. Мұндай тәсіл зертханалық өлшемдерді сауалнама деректерімен алмастырмай-ақ, мониторингтің мазмұнын кеңейтуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: Бұқтырма су қоймасы, гидрохимия, ауыр металда,; су асты шөгінділері, тұрғындар қабылдауы, экологиялық мониторинг

Дәйексөз үшін: Исмуханова Л.Т., Мадибеков А.С., Жәди А.Ө., Мадибекова А.А., Christian Opp (2026). Бұқтырма су қоймасының жай-күйін бағалауда гидрохимиялық, геохимиялық және әлеуметтік-экологиялық көрсеткіштерді интеграциялау // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 167–177. https://doi.org/10.37884/5-2026/14 [In Eng.].

Мүдделер қақтығысы: авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

Қаржыландыру. *Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті тарапынан қаржыландырылады (Грант № AR26103691 «Инновациялық әдістерді қолдана отырып, Бұқтырма су қоймасындағы ластануды және су ортасының тұрақтылығын экожүйелік бағалау және су сапасын сақтау жөніндегі ұсынымдарды әзірлеу»)»*

Л.Т. Исмуханова[1], А.С. Мадибеков[1], А.Ө. Жәди[1]*, А.А. Мадибекова[1], Кристиан Опп[2]
[1]Институт географии и водной безопасности, Алматы, Республика Казахстан;
[2]Марбургский университет, Марбург, Германия.
E-mail: askhat.zhadi@mail.ru

ИНТЕГРАЦИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ, ГЕОХИМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ БУХТАРМИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

Исмуханова Лаура Тыныштыкбаевна, PhD, старший научный сотрудник лаборатории Гидрохимии и экологической токсикологии, АО «Институт Географии и водной безопасности».Казахстан, 050000, Алматы, пр. Сейфуллина, 458/1
E-mail: l--aura@bk.ru, https://orcid.org/0000-0001-6421-8621;
Мадибеков Азамат Сансызбаевич,PhD, ассоциированный профессор, заведующий лабораторией Гидрохимии и экологической токсикологии, АО «Институт Географии и водной безопасности». Казахстан, 050000, Алматы, пр. Сейфуллина, 458/1
E-mail: madibekov@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-9303-6640;
Жәди Асхат Өмірзақұлы, PhD, научный сотрудник лаборатории Гидрохимии и экологической токсикологии, АО «Институт Географии и водной безопасности». Казахстан, 050000, Алматы, пр. Сейфуллина, 458/1
E-mail: askhat.zhadi@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-7044-3454;
Мадибекова Айша Азаматовна, техник 1-й категории лаборатории Гидрохимии и экологической токсикологии, АО «Институт Географии и водной безопасности». Казахстан, 050000, Алматы, пр. Сейфуллина, 458/1
E-mail: aisha.madibekova@mail.ru, https://orcid.org/0009-0001-1769-2846;
Кристиан Опп, профессор, Марбургский университет географический факультет, D-35032 Марбург, Германия
E-mail: opp@geo.uni-marburg.de, https://orcid.org/0000-0001-7034-6945.

Аннотация. Бухтарминское водохранилище представляет крупную природно-антропогенную систему, состояние которой оценивается преимущественно по данным инструментального мониторинга. При этом часть изменений, регулярно наблюдаемых населением прибрежных территорий, остается вне кратковременных полевых обследований, тогда как общественное восприятие не позволяет выявлять химические компоненты, не имеющие внешних признаков. Цель работы состояла в сопоставлении социально-экологических наблюдений населения с гидрохимическими и геохимическими характеристиками водохранилища и определении границ согласованности этих источников информации. Полевые исследования выполнены летом 2026 г. на 62 точках с изучением поверхностной и придонной воды и донных отложений. Анкетирование охватило 32 респондента из шести прибрежных населенных пунктов. При общей оценке ухудшение состояния воды отметили 28,1 % участников, тогда как

повышение мутности указали 56,3 %, снижение уровня воды – 53,1 %, летнее позеленение или помутнение – 78,1 %, увеличение количества мусора на берегах – 62,5 %. Наиболее близкое соответствие общественных наблюдений инструментальным данным установлено для мутности и прозрачности воды. Для сезонных визуальных изменений возможна только многопоказательная гидрохимическая интерпретация без установления причинности. Тяжелые металлы сформировали самостоятельный аналитический уровень: Cu, Pb и Co определялись по всей сети водных проб, Ni имел локальное распространение, а Zn и Cd значительно отчетливее проявлялись в донных отложениях. Предложено разграничивать непосредственно воспринимаемые, косвенно сопоставимые и аналитически выявляемые экологические сигналы. Такой подход расширяет содержание мониторинга без подмены лабораторных измерений данными опроса.

Ключевые слова: Бухтарминское водохранилище, гидрохимия, тяжелые металлы, донные отложения, восприятие населения, экологический мониторинг

Для цитирования: Исмуханова Л.Т., Мадибеков А.С., Жәди А.Ө., Мадибекова А.А., Christian Opp (2026). Интеграция гидрохимичеких и социально-экологических показателей в оценке состояния Бухтарминского // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 167–177. https://doi.org/10.37884/5-2026/14 [In Eng.].

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Информация о финансировании. *Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках гранта № AP26103691 «Экосистемная оценка загрязнения и устойчивости водной среды Бухтарминского водохранилища с использованием инновационных методов и разработка рекомендаций по поддержанию качества воды».*

Introduction.

A large reservoir rarely maintains the same conditions throughout its entire water area. Once the flow rate has been adjusted, the water exchange rate, water residence time, sedimentation of suspended matter and mass exchange between the water column and the bottom sediments are all altered. Against this backdrop, different parts of a single body of water may vary significantly in terms of oxygen levels, transparency, biogenic compounds and the behaviour of trace elements. For reservoirs, such heterogeneity is an inherent property of the system, and average characteristics often mask local variations that are of ecological significance [Woelmer et al., 2023; Bing et al., 2022].

Instrumental studies make it possible to quantify the physico-chemical conditions of the aquatic environment and to track the distribution of pollutants. The water–sediment system occupies a special place. A reduction in flow velocity and the settling of particles create conditions for some metals to become bound to the bottom sediment; however, their subsequent mobility depends on their state of occurrence, the composition of the sediment, organic matter and redox conditions. Therefore, the absence of an element in the aqueous phase does not imply its absence from the water body as a biogeochemical system [Cieśla and Gruca-Rokosz, 2024; Li et al., 2025]. Similar differences between water and bottom sediments have also been observed in reservoirs in Kazakhstan [Ismukhanova et al., 2022].

People living along the coast view the body of water from a different perspective. In their day-to-day experience, the water level and clarity, its colour, seasonal algal blooms, its smell, the condition of the shoreline, the presence of litter and changes in fish stocks are the main factors that come to the fore. Some of these indicators may be recorded repeatedly over a period of several years, thereby supplementing the brief field survey. At the same time, a subjective assessment depends on personal experience, the nature of the water body's use and an individual's expectations; therefore, it cannot be regarded as a substitute for measurements [Artell et al., 2013; Angradi et al., 2018].

In recent years, comparing public perception with objective indicators of water quality has become a distinct field of research. At reservoirs in north-eastern Brazil, assessments by local communities were compared with physical, chemical and biological indicators; the most informative indicators were those relating to the condition of the water and the riparian zone [Azevêdo et al., 2022]. In citizen science studies, qualitative observations of colour, turbidity, odour, aquatic vegetation and floating waste also showed a meaningful correlation with the actual condition of water bodies, but did not fully correspond to analytical measurements [Blanco-Ramírez et al., 2025].

The reason for the lack of complete agreement lies not only in the subjectivity of the responses.

Different types of information cover different properties of the aquatic system. Transparency and floating debris can be observed directly, whereas dissolved metals, changes in bottom oxygen conditions or mobile forms of elements in bottom sediments cannot be detected visually. A study of Lake Hunin has shown that the public's perception of pollution and the results of chemical monitoring can differ significantly, even where the local population has had long-term contact with the lake [Del Sante et al., 2025]. A similar conclusion was reached in 2026 regarding rural drinking water sources in northern Kazakhstan: the perceived quality and chemical composition of the water constituted complementary, but not interchangeable, levels of information [Nugmanov et al., 2026].

New data on urban lakes further show that the discrepancy between the measured and perceived conditions persists even with regular monitoring. In the study by Small et al. (2026), more than 800 visitor assessments were compared with Secchi disc transparency and chlorophyll a content. Respondents took into account not just a single parameter, but a combination of visual characteristics, including litter and aquatic vegetation. This finding is important for interpreting the survey data: the absence of a pronounced overall negative assessment does not rule out the possibility that specific environmental changes are clearly discernible and regularly noted by the population.

The Bukhtarma Reservoir occupies a special position in the upper reaches of the Yertis basin. The current water system comprises the Zaisan lake basin and sections of the flooded Yertis valley; it receives transboundary flow from the Kara Yertis and is utilised for power generation, fisheries and recreation. Recent studies have characterised the hydrochemical status of the Kazakhstani section of the Yertis, the ecological characteristics of the transboundary flow, the hydrographic conditions of the Bukhtarma Reservoir, and long-term changes in its composition [Romanova et al., 2024; Krupa et al., 2024; Zhensikbayeva et al., 2024; Ismukhanova et al., 2025]. However, public observations of the condition of the water body had not previously been analysed in conjunction with a synchronous set of hydrochemical data and the concentration of heavy metals in the water–sediment system.

The research objective of this study is not to assess the extent to which the public 'correctly' evaluates water quality. A more substantive question is which aspects of the environmental condition are reflected by each source of information, and where the limits of their comparability lie. It was assumed that public observations would be most consistent with directly observable characteristics – such as transparency, seasonal changes in the water's external appearance and the condition of the shoreline – whilst heavy metals and some changes in the bottom water would constitute analytically detectable parameters for which there is no reliable visual counterpart.

The aim of the study is to determine the degree of correlation between the changes in the Bukhtarma Reservoir observed by the local population and its instrumentally measured hydrochemical and geochemical characteristics, as well as to identify environmental signals that are reflected in public perception or remain outside the scope of direct observation.

Methods and materials.

Organisation of research

This study combines two independent datasets collected in 2026. The instrumental component was developed based on the results of a field survey of the Bukhtarma Reservoir, whilst the socio-environmental component was based on data from a questionnaire survey of the population in the riparian areas. These data were collected and processed separately; they were combined during the scientific interpretation stage.

Field surveys were carried out from 15 June to 23 July 2026. The survey grid comprised 62 points distributed across the surveyed water area. At each site, surface and bottom waters were analysed, and bottom sediments were sampled. The questionnaire survey covered Altayka, Ulken Naryn, Svinchatka, Novaya Bukhtarma, Kuigan and Zholnuskau. A total of 32 questionnaires were included in the statistical analysis.

Field measurements and laboratory analysis

Surface water was sampled from a depth of 0.5 m, whilst bottom water was collected using a bathometer from the layer immediately above the bottom sediments, taking care not to disturb them. Bottom sediments were collected using a Petersen dredge. Water sampling was carried out in accordance with ST RK GOST R 51592-2003, and sampling of bottom sediments in accordance with GOST 17.1.5.01-80.

Depth was determined using a Lowrance HDS-12 Live echo sounder/chartplotter, whilst water clarity was measured using a Secchi disc. Temperature, pH and dissolved oxygen content were measured using a Horiba U-53 multi-parameter analyser directly at each sampling point. The laboratory hydrochemical analysis included total hardness, Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+} + K^{+}, Cl^{-}, SO_4^{2-}, HCO_3^{-}, mineralisation, permanganate

oxidisability, NH_4^+, NO_2^-, NO_3^- and PO_4^{3-}. Biogenic compounds were determined spectrophotometrically using a HACH DR 3900. For the integrated assessment, the main focus was on transparency, pH, dissolved oxygen, permanganate oxidisability, mineralisation and biogenic compounds, as these parameters are closely linked to the observed water condition.

Cu, Zn, Pb, Cd, Ni and Co in surface and bottom waters were determined by flame atomic absorption spectrometry using a Shimadzu AA-7000 in accordance with ST RK ISO 8288-2005. Prior to measurement, the water was filtered through 'Blue Ribbon' filter paper. In the bottom sediments, the mobile forms of the same elements were analysed following extraction with an ammonium acetate buffer solution at pH 4.8 in accordance with RD 52.18.289-90. The resulting extracts were also analysed on the Shimadzu AA-7000.

Survey and statistical analysis

The Russian and Kazakh versions of the questionnaire had the same structure and comprised 14 questions. Questions 1–12 offered a single answer option and covered the length of time spent living or working in the area, changes in the general condition and water level, transparency, seasonal greening or cloudiness, the condition of the shoreline, plastic waste and fish stocks. The final two questions allowed for multiple choices regarding environmental problems and proposed measures.

The questionnaires were distributed across the settlements as follows: Altayka – 3, Ulken Naryn – 6, Svinchatka – 4, Novaya Bukhtarma – 9, Kuigan – 6, Zholnuskau – 4. 59.4 per cent of participants had lived or worked in the relevant area for at least 10 years, a factor which was taken into account when interpreting responses regarding long-term changes. These percentages are considered as a characteristic of the surveyed population and do not apply to the entire population of the settlements in question.

Absolute and relative frequencies were calculated for the responses, whilst 95 per cent Wilson confidence intervals were calculated for the main proportions (Newcombe, 1998). Inter-territorial differences across ten adverse characteristics were tested using a conditional exact test with 100,000 Monte Carlo simulations for 6 × 2 tables; the magnitude of the differences was characterised by Kramer's V. For multiple comparisons, Holm's sequential correction was applied (Holm, 1979). Due to local subsamples ranging from 3 to 9 individuals, the territorial analysis was exploratory in nature.

The principle of data integration.

The results of the questionnaire survey and instrumental studies were integrated on the basis of environmental criteria characterising comparable aspects of the reservoir's condition. This approach made it possible to combine the public's observations with data from field and laboratory studies without converting indicators of different types into a single standardised assessment.

The turbidity perceived by the population was examined in conjunction with the actual water transparency as measured using the Secchi disc. Seasonal greening and clouding of the water were analysed in relation to changes in pH, dissolved oxygen content and biogenic compounds. Litter pollution in the riparian zone was identified as a separate component of anthropogenic impact on the coastal area. The concentration of heavy metals in the water and their mobile forms in bottom sediments was considered as a separate geochemical component of the reservoir's ecological status.

The joint interpretation aimed to establish a correlation between the changes observed by the local population and the instrumentally measured characteristics of the aquatic environment, as well as to identify aspects of the reservoir's condition that can only be revealed through chemical analysis of the water and bottom sediments.

Results and discussion.

Social and environmental indicators

The responses revealed a marked discrepancy between the overall assessment of water quality and specific changes observed. Nine out of 32 respondents, or 28.1 %, noted a deterioration in overall water quality, whilst 68.8 % did not observe any significant changes. When broken down in more detail, the proportion of unfavourable observations increased: 53.1 % of participants reported a drop in water levels, 56.3 % noted increased turbidity, and 78.1 % observed summer greening, cloudiness or algal blooms, at least periodically. An increase in the amount of litter on the banks was noted by 62.5 %., whilst the presence of areas perceived as polluted was noted by 65.6 %.

Note: n/N – the number of respondents who selected this answer option/the total number of respondents, 95 % CI, % – 95 % confidence interval, % calculated using Wilson's method.

The difference between the overall response and individual characteristics does not appear to constitute an internal contradiction within the questionnaire. The overall assessment is based on long-term experience

of interacting with the water body and may remain neutral even in the presence of individual noticeable changes. Artell et al. (2013) also demonstrated that subjective and objective assessments of water quality often diverge, with the nature of this divergence depending on the type of water body, its initial condition and the user's experience. For the Bukhtarma Reservoir, it was not a single generalised response that proved most informative, but rather the recurrence of similar characteristics across several questions.

Table 1. Key socio-environmental indicators of the condition of the Bukhtarma Reservoir, based on the results of the questionnaire survey

Indicator	n/N	Share, %	95 % CI, %
Deterioration in overall water quality	9/32	28,1	15,6-45,4
A drop in the water level	17/32	53,1	36,4-69,1
Increased water turbidity	18/32	56,3	39,3-71,8
Summer greening, cloudiness or algal blooms	25/32	78,1	61,2-89,0
An increase in the amount of litter on the shores	20/32	62,5	45,3-77,1
The presence of areas perceived as contaminated	21/32	65,6	48,3-79,6
Decline in fish stocks	12/32	37,5	22,9-54,7

The most consistent socio-environmental concern relates to waste. Water pollution caused by litter and waste was cited as one of the main environmental problems by 71.9 per cent of participants. An increase in the number of bins was supported by 81.3 per cent, the cleaning of the coastal zone and water by 71.9 per cent, and a reduction in pollution caused by holidaymakers and tourists by 65.6 per cent. The same trend can be observed in the observations, the ranking of problems and the choice of measures; therefore, the condition of the coastal zone should be regarded as a distinct component of anthropogenic pressure, rather than as a random response from a specific section of the sample.

Differences between settlements were not consistently statistically significant after Holm's correction. Prior to correction, nominal differences were observed in the frequency of plastic litter detection and in assessments of changes in fish abundance and diversity; however, after adjusting for multiple comparisons, the p-values exceeded 0.05. Small subsamples do not allow settlements to be ranked according to the degree of environmental degradation; local differences can only be used as a guide for subsequent field verification.

Hydrochemical indicators consistent with the observations of the local population

The closest instrumental analogue of perceived turbidity is water transparency. Quantitative values based on the Secchi disc were obtained at 39 points; the median was 1.40 m, with interquartile ranges of 1.00–2.35 m. At 23 shallow-water points, the disc remained visible all the way to the bottom; therefore, it is inappropriate to artificially assign a numerical transparency value to such observations. The spatial variability of the indicator confirms that the appearance of the water across the water body is not uniform; however, a single summer survey cannot verify the long-term trend in turbidity reported by respondents.

The seasonal greening or cloudiness of the water, noted by 78.1 per cent of respondents, requires a more cautious interpretation. The median pH of surface water was 8.50, whilst that of bottom water was 8.40. The corresponding values for dissolved oxygen were 7.55 and 6.08 mg/L. Nitrates had a median of 0.30 mg/ L in both layers, whilst phosphates were 0.40 mg/L at the surface and 0.42 mg/ L at the bottom. Ammonium was quantified in only 4 surface and 6 bottom samples. In certain areas, combinations of elevated pH, oxygen supersaturation and changes in biogenic forms were observed; however, data on chlorophyll a and phytoplankton are not included in this dataset. Therefore, the results characterise the conditions of the aquatic environment rather than confirming a specific type of bloom.

The rationale behind this distinction is consistent with research showing that transparency and other visible characteristics are more strongly linked to public perception than indicators without direct sensory manifestations [Angradi et al., 2018; Small et al., 2026]. The study by Rock et al. (2025) shows that the condition of a reservoir prone to cyanobacterial blooms is determined by the combined effect of seasonal and spatial factors, and that interpreting a single hydrochemical indicator out of the context of biological data may be insufficient. For the Bukhtarma Reservoir, a similar principle means that visual greening cannot be attributed to a specific mechanism based solely on pH, oxygen or phosphate values.

The suite of instruments simultaneously detects changes that are virtually impossible to observe from the surface. The bottom water was characterised by a lower median dissolved oxygen concentration, whilst the salinity in the two layers remained similar: the median was 264 mg/L in the surface water and 265 mg/L

in the bottom water. At certain points, oxygen levels near the seabed fell to values that differed significantly from those in the surface layer. In such cases, water that appears calm or clear provides no information about the condition of the seabed zone.

Table 2. Instrumental indicators relevant to the interpretation of the observed water conditions

Indicator	Surface water, Me [Q1–Q3]	Bottom water, Me [Q1–Q3]	Interpretative significance
Transparency according to the Sekki disc, m	1,40 [1,00-2,35], n=39	-	A direct equivalent of the perceived turbidity; at 23 shallow-water points, the disc was visible right down to the seabed
pH	8,50 [8,40-8,98]	8,40 [8,13-08,60]	Describes the physical and chemical conditions; does not in itself confirm the cause of the visual changes
Dissolved O_2, mg/L	7,55 [5,60-8,50]	6,08 [4,4-08,18]	Shows variations in water depth that are not always visible from the surface
Permanganate oxidisability, mg O_2/L	0,63 [0,30-0,89]	0,42 [0,21-0,70]	Further characteristics of the oxidisable components of water
Mineralisation, mg/L	264 [246-334]	265 [240-335]	Similar values for the two layers, whilst other indicators have changed
NO_3^-, mg/L	0,30 [0,20-0,30]	0,30 [0,20-0,40]	One of the indicators of nitrogen status; it is not regarded as an independent marker of the source of pollution
PO_4^{3-}, mg/L	0,40 [0,20-0,57]	0,42 [0,25-0,64]	Characterises the biogenic component; it is incorrect to equate this directly with algal blooms without hydrobiological data

Note: Me – median; Q1–Q3 – first and third quartiles. Transparency values are given only for quantitatively measured points

In locally polluted sections of the water body, changes in nitrogen and oxygen conditions were observed, most notably in the bottom waters. However, no simultaneous sustained increase in all biogenic parameters and permanganate oxidisability was detected. Therefore, there are no grounds for linking the pollution observed by the local population to a constant inflow of domestic and industrial effluents. For recreational water bodies, the impact of the riparian zone may indeed manifest itself through the inflow of biogenic substances and changes in oxygen conditions [Jurczak et al., 2019], but in this specific case, the source must be confirmed by independent data.

A geochemical component that has no direct visual counterpart.

Heavy metals provided the clearest example of why the external appearance of water cannot replace analytical monitoring. Cu, Pb and Co were quantified in all surface and bottom water samples. Ni was detected in 21 out of 62 samples from each layer and showed a localised distribution. Zn was not detected in surface water and was quantified in only one bottom water sample. Cd was not detected in the aqueous phase.

Table 3. Frequency of quantification and median concentrations of heavy metals in water and bottom sediments

Metal	Surface water, n/N (%)	Me*, µg/L	Bottom water, n/N (%)	Me*, µg/L	Bottom sediments, n/N (%)	Me*, mg/kg
Cu	62/62 (100,0)	8,80	62/62 (100,0)	9,60	62/62 (100,0)	2,84
Zn	0/62 (0,0)	н/о	1/62 (1,6)	4,06	61/62 (98,4)	9,24
Pb	62/62 (100,0)	9,90	62/62 (100,0)	10,4	62/62 (100,0)	0,86
Cd	0/62 (0,0)	н/о	0/62 (0,0)	н/о	23/62 (37,1)	0,11
Ni	21/62 (33,9)	30,3	21/62 (33,9)	21,0	62/62 (100,0)	3,44
Co	62/62 (100,0)	84,5	62/62 (100,0)	87,0	62/62 (100,0)	5,36

Note: * Me is calculated only from quantified values; results below the limit of detection were not replaced by 0. n/d – not detected

Bottom sediments showed a different distribution. Mobile forms of Cu, Pb, Ni and Co were detected in all 62 samples, whilst Zn was detected in 61 samples. Cd, which was not detected in the water, was present in 23 samples of bottom sediment. The median of the quantified values for Zn in the bottom sediments was 9.24 mg/kg, and for Cd, 0.11 mg/kg. The difference between the two media is particularly important for an integrated assessment: water that appears visually uncontaminated does not rule out the presence of mobile forms of these elements in the bottom sediments.

The redistribution of metals between water and sediment is characteristic of impounded water systems. Increased sedimentation of suspended matter following the construction of dams can reduce part of the dissolved and suspended metal load in the water as material accumulates in bottom sediments (Bing et al., 2022). Recent studies of large reservoirs show that hydrodynamics, organic matter and sediment properties determine the differences between individual metals and areas of the water body [Cieśla and Gruca-Rokosz, 2024; Li et al., 2025]. The data obtained for the Bukhtarma Reservoir are consistent with this general pattern, but do not provide grounds for identifying a single source or a single trend for all elements.

From the point of view of public perception, a geochemical unit differs fundamentally from turbidity or the condition of the shoreline. It is not possible to reliably determine the concentration of Cu, Pb, Ni or Co based on colour and transparency, let alone assess the mobile forms of Zn and Cd in bottom sediments. Del Sante et al. (2025), in their study of Lake Hunin, also demonstrated a disconnect between analytical assessments of metals and culturally conditioned perceptions of pollution. In a Kazakhstani study of drinking water, the differences between perceived quality and chemical composition were attributed to the fact that some components do not have a distinct sensory manifestation [Nugmanov et al., 2026]. Therefore, public observation cannot be used to confirm or rule out metal contamination.

Consistency, discrepancies and implications for monitoring.

A joint analysis of two independent datasets does not support the simplified model whereby a public assessment must either coincide with laboratory data or be regarded as erroneous. The strongest agreement is found between indicators describing the same observable property. For turbidity, transparency as measured by the Secchi disc serves as such an analogue. For seasonal greening, the correspondence becomes indirect: pH, oxygen and biogenic compounds characterise the conditions accompanying biological processes, but without phytoplankton data they do not establish the nature of the observed phenomenon. For heavy metals, there is no direct, observable analogue.

In studies of local communities around reservoirs, the relationship between perception and physico-chemical or biological indicators also varied depending on specific characteristics [Azevêdo et al., 2022). Blanco-Ramírez et al. (2025] demonstrated that citizen observations are particularly useful for qualitative water characteristics that humans are able to consistently distinguish. Small et al. (2026) reached a similar conclusion at two urban lakes: differences in subjective assessment were noticeably weaker than differences in chlorophyll a, as visitors took into account transparency, litter, vegetation and their own expectations simultaneously. This context explains why, whilst 28.1 per cent of responses in our sample indicated an overall deterioration, more than half of the respondents noted specific adverse characteristics.

Table 4. A comparison of perceived and instrumentally measured environmental signals.

Observed signal	Proportion of respondents, %	Instrumental data	An integrated interpretation
A general deterioration in water quality	28,1	A set of hydrochemical and geochemical indicators	Partial correspondence: a comprehensive societal assessment smooths out individual changes
Increased turbidity	56,3	Transparency on the Sekki disc	This is the closest comparison, but the timeframes of the survey and the field study differ
Summer greening or cloudiness	78,1	pH, O_2, NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-, PO_4^{3-}	Functional comparison without evidence of a specific cause; chlorophyll a and phytoplankton were not analysed
A drop in the water level	53,1	Field depth measurements, 2026	Direct verification is not possible without a long-term time series
The increase in the amount of litter on the shores	62,5	There is no direct hydrochemical analogue	A specific form of human-induced pressure on the coastal area
Heavy metals	-	Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Co in water and mobile forms in bottom sediments	A component that can be identified analytically but has no reliable visual counterpart

Note: The table reflects the substantive comparability of the sources of information, rather than any spatial correlation or causal relationship.

The inverse discrepancy also proved to be scientifically significant. Litter on the shoreline is a major concern in public observations, yet it is scarcely reflected in standard hydrochemical analyses. If the condition of a reservoir is assessed solely on the basis of the chemical composition of the water, this component of

anthropogenic pressure remains outside the scope of the analysis. At the same time, questionnaire surveys do not reveal vertical changes in oxygen conditions or the geochemical characteristics of bottom sediments. Both sources of information have their own areas of high sensitivity and their own limitations.

The results obtained allow us to distinguish between three levels of environmental signals. The first combines directly perceptible characteristics with a closely related measurable counterpart – primarily turbidity and transparency. The second includes phenomena for which instrumental interpretation is only possible on the basis of a combination of indicators; this includes seasonal greening or clouding of the water. The third level comprises components that are accessible primarily through one type of observation: litter and the condition of the shoreline are readily observed by the public, whilst heavy metals and changes in bottom water require laboratory and field monitoring. This framework is not a conventional composite index and does not assign artificial weighting coefficients to disparate indicators.

For the Bukhtarma Reservoir, this approach is of particular significance due to the combination of a large water surface area, transboundary inflows, recreational pressure and a complex hydrographic structure. Previous studies have characterised the current conditions of the Bukhtarma Reservoir and the Kazakhstani section of the Irtysh based on hydrochemical data and long-term monitoring [Krupa et al., 2024; Romanova et al., 2024; Zhensikbayeva et al., 2024; Ismukhanova et al., 2025]. The present study complements this body of work by offering a different research perspective: public observations are considered not in isolation and not as a substitute for monitoring, but as an independent source of information on recurring visual and shoreline changes.

Design constraints define the scope of the conclusions. The questionnaires document observations made over varying periods, often spanning several years, whilst the instrumental data set relates to the summer expedition of 2026. The exact coordinates of the sites to which respondents attributed individual observations are not available. For this reason, consistency in content is not interpreted as a spatial correlation or causal relationship. The small size of the local subsamples also prevents territorial differences from being generalised to all residents of the relevant settlements.

The practical value of integration lies in the selection of more precise monitoring objectives. Recurring reports of summer changes in water colour and transparency justify an increase in seasonal measurements during the periods when these phenomena occur, with the mandatory inclusion of chlorophyll a and phytoplankton. Observations of litter require separate monitoring of the coastal zone and recreational pressure. The monitoring network should continue to investigate bottom waters and sediment, as some oxygen and geochemical changes are not reflected either in the surface conditions or in public perception.

Conclusion.

A joint analysis of the results of the questionnaire survey and instrumental studies showed that public perception and the actually measured characteristics of the Bukhtarma Reservoir reflect different aspects of its ecological condition. Whilst the population's overall assessment of the water was relatively cautious, specific changes were noted significantly more frequently. An increase in turbidity was reported by 56.3 % of respondents, a drop in water level by 53.1 %, summer greening, cloudiness or algal blooms by 78.1 %, and an increase in the amount of litter on the shores by 62.5 %. The most consistent observations made by the public related to the visual condition of the water and pollution of the riparian zone.

Instrumental studies revealed spatial variability in the reservoir's transparency, oxygen levels and biogenic conditions. The closest correlation between public observations and field data was found for water turbidity and transparency. Seasonal changes noted by the local population were considered in conjunction with changes in pH, dissolved oxygen content and biogenic compounds, which made it possible to supplement visual observations with a quantitative characterisation of the state of the aquatic environment.

Heavy metals constituted a separate component of the environmental assessment. Cu, Pb and Co were quantified across the entire network of water samples analysed, whilst Ni was found to be distributed locally. For Zn and Cd, the difference between the water column and the sedimentary environment was particularly pronounced: the mobile form of Zn was detected in 61 out of 62 sediment samples, and Cd in 23 out of 62 samples, whilst no Cd was detected in the water. The results obtained confirm the need for joint research into the water column and bottom sediments, as the distribution of individual elements in these components of the aquatic system differs significantly.

The main finding of this study is the distinction between three groups of environmental indicators for the Bukhtarma Reservoir: those directly perceived by the population and having a close instrumental counterpart; observed changes interpreted on the basis of a set of hydrochemical characteristics; and analytically identified

components that have no direct visual manifestation. The combined use of these sources of information broadens the scope for assessing the condition of the reservoir and allows for the simultaneous consideration of changes in the aquatic environment, the condition of the riparian zone and the geochemical characteristics of the water–sediment system. This approach can be used to identify priority areas for environmental monitoring of the Bukhtarma Reservoir.

REFERENCES

Angradi T.R., Ringold P.L., Hall K. (2018). Water clarity measures as indicators of recreational benefits provided by U.S. lakes: Swimming and aesthetics // Ecological Indicators. 93. Pp. 1005–1019. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.06.001 [in Eng.]

Artell J., Ahtiainen H., Pouta E. (2013). Subjective vs. objective measures in the valuation of water quality // Journal of Environmental Management. 130. Pp. 288–296. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.09.007 [in Eng.]

Azevêdo E.L., Alves R.R.N., Dias T.L.P., Álvaro E.L.F., Barbosa J.E.L., Molozzi J. (2022). Perception of the local community: What is their relationship with environmental quality indicators of reservoirs? // PLOS ONE. 17(1). Article e0261945. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0261945 [in Eng.]

Bing H., Liu Y., Huang J., Tian X., Zhu H., Wu Y. (2022). Dam construction attenuates trace metal contamination in water through increased sedimentation in the Three Gorges Reservoir // Water Research. 217. Article 118419. https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118419 [in Eng.]

Blanco-Ramírez S., van Meerveld I., Camargo A., Seibert J. (2025). "The water is murky, the water is not moving": qualitative water quality assessment by citizen scientists // Frontiers in Water. 7. Article 1552646. https://doi.org/10.3389/frwa.2025.1552646 [in Eng.]

Cieśla M., Gruca-Rokosz R. (2024). Fate of heavy metals in ecosystems of dam reservoirs: Transport, distribution and significance of the origin of organic matter // Environmental Pollution. 361. Article 124811. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124811 [in Eng.]

Del Sante S., Sotomayor D.A., Mantas A.I., Aramayo A., Sosa M., Caro C. (2025). Water pollution and culturally perceived environmental pollution at the Peruvian highlands // Environmental Monitoring and Assessment. 197. Article 578. https://doi.org/10.1007/s10661-025-14016-3 [in Eng.]

Holm S. (1979). A simple sequentially rejective multiple test procedure // Scandinavian Journal of Statistics. 6(2). Pp. 65–70. [in Eng.]

Ismukhanova L., Choduraev T., Opp C., Madibekov A. (2022.) Accumulation of heavy metals in bottom sediment and their migration in the water ecosystem of Kapshagay Reservoir in Kazakhstan // Applied Sciences. 12. Article 11474. https://doi.org/10.3390/app122211474 [in Eng.]

Ismukhanova L., Sultanbekova B., Musakulkyzy A., Madibekov A. (2025). Comprehensive characterization of the state of the Bukhtarma Reservoir based on multi-year observations (2014–2025) // Hydrometeorology and Ecology. 119(4). Pp. 58–69. https://doi.org/10.54668/2789-6323-2025-119-4-58-69 [in Eng.]

Jurczak T., Wagner I., Wojtal-Frankiewicz A., Frankiewicz P., Bednarek A., Łapińska M., Kaczkowski Z., Zalewski M. (2019). Comprehensive approach to restoring urban recreational reservoirs. Part 1. Reduction of nutrient loading through low-cost and highly effective ecohydrological measures // Ecological Engineering. 131. Pp. 81–98. https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.03.006 [in Eng.]

Krupa E., Romanova S., Serikova A., Shakhvorostova L. (2024). A comprehensive assessment of the ecological state of the transboundary Irtysh River (Kazakhstan, Central Asia) // Water. 16. Article 973. https://doi.org/10.3390/w16070973 [in Eng.]

Li Y., Zhu Y., Chen Y., Wang C., Zhao G., Pan H., Wang C., Bao H., Ibrahim M., Norgbey E. (2025). Heavy metals contamination in water-sediment systems of a large drinking water reservoir in southern China: Large-scale assessment and risk-based management // Journal of Cleaner Production. 525. Article 146557. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.146557 [in Eng.]

Newcombe R.G. (1998). Two-sided confidence intervals for the single proportion: comparison of seven methods // Statistics in Medicine. 17(8). Pp. 857–872. https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0258(19980430)17:8<857:AID-SIM777>3.0.CO;2-E [in Eng.]

Nugmanov A., Beisenova R., Kali A., Zhupysheva A., Shamshidin I., Beisenova D. (2026). Linking perceived and actual drinking water quality across rural landscapes of northern Kazakhstan // Frontiers in Environmental Science. 14. Article 1731716. https://doi.org/10.3389/fenvs.2026.1731716 [in Eng.]

Rock L.A., Fetzer W.W., Patterson L.S., Sillen S.J., Steg R., Walters A.W., Collins S.M. (2025). Spatiotemporal drivers of water quality and phytoplankton communities in a cyanobacteria-dominated reservoir provide management insights // Environmental Monitoring and Assessment. 197. Article 795. https://doi.org/10.1007/s10661-025-14258-1 [in Eng.]

Romanova S.M., Krupa E.G., Serikova A.S., Alekseev S.N. (2024). Modern hydrochemical characteristics of water bodies in the Kazakhstan part of the Irtysh River basin // Hydrometeorology and Ecology. 112(1). Pp. 121–132. https://doi.org/10.54668/2789-6323-2024-112-1-121-132 [in Eng.]

Small G.E., Finlay J.C., Keeler B.L., Niehoff E., Forgrave R., Wood S.A. (2026). Visitor perception of lake water quality in two highly managed urban lakes in Saint Paul, Minnesota // Urban Ecosystems. 29(2). Article 90. https://doi.org/10.1007/s11252-026-01961-1 [in Eng.]

Woelmer W.M., Hounshell A.G., Lofton M.E., Wander H.L., Lewis A.S.L., Scott D., Carey C.C. (2023). The importance of time and space in biogeochemical heterogeneity and processing along the reservoir ecosystem continuum // Aquatic Sciences. 85. 66. https://doi.org/10.1007/s00027-023-00959-7 [in Eng.]

Zhensikbayeva N., Saparov K., Kabdrakhmanova N., Atasoy E., Yeginbayeva A., Abzeleeva K., Bakin S., Sedelev V., Amangeldy N. (2024). An assessment of the construction and hydrographic conditions of Bukhtarma and Ust-Kamenogorsk Reservoirs in the East Kazakhstan Region for 2017–2021 // Sustainability. 16. Article 10348. https://doi.org/10.3390/su162310348 [in Eng.]

Ismukhanova Laura — conceptualization, formal analysis, writing – original draft, writing review and editing.
Madibekov Azamat — methodology, supervision, formal analysis.
Zhadi Askhat — investigation, data curation, visualization.
Madibekova Aisha — investigation, data curation, visualization.
Christian Opp — Methodology, Supervision, Formal analysis.

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 178–186
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/15
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 68.37.13

A.E. Koigeldina, O.T. Aliyev, Zh.S. Usembaeva, G.Zh. Mengdibayeva*
Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zh. Zhiembaev, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: 1987gulnaz@gmail.com

EFFICIENCY OF PROTECTIVE AND STIMULATING FORMULATIONS IN REDUCING PHYTOPATHOGENIC LOAD AND INCREASING OIL FLAX YIELD

Aigerim Koigeldina, PhD, Head of the Phytopathology Laboratory, Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zh. Zhiembayev, Kazakhstan, Almaty, Kultobe 1
E-mail: aigerimkoigeldina8829@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-1742-6481;
Orynbay Aliyev, Director of the Kostanay Branch, Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zh. Zhiembayev, Kazakhstan, Kostanay, Kultobe 1
E-mail: aliev_orynbai@mail.ru
Zhamilya Usembayeva, Researcher, Phytopathology Laboratory, Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zh. Zhiembaeva, Kazakhstan, Almaty, Kultobe 1
E-mail: zhamiya1970@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-0702-2125;
Gulnaz Mengdibayeva, PhD, Associate Professor, Head of the Forest Protection and Greenery Laboratory, LLP "Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zh. Zhiembayev", Republic of Kazakhstan, A30M0H6, Almaty city, Nauryzbay district, Rakhat microdistrict, Kultebe str., 1.
E-mail: 1987gulnaz@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-0929-061X.

Abstract. The article presents the results of research work conducted in 2025 in the steppe zone of the Kostanay region (based on KazRIPPQ named after Zh. Zhiembaev LLP and Kazakh Tulpary LLP). The object of the study was oil flax (*Linum usitatissimum* L.) of the Severny variety. Based on the phytoexamination of the seed material, a high degree of its infection with a pathogenic complex of various etiologies was established: among the fungal pathogens, mold (*Mucor* spp. 66.0 %) and toxin-forming (*Alternaria* spp. 46.0 %) microorganisms prevailed and among the bacterial ones, *Pseudomonas* sp. (83.0 %), which led to a decrease in the initial laboratory germination to 20.0 %. Laboratory and field trials have demonstrated that the use of a three-component tank mix of the protective and stimulating composition (PSC) thiamethoxam 262.5 g/l + difenoconazole 25 g/l + fludioxonil 25 g/l (1.0 l/t) + zircon (2.0 ml/t) + humic fertilizers, liquid (1.0 l/t) completely suppresses fungal infection, reducing the number of diseased seeds and seedlings to 2.0 % (versus 60.0 % in the control). The use of this PSC eliminates the growth-inhibiting effect of traditional chemical seed treatments, increases laboratory germination to 79.3–80.7 % and stimulates linear growth and branching of the crop. A comparison of the obtained data with the results of foreign researchers confirms the high synergistic effectiveness of the combination of systemic seed treatments and growth regulators. In field conditions, the use of the composition ensured the formation of 63.2 capsules per plant and the maximum yield of 13.5 c/ha with a statistically significant increase of 2.1 c/ha (18.4 %) compared with the control, with an LSD_{05} of 0.78 c/ha. The practical significance of the work lies in increasing the field germination and yield of oil flax under risky farming conditions through the application of the developed protective and stimulating composition. The implementation of this tank mix in crop cultivation technologies will improve the phytosanitary status of crops and reduce pesticide load due to the synergistic effect of its components.

Keywords: oil flax, phytoexpertise, seed dressings, protective and stimulating compounds, yield
For citation: Koigeldina A.E., Aliyev O.T., Usembaeva Zh.S., Mengdibayeva G.Zh. (2026). Efficiency of protective and stimulating formulations in reducing phytopathogenic load and increasing oil flax yield //

Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 178–186. https://doi.org/10.37884/5-2026/15 [In Eng.].

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. *The research was conducted within the framework of budget program No. 267 «Increasing the availability of knowledge, scientific research and activities» and scientific and technical program BR22885887 «Improving and implementing the pest management system» for 2024–2026 with funding from the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan.*

А.Е. Койгельдина, О.Т. Алиев, Ж.С. Усембаева, Г.Ж. Меңдібаева*
Өсімдік қорғау және карантин ғылыми-зерттеу институты, Алматы, Қазақстан.
E-mail: 1987gulnaz@gmail.com

ФИТОПАТОГЕНДІК ЖҮКТЕМЕНІ АЗАЙТУДА ЖӘНЕ МАЙЛЫ ЗЫҒЫР ӨНІМДІЛІГІН АРТТЫРУДА ҚОРҒАНЫШ ЫНТАЛАНДЫРҒЫШ ҚҰРАМНЫҢ ТИІМДІЛІГІ

Койгельдина Айгерим Ержановна, PhD, фитопатология зертханасының меңгерушісі, Өсімдік қорғау және карантин ғылыми-зерттеу институты. Қазақстан, Алматы, Култобе, 1
E-mail: aigerimkoigeldina8829@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-1742-6481;
Алиев Орынбай Тахирович, Қостанай филиалының директоры, Өсімдік қорғау және карантин ғылыми-зерттеу институты. Қазақстан, Алматы, Култобе, 1
E-mail: aliev_orynbai@mail.ru
Усембаева Жамиля Сабыровна, фитопатология зертханасының ғылыми қызметкері, Өсімдік қорғау және карантин ғылыми-зерттеу институты, Алматы, Қазақстан, Култобе, 1
E-mail: zhamiya1970@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-0702-2125;
Меңдібаева Гүлназ Жеткергенқызы, PhD, доцент, «Ж. Жиембаев атындағы Қазақ өсімдік қорғау және карантин ҒЗИ» ЖШС-нің орман және жасыл желектерді қорғау зертханасының меңгерушісі, Қазақстан , А30М0Н6, Алматы қаласы, Наурызбай ауданы, Рахат ықшамауданы, Күлтөбе көшесі, 1
E-mail:1987gulnaz@gmail.com, https://orcid.org/ 0000-0002-0929-061X.

Аннотация. Мақалада 2025 жылы Қостанай облысының далалық аймағында (Ж. Жиембаев атындағы Қазақ өсімдіктерді қорғау және карантин ғылыми-зерттеу институтында және «Қазақ Тұлпары» ЖШС базасында) жүргізілген ғылыми зерттеу нәтижелері баяндалған. Зерттеу нысаны – «Северный» сортының майлы зығыр дақылы (*Linum usitatissimum* L.). Тұқым материалына жүргізілген фитосараптамалық талдау нәтижесі әртүрлі саңырауқұлақ және бактериялық патогендік кешенмен зақымданудың жоғары деңгейін анықтады: саңырауқұлақ патогендері арасында зең түзетін *Mucor* spp., 66,0 % және токсин бөлетін *Alternaria* spp., 46,0 % микроорганизмдер, ал бактериялық патогендер арасында Pseudomonas spp. 83,0 % басым болды бұл бастапқы зертханалық өнгіштік көрсеткішінің 20,0 %-ға дейін төмендеуіне әкелді. Зертханалық және далалық тәжірибелер Селест Топ 312,5, к.с. (1,0 л/т) + Циркон (2,0 мл/т) + Гуфос, ж. (1,0 л/т) препараттарынан тұратын қорғаныш-ынталандырғыш құрам негізіндегі үш компонентті бак қоспасын қолдану саңырауқұлақ инфекциясын толығымен басатынын және ауруға тұқымдар мен өскіндердің үлесін бақылау нұсқасындағы 60,0 %-бен салыстырғанда 2,0 %-ға дейін төмендететінін көрсетті. Бұл ҚЫК-ны қолдану тұқымды дәстүрлі химиялық өңдеуге тән өсуді тежейтін әсерді жояды, зертханалық өнгіштікті 79,3–80,7 %-ға дейін арттырады, сондай-ақ дақылдың бойлап өсуі мен тармақталуын ынталандырады. Алынған нәтижелер шетелдік зерттеушілердің М. Тарик, М.А. Сиддики және т.б. нәтижелерімен салыстыру тұқымды жүйелік әсер ететін препараттармен және өсу реттегіштерімен бірлесіп өңдеудің жоғары синергетикалық тиімділігін растайды. Далалық жағдайда аталған препаратты қолдану нәтижесінде бір өсімдікте 63,2 қауашақ түзіліп, ең жоғары өнімділік гектарына 13,5 центнерді құрады; бұл бақылау нұсқасымен салыстырғанда гектарына 2,1 центнерге (18,4%) тең статистикалық тұрғыдан маңызды өсімді білдіреді $НСР_{0,5}$ 0,78 ц/га. Жұмыстың практикалық маңыздылығы әзірленген қорғаныш-ынталандырғыш құрамды қолдану арқылы тәуекелді егіншілік жағдайында майлы зығырдың танаптық өнгіштігі мен өнімділігін арттыруға негізделеді. Бұл қорғаныш-ынталандырғыш құрамды өсіру технологиясына ендіру егістіктің фитосанитарлық жағдайын жақсартуға және компоненттердің синергиялық әсері есебінен пестицидтік жүктемені төмендетуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: майлы зығыр, фитосараптама, өорғаныш ынталандырғыш құрам, өнімділік

Дәйексөз үшін: Койгельдина А.Е., Алиев О.Т., Усембаева Ж.С., Меңдібаева Г.Ж. (2026). Фитопатогендік жүктемені азайтуда және майлы зығыр өнімділігін арттыруда қорғаныш ынталандырғыш құрамның тиімділігі // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 178–186. https://doi.org/10.37884/5-2026/15 [In Eng.].

Мүдделер қақтығысы: авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

Алғыс. *Зерттеу Қазақстан Республикасы Ауыл шаруашылығы министрлігінің қаржыландыруымен № 267 «Білімнің, ғылыми зерттеулер мен іс-шаралардың қолжетімділігін арттыру» бюджеттік бағдарламасы және BR22885887 «Зиянды организмдерді басқару жүйесін жетілдіру және ендіру» (2024–2026 жж.) ғылыми-техникалық бағдарламасы аясында жүргізілді.*

А.Е. Койгельдина, О.Т. Алиев, Ж.С. Усембаева, Г.Ж. Меңдібаева*
Казахский научно-исследовательский институт защиты и карантина растений имени Ж. Жиембаева, Алматы, Казахстан.
E-mail: 1987gulnaz@gmail.com

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАЩИТНО-СТИМУЛИРУЮЩИХ СОСТАВОВ В СНИЖЕНИИ ФИТОПАТОГЕННОЙ НАГРУЗКИ И ПОВЫШЕНИИ УРОЖАЙНОСТИ ЛЬНА МАСЛИЧНОГО

Койгельдина Айгерим Ержановна, PhD, заведующая лабораторией фитопатологии, Казахский НИИ защиты и карантина растений им. Ж.Жиембаева, Казахстан, Алматы, Култобе 1
E-mail: aigerimkoigeldina8829@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-1742-6481;
Алиев Орынбай Тахирович, директор Костанайского филиала, Казахский НИИ защиты и карантина растений им. Ж.Жиембаева, Казахстан, г. Костанай, Култобе 1
E-mail: aliev_orynbai@mail.ru;
Усембаева Жамиля Сабыровна, научный сотрудник лаборатории фитопатологии, Казахский НИИ защиты и карантина растений им. Ж.Жиембаева, Казахстан, г. Алматы, Култобе 1
E-mail: zhamiya1970@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-0702-2125;
Меңдібаева Гүлназ Жеткергенқызы, PhD, заведующая лабораторией защиты леса и зеленых насаждений, ТОО «Казахский НИИ защиты и карантина растений им. Ж. Жиембаева», Республика Казахстан, А30М0Н6, г Алматы, Наурызбайский район, мкр. Рахат, ул. Култобе, 1
E-mail: 1987gulnaz@gmail.com, https://orcid.org/ 0000-0002-0929-061X.

Аннотация. В статье представлены результаты научно-исследовательских работ, проведенных в 2025 году в условиях степной зоны Костанайской области (на базе ТОО «КазНИИЗиКР им. Ж. Жиембаева» и ТОО «Қазақ тұлпары»). Объектом исследования являлся лен масличный (*Linum usitatissimum* L.) сорта «Северный». На основе фитоэкспертизы семенного материала установлена высокая степень его инфицированности патогенным комплексом различной этиологии: среди грибных патогенов преобладали плесневелые (*Mucor* spp. 66,0 %) и токсинообразующие (*Alternaria* spp. 46,0 %) микроорганизмы, а среди бактериальных *Pseudomonas* sp. (83,0 %), что привело к снижению исходной лабораторной всхожести до 20,0 %. Лабораторными и полевыми опытами доказано, что использование трехкомпонентной баковой смеси защитно-стимулирующего состава (ЗСС) *Селест Топ 312,5, к.с. (1,0 л/т) + Циркон (2,0 мл/т) + Гуфос, ж. (1,0 л/т)* полностью подавляет грибную инфекцию, снижая количество больных семян и проростков до 2,0% (против 60,0 % в контроле). Применение данного ЗСС устраняет ростзамедляющий эффект традиционных химических протравителей, увеличивает лабораторную всхожесть до 79,3–80,7% и стимулирует линейный рост и ветвление культуры. Сопоставление полученных данных с результатами зарубежных исследователей (M. Tariq, M. A. Siddiqui и др.) подтверждает высокую синергическую эффективность сочетания системных протравителей и регуляторов роста. В полевых условиях применение состава обеспечило формирование 63,2 коробочек на 1 растение и получение максимальной урожайности 13,5 ц/га с достоверной прибавкой к контролю 2,1 ц/га (18,4 %) при $НСР_{0,5}$ 0,78 ц/га. Практическая значимость работы заключается в повышении полевой всхожести и урожайности масличного льна в условиях рискованного земледелия за счет применения разработанного защитно-стимулирующего состава. Внедрение этой баковой смеси в технологии возделывания позволит улучшить фитосанитарное состояние посевов и снизить пестицидную нагрузку

благодаря синергетическому эффекту компонентов.

Ключевые слова: лен масличный, фитоэкспертиза, протравители, защитно-стимулирующие составы, урожайность

Для цитирования: Койгельдина А.Е., Алиев О.Т., Усембаева Ж.С., Меңдібаева Г.Ж. (2026). Эффективность защитно-стимулирующих составов в снижении фитопатогенной нагрузки и повышении урожайности льна масличного // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 178–186. https://doi.org/10.37884/5-2026/15 [In Eng.].

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарность. *Научные исследования проведены в рамках бюджетной программы № 267 «Повышение доступности знаний, научных исследований и мероприятий» и научно-технической программы BR22885887 «Усовершенствование и внедрение системы управления вредными организмами» на 2024–2026 годы при финансировании Министерства сельского хозяйства Республики Казахстан.*

Introduction.

Oil flax (*Linum usitatissimum* L.) is one of the most promising and economically attractive diversification crops in the agricultural sector of the Republic of Kazakhstan. In the context of climate change and grain market instability, expanding the area under oilseed crops, particularly flax, allows for the optimization of crop rotations, increased profitability and the exploitation of the high export potential of agricultural enterprises. However, one of the main challenges in flax cultivation in the steppe zones of Severny Kazakhstan is its high vulnerability to a range of phytopathogens and pests in the early stages of ontogenesis. Seed infection caused by fungi of the genera *Alternaria* spp., *Fusarium* spp., *Mucor* spp. [Singh et al., 2022], as well as phytopathogenic bacteria (in particular, *Pseudomonas* spp.), leads to a significant decrease in seed quality, sparse crops and seedling mortality [Dyachenko, Lebedev, 2023; Lazarev, 2022].

In addition, during the growing season of the crop, specialized pests cause significant damage: flax flea beetle (*Aphthona euphorbiae*), flax thrips (*Thrips linarius*) and leafminer fly (*Liriomyza cicerina*) [Tuleyeva, Nurseitov, 2021]. In combination with the infestation of crops with dicotyledonous and cereal weeds, this creates a high phytosanitary load which sharply reduces the realization of the potential productivity of varieties.

Traditional chemical seed treatments do not always provide comprehensive protection against various biota (fungi, bacteria, and pests) and can have a retardant (growth-reducing) effect on seedlings [Bradley, 2007]. Therefore, a relevant area of research is the development of multi-component protective and stimulating compounds that combine fungicidal, insecticidal and growth-promoting components to help overcome environmental stress factors [Ananthwar et al., 2022, Divya, Rai, 2023].

Global experience in integrated plant protection emphasizes the need to use multi-component or combined tank mixtures. In particular, studies by M. Tariq, M.A. Siddiqui and M. Asif demonstrated that combining fungicide treatments with stimulating and biological agents reduces the infestation of flax seedlings with Fusarium spp. and *Alternaria* spp. by 68–74 %, while simultaneously increasing seed productivity by 14–18 % [Lazarev, 2022: 210–218]. Similar approaches, combining chemical control and physiological and biochemical stimulation are supported by fundamental studies by European and Asian scientists [Sagitov, 2012: 154; Zhiembayev, 2020: 210].

The aim of the research was to develop effective protective and stimulating compositions for presowing treatment of oil flax seeds, to provide a phytosanitary assessment of their use and to establish their impact on the structural indicators and crop yield in the conditions of the Kostanay region.

Research was conducted in the Kostanay region in 2025. Weather conditions during the growing season directly impacted seed germination dynamics, the development of phytopathogens and pests and the development of flax productivity factors.

An analysis of meteorological data shows that the spring period (March-May) was characterized by elevated temperatures. In April, the average monthly air temperature exceeded long-term averages by 4.3°C and in May, by 1.2°C. Precipitation distribution throughout the season was uneven. In March, a precipitation deficit (-5.2 mm) was observed. A slight moisture deficit, combined with elevated temperatures in April-May, caused short-term moisture stress in the early stages of plant development, resulting in uneven emergence in untreated areas.

From May through September, precipitation was within or above normal (the maximum positive deviation was recorded in August +7.1 mm). This contributed to improved soil water balance during critical phases of flax development - branching, flowering, and seed filling.

Meteorological indicators for the 2025 growing season, based on data from the Kostanay region weather station are presented in Table 1.

Table 1. Meteorological indicators of the growing season of 2025 (Kostanay region)

Month	Average air temperature, °C (factual)	Average air temperature, °C (normal)	Deviation from the norm, °C	Precipitation, mm (actual)	Precipitation, mm (normal)	Deviation from the norm, mm	Air humidity, % (actual)	Air humidity, % (normal)	Deviation from the norm, %
March	-2,0	-5,3	+3,3	17,0	22,2	-5,2	71	74	-3
April	11,4	7,1	+4,3	41,0	23,1	+17,9	63	65	-2
May	16,2	15,0	+1,2	38,0	34,0	+4,0	62	58	+4
June	20,6	19,8	+0,8	34,0	34,4	-0,4	62	58	+4
July	20,4	21,1	-0,7	55,0	53,2	+1,8	69	63	+6
August	18,9	19,5	-0,6	50,0	42,9	+7,1	69	64	+5
September	15,0	12,8	+2,2	27,0	23,8	+3,2	69	65	+4

Relative humidity remained above normal throughout the growing season (+6 % in July, +5 % in August, and +4 % in September). The combination of moderate temperatures and high humidity in July and August created microclimatic conditions favorable for the emergence and spread of leaf and stem infections. This factor necessitated systematic phytosanitary monitoring and justified the advisability of preventative measures.

Materials and main methods.

The studies were conducted in 2025 in the laboratories of the Zh. Zhiembaev Kazakh Scientific Research Institute of Plant Protection and Crop Protection (KazRIPPQ) and in the field at a small-plot experimental site of the Kazakh Tulpary (Kazakhstan) LLC (Ilyinka village, Kostanay district, Kostanay region).

The field experiment was designed using a systematic replication scheme. Each plot was 10 m² in size and the experiment was replicated four times. Oilseed flax (variety «Severny») was sown manually during the optimal agronomic time for the region, May 23–26. Spring wheat was used as the precursor crop which corresponds to the typical structure of grain-fallow-row crop rotations in Severny Kazakhstan.

To solve the set tasks, generally accepted methods in the field of agricultural phytopathology, entomology and herbology were used.

Laboratory testing of seed material for phytopathogenic microflora contamination was conducted in humid chambers and on nutrient media, with samples placed in a thermostat at 25–26°C in quadruplicate. Identification of the bacterial infection was performed based on the cultural characteristics of colonies grown on nutrient media and their pathogenicity. The pathogenicity of bacteria isolated in pure culture was tested on the test plants of geranium (*Pelargonium zonale* L.) and potato tubers. Laboratory germination and seed vigor were determined in accordance with GOST 12038–84 [GOST, 1984: 5]. Pest numbers and disease progression were recorded in accordance with the «Guidelines for the Recording and Identification of Particularly Dangerous Pests and Diseases of Agricultural Crops» [Dyachenko, 2023: 45–52; Ismailov, 2024: 33–39].

The experimental design for testing protective and stimulating compounds (PSC), based on the results of laboratory and field sampling in 2024–2025 included the following variants:

Control - no treatment

Standard - thiamethoxam 350 g/l + flutriafol 87 g/l + metalaxyl 43 g/l

Protective and stimulating compounds 1 - prothioconazole 250 g/l + tebuconazole 150 g/l (0.12 l/t) + imidacloprid 500 g/l (0.8 l/t) + humic fertilizers (1.0 l/t)

Protective and stimulating compounds 2 - thiamethoxam 262.5 g/l + difenoconazole 25 g/l + fludioxonil 25 g/l (1.0 l/t) + zircon (2.0 ml/t) + humic fertilizers, liquid (1.0 l/t)

The experimental data were analyzed using one-way analysis of variance. The treatment variant was considered as the experimental factor. The field experiment included four treatment variants with four replicates (n = 4). The significance of differences between mean yield values was assessed using the least significant difference (LSD) test at a significance level of $p \leq 0.05$.

Results.

Laboratory analysis of the original seed material of the «Severny» oilseed flax variety revealed poor phytosanitary quality and poor sowing performance. Without pre-treatment, laboratory germination of the

seeds was only 20.0 %, due to extensive pathogen contamination.

The microbiota was found to contain both molds and toxin-producing fungi as well as phytopathogenic bacteria (Table 2).

Table 2. Contamination of flax seeds with fungal and bacterial microflora [laboratory experiment, 2025].

Culture, variety	Laboratory germination, %	Fungal microflora, %					Bacterial microflora, %
		Alternaria spp.	Fusarium spp.	Mucor spp.	Aspergillus spp.	Penicillium spp.	Pseudomonas spp.
Flax, variety «Severny»	20,0	46,0	6,0	66,0	6,0	0,0	83,0

The dominant fungal pathogens on flax were members of the genus *Mucor* spp. (66.0 %), which caused seed mold and fungi of the genus *Alternaria* spp. (46.0 %), which cause alternaria leaf spot. *Fusarium* spp. and molds of the genus *Aspergillus* spp. were recorded at a level of 6.0 %.

A particular hazard is seed colonization by bacterial microflora, detected in 83.0 % of samples. Based on colony morphology on nutrient media and pathogenicity tests, the bacteria were preliminarily identified as *Pseudomonas* spp., a key pathogen of flax bacterial diseases that causes the death of growth points and reduced germination.

Laboratory evaluation of the protective and stimulating compounds demonstrated their high biological effectiveness in suppressing infection and neutralizing the negative impact of microflora (Table 3).

Table 3. Effect of protective and stimulating compositions on sowing qualities and phytosanitary status of flax seeds (laboratory trial, 2025)

Option	Germination Energy, %	Laboratory germination, %	Intensity of infection development		Intensity of seedling growth	Incidence of diseased seeds and seedlings, %
			Fungal infection	Bacterial infection		
Control	72,0	73,3	+++	+	+	60,0
thiamethoxam 350 g/l + flutriafol 87 g/l + metalaxyl 43 g/l (standard)	48,7	73,3	++	+	++	16,0
prothioconazole 250 g/l + tebuconazole 150 g/l (0.12 l/t) + imidacloprid 500 g/l (0.8 l/t) + humic fertilizers (1.0 l/t)	69,7	80,7	+	+	+++	12,7
thiamethoxam 262.5 g/l + difenoconazole 25 g/l + fludioxonil 25 g/l (1.0 l/t) + zircon (2.0 ml/t) + humic fertilizers (1.0 l/t)	56,0	79,3	-	+	+++	2,0

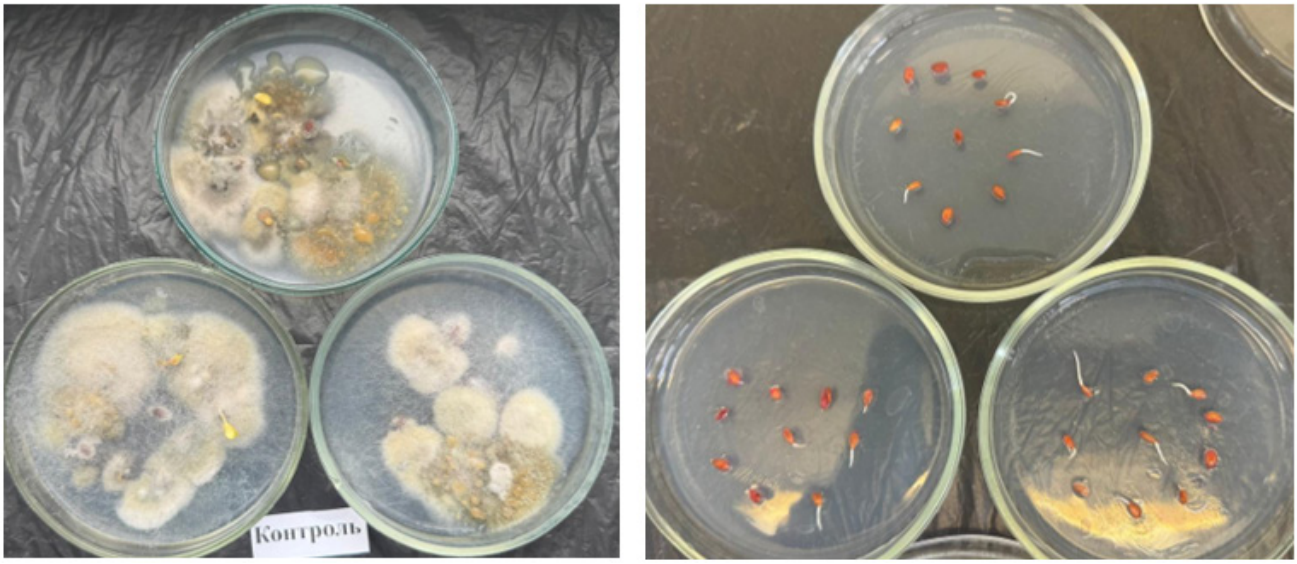
Note: "–" indicates no symptoms; "+" indicates low intensity; "++" indicates moderate intensity; "+++" indicates intensive development.

In the control variant, 60.0 % of the seeds and seedlings were affected, showing intensive fungal mycelium development (+++). The use of a standard reference seed treatment (thiamethoxam 350 g/l + flutriafol 87 g/l + metalaxyl 43 g/l) reduced the incidence of infection to 16.0 %; however, this product exhibited a pronounced growth-retarding effect, reducing germination energy to 48.7 %.

The developed tank mixtures of protective and stimulating compounds (PSC) demonstrated a comprehensive protective and stimulating effect. The treatment suppressed fungal infection (intensity "–") and reduced the incidence of diseased seeds and seedlings from 60.0 % in the control to 2.0 %, corresponding to a 30-fold reduction. The relative reduction in disease incidence compared with the control was 96.7 %. Laboratory germination increased to 79.3–80.7 % and the seedlings demonstrated maximum growth intensity (+++).

Application of the treatment containing thiamethoxam 262.5 g/L + difenoconazole 25 g/L + fludioxonil

25 g/L (1.0 L/t), combined with Zircon (2.0 mL/t) and humic fertilizers (1.0 L/t), resulted in a decrease in seed germination energy to 56.0 %, compared with 72.0 % in the control. At the same time, laboratory germination reached 79.3 %, while the incidence of disease in seeds and seedlings decreased from 60.0 % in the control to 2.0 %. These results indicate that the reduction in germination energy was not accompanied by a decrease in final laboratory germination. This effect was associated with slower germination of a proportion of seeds during the initial assessment period; these seeds subsequently developed into normally growing seedlings by the time final laboratory germination was evaluated.



Protective and stimulating compounds 2

Fig. 1. Suppression of fungal and bacterial infection on flax seeds

Phytosanitary monitoring and weekly surveys of oil flax plots revealed the infestation of crops by a complex of pests. Among the phytophages, the most dangerous during the «seedling-fir-tree» stage were: the flax flea beetle (*Aphthona euphorbiae*), which caused sparse seedlings by damaging cotyledons; the flax thrips (*Thrips linarius*), which damaged growing points and buds; and the leaf miner fly (*Liriomyza cicerina*) which was observed on foliage during the second half of the growing season.



Fig. 2. Oil flax pests

A herbological survey revealed a mixed weed infestation. The dominant dicotyledonous weeds were white goosefoot (*Chenopodium album*), red amaranth (*Amaranthus retroflexus*), field bindweed (*Convolvulus arvensis*) and hemlock grass (*Erodium cicutarium*). The grass component of the weed community was represented by barnyard grass (*Echinochloa crus-galli*), blue foxtail (*Setaria glauca*) and green foxtail (*Setaria viridis*).

Integrating field data with a digital monitoring log and UAV imagery revealed that moisture deficits at the start of the growing season (March-April) resulted in delayed germination and uneven emergence in control plots. In contrast, plots treated with protective and stimulating compounds (PSC) containing growth stimulants (zircon (2.0 ml/t) + humic fertilizers1.0 l/t) more quickly developed a developed root system and uniform stems, resulting in higher NDVI values (0.72–0.78 versus 0.58 in the control plot during the flax flowering phase).

The effect of protective and stimulating compounds on biometric parameters and flax yield. Optimizing the phytosanitary conditions during the early stages of ontogenesis through pre-sowing seed treatment had a direct positive effect on the growth, development and yield structure of the «Severny» oilseed flax variety (Table 4).

Table 4. The influence of protective and stimulating compounds on the structural indicators and yield of flax (Kostanay region, TOO «Kazakh Tulpary», 2025)

Option	Plant length, cm	Number of branches per plant, pcs.	Number of capsules per plant, pcs.	Number of seeds per capsule, pcs.	1000-seed weight, g	Yield, c/ha	Yield increase (%)
Control	48,60	1,8	36,7	6,9	5,0	11,4	-
thiamethoxam 350 g/l + flutriafol 87 g/l + metalaxyl 43 g/l (standard)	45,36	2,5	44,9	8,9	5,7	12,9	13,2
prothioconazole 250 g/l + tebuconazole 150 g/l (0.12 l/t) + imidacloprid 500 g/l (0.8 l/t) + humic fertilizers (1.0 l/t)	51,42	2,8	53,3	9,3	5,8	13,3	16,6
thiamethoxam 262.5 g/l + difenoconazole 25 g/l + fludioxonil 25 g/l (1.0 l/t) + zircon (2.0 ml/t) + humic fertilizers (1.0 l/t)	52,90	2,9	63,2	9,5	5,9	13,5	18,4
LSD_{05} for yield						0,78	

Note: The LSD_{05} value of 0.78 c/ha refers only to yield. LSD_{05} values were not calculated for the other biometric and yield-structure parameters presented in the table.

Application of the reference seed treatment (thiamethoxam 350 g/L + flutriafol 87 g/L + metalaxyl 43 g/L) resulted in an increase in yield by 1.5 c/ha (+13.2 %); however, plant height was slightly reduced (45.36 cm compared with 48.60 cm in the control) due to the phytotoxic effects of the treatment. Experimental protective and stimulating compositions demonstrated a pronounced synergistic effectiveness: the protective stimulating composition prothioconazole 250 g/l + tebuconazole 150 g/l (0.12 l/t) + imidacloprid 500 g/l (0.8 l/t) + humic fertilizers (1.0 l/t) allowed the formation of 53.3 capsules on one plant and a yield of 13.3 c/ha (+16.6 % yield increase).

The best results were recorded in the variant thiamethoxam 262.5 g/l + difenoconazole 25 g/l + fludioxonil 25 g/l (1.0 l/t) + zircon (2.0 ml/t) + humic fertilizers, liquid (1.0 l/t). In this variant, the length of the plants reached 52.90 cm, the number of lateral branches increased to 2.9 pieces and the number of bolls on one plant was 63.2 pieces which is 72.2 % more control.

The development of large seed material (1000-seed weight - 5.9 g) and high seed capsule content (9.5 pieces) resulted in a maximum yield of 13.5 c/ha. This yield increase, compared to the control variant was 2.1 c/ha (18.4%), significantly exceeding the least significant difference (LSD) of 0.78 c/ha and confirming the statistical reliability of the obtained data.

Results and discussion.

The obtained data support the hypothesis that the key factor limiting the realization of the biological potential of oil flax in the conditions of northern Kazakhstan is the high complex infection of seeds (especially the combination of phytopathogenic fungi *Alternaria* spp., *Mucor* spp. and bacteria *Pseudomonas* spp.).

A comparison of our results with global data confirms the trends identified by international research groups. M. Tariq, M.A. Siddiqui and M. Asif [Tariq, 2020] demonstrated that the integration of systemic fungicidal components with growth stimulants simultaneously reduces the pathogenicity of fungi of the genera *Fusarium* spp. and *Alternaria* spp. and alleviates retardant stress in seedlings. Similar conclusions are presented in the studies of J. Heller and S. Musioł [Sagitov, 2012: 154], who demonstrated that multicomponent seed treatments prevent the loss of flax plant density under unfavorable hydrothermal conditions in spring [Makkar et al., 2019].

The use of binary or three-component protective and stimulating compounds allows for three objectives to be achieved simultaneously: fumigation, contact and systemic protection. Three-component compounds with insecticidal and fungicidal active ingredients (thiamethoxam, difenoconazole, fludioxonil) completely isolate the seed from soil and seed infections. They reduce phytotoxicity and the addition of growth regulators (zircon (2.0 ml/t) + humic fertilizers, (1.0 l/t)) neutralizes the harsh inhibitory effect of chemical seed dressings on embryonic tissue, resulting in a reduction of the retardant effect and increased germination energy. Drought

resistance is increased; under conditions of spring moisture limitation (precipitation deficit in March-April), growth stimulants promote accelerated root development, improving mineral nutrient absorption.

Conclusion.

Phytosanitary condition of the seed stock: The original seeds of the oil flax variety «Severny» are characterized by a high degree of contamination with a pathogenic complex. The dominant pathogens are fungi of the genera *Mucor* spp. (66.0 %) and *Alternaria* spp. (46.0 %), as well as phytopathogenic bacteria *Pseudomonas* sp. (83.0 %), which reduces the laboratory germination of untreated seeds to 20.0 %.

In laboratory conditions, the maximum biological efficiency was demonstrated by the protective stimulating composition thiamethoxam 262.5 g/l + difenoconazole 25 g/l + fludioxonil 25 g/l (1.0 l/t) + zircon (2.0 ml/t) + humic fertilizers (1.0 l/t), which suppressed the development of fungal infection and reduced the proportion of diseased seeds and seedlings to 2.0 % (in the control - 60.0 %).

The application of the composition thiamethoxam 262.5 g/l + difenoconazole 25 g/l + fludioxonil 25 g/l (1.0 l/t) + zircon (2.0 ml/t) + humic fertilizers (1.0 l/t) stimulated linear plant growth 52.9 cm, branching 2.9 branches per plant and capsule formation 63.2 capsules per plant. The number of seeds per capsule reached 9.5. This resulted in a maximum flax yield of 13.5 c/ha with a statistically significant increase of 2.1 c/ha (18.4 %) compared with the control LSD_{05} = 0,78 c/ha.

Practical recommendations for preventing crop losses from a complex of phytopathogens and pests (*Aphthona euphorbiae, Thrips linariu*s) in the conditions of the Kostanay region include the introduction of pre-sowing treatment of flax seeds with a tank mixture of thiamethoxam 262.5 g/l + difenoconazole 25 g/l + fludioxonil 25 g/l (1.0 l/t) + zircon (2.0 ml/t) + humic fertilizers (1.0 l/t) with weekly phytosanitary monitoring in the period July-August.

REFERENCES

Ananthwar, P., Dayal, A., Rai, P.K. (2022). Pre-sowing Seed Treatment of Chemicals, Botanicals, Plant Growth Regulators on Growth, Yield and Yield Attributing Traits of Linseed (Linum usitatissimum L.) under Late Sowing Conditions var. Uma // International Journal of Environment and Climate Change. Vol. 12. No. 10. Pp. 1067–1076. DOI: 10.9734/ijecc/2022/v12i1030900.

Bradley, C.A., Halley, S., Henson, R.A. (2007). Evaluation of fungicide seed treatments on flax cultivars differing in seed color // Industrial Crops and Products. 2007. Vol. 25. No. 3. Pp. 301–304. DOI: 10.1016/j.indcrop.2006.12.001.

Divya, M., Rai, P.K. (2023). Standardization of pre-sowing seed treatment with selected botanicals on growth, yield and yield attributing traits of linseed (Linum usitatissimum L.) // Journal of Oilseeds Research. Vol. 40. No. 4. Pp. 218–222. DOI: 10.56739/6vnrqf73.

Dyachenko, E.A., Lebedev V.I. (2023). Kompleksnaya sistema zashchity l'na maslichnogo ot semennykh i pochvennykh infektsii // Vestnik sel'skokhozyaistvennoi nauki Kazakhstana. No. 2. Pp. 45–52.

Effectiveness of biofertilizers foliar application on yield and quality traits of flax (Linum usitatissimum L.) // Oil Crop Science. 2024. Vol. 9, No. 2. Pp. 91–101. DOI: 10.1016/j.ocsci.2024.03.001.

GOST 12038-84. Semena sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti. Vved. 1986-07-01. — M.: Standartinform, 2011. 32 p.

Heller, J., Musioł S. (2021). Integrated pathogen control strategies in oilseed flax (Linum usitatissimum L.) under variable climatic environments // European Journal of Plant Pathology. Vol. 160. No. 2. Pp. 341–354. DOI: 10.1007/s10658-021-02248-9 (Scopus / Web of Science, h-index = 42).

Ismailov E.I., Aliev M.B. (2024). Primenenie tsifrovykh tekhnologii i dannykh DZZ v fitosanitarnom monitoringe maslichnykh kul'tur // Zemledelie i rastenievodstvo. No. 1. Pp. 33–39.

Lazarev, V.A. (2022). Fitopatogennyi kompleks semyan l'na i sposoby ego neitralizatsii // Mikologiya i fitopatologiya. T. 56. No. 3. Pp. 210–218.

Metodicheskie ukazaniya po uchetu i vyyavleniyu osobo opasnykh vreditelei i boleznei sel'skokhozyaistvennykh kul'tur / red. A.O. Sagitov. — A.: KazNIIZiKR, 2012. 154 p.

Makkar, C., Singh, J., Parkash, C. (2019). Modulatory role of vermicompost and vermiwash on growth, yield and nutritional profiling of Linum usitatissimum L. (Linseed): a field study // Environmental Science and Pollution Research. Vol. 26. No. 3. Pp. 3006–3018. DOI: 10.1007/s11356-018-3845-6.

Moyse, J., Lecomte, S., Marcou, S., Mongelard, G., Gutierrez, L., Höfte, M. (2023). Overview and Management of the Most Common Eukaryotic Diseases of Flax (Linum usitatissimum) // Plants. Vol. 12. No. 15. Art. 2811.

Obzor rasprostraneniya vrednykh i osobo opasnykh vrednykh organizmov sel'skokhozyaistvennykh kul'tur i prognoz ikh rasprostraneniya: spravochnoe posobie / red. Zh. A. Zhiembayev [i dr.]. — A.: Bastau, 2020. 210 p.

Singh, R.K., Tiwari P.K., Crop A.K. (2022). Seed-borne fungal diseases of linseed and their eco-friendly management: A comprehensive review // Crop Protection. Vol. 152. Art. 105845. DOI: 10.1016/j.cropro.2021.105845 (Scopus / Web of Science, h-index = 85).

Seed Priming Influence on Early Crop Growth, Phenological Development and Yield Performance of Linola (Linum usitatissimum L.) // Journal of Integrative Agriculture. 2014. Vol. 13. No. 5. Pp. 990–996. DOI: 10.1016/S2095-3119(13)60521

Tuleyeva, A.K., Nurseitov A.S. (2021). Zashchita posevov l'na maslichnogo ot vrednykh organizmov v Severnom Kazakhstane // Zashchita i karantin rastenii. No. 4. Pp. 18–22.

Tariq M., Khan A., Asif M., Khan F., Ansari T., Siddiqui M.A. (2026). Evaluation of bio-control agents and fungicides against seed-borne pathogens of flax (Linum usitatissimum L.) and their effect on crop yield parameters // Journal of Plant Diseases and Protection. 2020. Vol. 127. No. 4. Pp. 515-526. DOI: 10.1007/s42161-020-00521-y (Scopus / Web of Science, h-index = 26).

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 187–202
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/16
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 68.47.23

N. Omirzak[1], A. Utebekova*[2], B. Maisupova[1], N. Kazangapova[1], Li Qiang[3]
[1]NJSC "S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University", Astana, Kazakhstan;
[2]NJSC "Kazakh National Agrarian Research University", Almaty, Kazakhstan;
[3]Xi'an Jiaotong University, Xi'an, China.
E-mail: ainur.utebekova19@gmail.com

CURRENT STATE OF SAXAUL FORESTS IN THE KYZYLORDA REGION (CASE STUDY OF ZHALAGASH AND SYRDARYA DISTRICTS)

Omirzak Nurtore Shlauynbekuly, Master of Agricultural Sciences, PhD student of the educational program 8D08301 – "Sustainable Forest Management", NJSC "S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University", Republic of Kazakhstan, 010000, Astana, Zhenis Avenue, 62
E-mail: mr.n_01@mail.ru, https://orcid.org/0009-0006-8419-7016;
Utebekova Ainur Duisenbekovna, PhD, Senior Lecturer, NJSC "Kazakh National Agrarian Research University", Republic of Kazakhstan, 050010, Almaty, Abai Avenue, 8
E-mail: ainur.utebekova19@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-3163-6648;
Maisupova Bagila Jylysbaevna, Candidate of Agricultural Sciences, Professor, NJSC "S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University", Republic of Kazakhstan, 010000, Astana, Zhenis Avenue, 62
E-mail: bagila.forest@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-8412-8367;
Kazangapova Nurgul Burkitbaevna, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, NJSC "S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University", Republic of Kazakhstan, 010000, Astana, Zhenis Avenue, 62
E-mail: n.kazangapova@kazatu.edu.kz, https://orcid.org/0000-0002-3504-3348;
Li Qiang, PhD, Professor, Xi'an Jiaotong University, People's Republic of China, Shaanxi Province, Xi'an, No. 28 Xianning West Road, WeChat: liqiang122123
E-mail: liqiang@xjtu.edu.cn, http://orcid.org/0000-0001-7763-8115.

Abstract. This article assesses the current condition of saxaul forests growing within the forest fund territory of the Zhalagash and Syrdarya districts of the Kyzylorda Region and provides a comparative analysis of their state. Field studies were conducted during the summer months of 2025. The main research objects were the forest fund territories managed by the state institutions responsible for forest and wildlife protection in the Zhalagash and Syrdarya districts of the Kyzylorda Region. The purpose of the study is to monitor saxaul forests in the Kyzylorda Region using digital technologies. Overall, the Kyzylorda Region is one of the most arid areas in Kazakhstan. Due to the combined impact of natural and anthropogenic factors such as climate change, reduction of forest cover and intensive livestock grazing, saxaul forests in the region are at risk of degradation and decline. Water scarcity and soil erosion processes further aggravate the situation, leading to a reduction in forested areas and deterioration of forest condition. Traditional ground-based monitoring methods are limited in effectiveness because of the vastness and inaccessibility of many areas. In this context, the application of digital technologies significantly enhances the accuracy and efficiency of monitoring activities. The comparative analysis presented in graphs and tables demonstrates that changes in the condition of saxaul forests are driven by climatic drought, wind erosion, soil degradation, grazing pressure, economic impacts and technogenic factors. In some districts, forest stands are becoming increasingly sparse and regeneration processes are declining, while in other areas relative stability or positive trends have been observed. The results of this study have practical significance for the development of scientifically grounded measures aimed at conserving, restoring and enhancing the resilience of saxaul ecosystems under conditions of intensifying arid climate.

Keywords: desert forest, black saxaul, forest fund, climatic drought, ecosystem, comparative analysis, soil degradation

For citation: Omirzak N.Sh., Utebekova A.D., Maisupova B.J., Kazangapova N.B., Li Qiang (2026). Momitoring the current condition of saxaul forests within the forest fund territory of the Zhalagash and Syrdarya districts, Kyzylorda region // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 187–202. https://doi.org/10.37884/5-2026/16 [In Kaz.].

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Н.Ш. Өмірзақ[1], А.Д. Утебекова[2]*, Б.Ж. Майсупова[1], Н.Б. Казангапова[1], Ли Киань[3]

[1]«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Астана, Қазақстан;

[2]«Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КеАҚ, Алматы, Қазақстан;

[3]Сиань Цзяотунь университеті, Сиань, Қытай Халық Республикасы.

E-mail: ainur.utebekova19@gmail.com

ҚЫЗЫЛОРДА ОБЛЫСЫНДАҒЫ СЕКСЕУІЛ ОРМАНДАРЫНЫҢ ЖАҒДАЙЫ (ЖАЛАҒАШ ЖӘНЕ СЫРДАРИЯ АУДАНДАРЫНЫҢ МЫСАЛЫНДА)

Өмірзақ Нұртөре Шлауынбекұлы, ауыл шаруашылығы ғылымдарының магистрі, 8D08301 – «Орман ресурстарын тұрақты басқару» білім беру бағдарламасының докторанты, «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Қазақстан, 010000, Астана, Жеңіс даңғылы, 62
E-mail: mr.n_01@mail.ru, https://orcid.org/0009-0006-8419-7016;

Утебекова Айнур Дуйсенбековна, философия докторы (PhD),аға оқытушы,«Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті»КеАҚ, Қазақстан,050010,Алматы, Абай данғылы, 8
E-mail: ainur.utebekova19@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-3163-6648;

Майсупова Бағила Жылысбайқызы, ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, профессор, «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Қазақстан, 010000, Астана, Жеңіс даңғылы, 62
E-mail: bagila.forest@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-8412-8367;

Казангапова Нургуль Буркитбаевна, география ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Қазақстан, 010000, Астана, Жеңіс даңғылы, 62
E-mail: n.kazangapova@kazatu.edu.kz, https://orcid.org/0000-0002-3504-3348;

Ли Киань, философия докторы (PhD), профессор, Сиань Цзяотунь университеті, Қытай Халық Республикасы, Шэньси провинциясы, Сиань қ., Сиань Цзяотунь № 28, Сяньнин батыс жолы, WeChat: liqiang122123
E-mail: liqiang@xjtu.edu.cn, http://orcid.org/0000-0001-7763-8115.

Аннотация. Бұл мақалада Қызылорда облысына қарасты Жалағаш және Сырдария аудандарының орман қоры аумағында өсіп жатқан сексеуіл ормандарының қазіргі жағдайына баға беріліп, ол салыстырмалы түрде баяндалады. Зерттеу жұмыстары 2025 жылдың жаз айларында жүргізілді. Негізгі нысан ретінде Қызылорда облысының Жалағаш және Сырдария орман және жануарлар дүниесін қорғау жөніндегі мемлекеттік мекемелердің орман қоры аумақтары алынды. Бұл зерттеу жұмыстарының мақсаты – Қызылорда облысы бойынша өсіп жатқан сексеуіл ормандарына цифрлық технологияларды қолдану арқылы мониторинг жасау. Жалпы, Қызылорда облысы Қазақстандағы ең құрғақ аймақтарының бірі болып табылады. Климаттың өзгеруі, ормандардың қысқаруы және мал жаюы сияқты табиғи және антропогендік факторлардың әсерінен бұл аймақтың сексеуіл ормандары қысқару қаупінде тұр. Су тапшылығы мен топырақ эрозиясы жағдайды қиындатады, бұл орман екпелері алаңының азаюына және олардың жағдайының нашарлауына әкеледі. Жерге түсіру сияқты дәстүрлі бақылау әдістері аумақтардың кеңдігі мен көптеген аумақтардың қол жетімді еместігіне байланысты тиімділігі шектеулі. Осыған байланысты цифрлық технологияларды қолдану бақылаулардың дәлдігі мен тиімділігін арттырары сөзсіз. Мақаладағы график, кестелердегі салыстырмалы талдау сексеуіл ормандарының жағдайы климаттық құрғақшылық, жел эрозиясы, топырақтың деградациясы және жайылым, экономикалық қысым мен техногендік әсері өзгеретінін көрсетеді. Кейбір аудандарда алқаптар сиреп, қалпына келу процестері азайып бара жатқаны, ал басқа аймақтарда тұрақтылық немесе оң

үрдістер байқалып жатқаны анықталды. Бұл зерттеулердің нәтижелері құрғақшылық климаты күшейіп келе жатқанда сексеуіл экожүйелерін сақтау, қалпына келтіру және олардың төзімділігін арттыру бойынша ғылыми негізделген шараларды әзірлеуге практикалық тұрғыдан әсер етеді.

Түйін сөздер: шөлейтті орман, қара сексеуіл, орман қоры, климаттық құрғақшылық, экожүйе, салыстырмалы талдау, топырақ деградациясы

Дәйексөз үшін: Өмірзақ Н.Ш., Утебекова А.Д., Майсупова Б.Ж., Казангапова Н.Б., Ли Киань (2026). Қызылорда облысы, Жалағаш және Сырдария аудандарының орман қоры аумағындағы сексеуіл ормандарының қазіргі жағдайын бақылау // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 187–202. https://doi.org/10.37884/5-2026/16 [In Kaz.].

Мүдделер қақтығысы: авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

Алғыс. *Мақала «Қызылорда облысы аумағындағы сексеуіл (Haloxylon Bge.) ормандары жағдайының мониторингі үшін цифрлық технологияларды қолдану» тақырыбындағы докторлық диссертация шеңберінде жүргізілді. Авторлар зерттеу жұмыстарын жүргізуге қолдау көрсеткен Қызылорда облысы әкімдігінің Табиғи ресурстар және табиғат пайдалануды реттеу басқармасы ұжымына, сондай-ақ далалық жұмыстарды жүргізуге жәрдемдескен Жалағаш және Сырдария орман және жануарлар дүниесін қорғау жөніндегі мемлекеттік мекемелерінің мамандарына шынайы алғысын білдіреді.*

Н.Ш. Өмірзақ[1], А.Д. Утебекова[2]*, Б.Д. Майсупова[1], Н.Б. Казангапова[1], Ли Киань[3]

[1]НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», Астана, Казахстан;

[2]НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан;

[3]Университет Сиань Цзяотунь, Сиань, Китай.

E-mail: ainur.utebekova19@gmail.com

СОСТОЯНИЕ САКСАУЛОВЫХ ЛЕСОВ КЫЗЫЛОРДИНСКОЙ ОБЛАСТИ (НА ПРИМЕРЕ ЖАЛАГАШСКОГО И СЫРДАРЬИНСКОГО РАЙОНОВ)

Өмірзақ Нұртөре Шлауынбекұлы, магистр сельскохозяйственных наук, докторант образовательной программы 8D08301 – «Устойчивое управление лесными ресурсами», НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Казахстан, 010000, Астана, проспект Жеңіс, 62

E-mail: mr.n_01@mail.ru, https://orcid.org/0009-0006-8419-7016;

Утебекова Айнур Дуйсенбековна, доктор философии (PhD), старший преподаватель, НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Казахстан, 050010, Алматы, проспект Абая, 8

E-mail: ainur.utebekova19@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-3163-6648;

Майсупова Багила Джылысбаевна, кандидат сельскохозяйственных наук, профессор, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Казахстан, 010000, Астана, проспект Жеңіс, 62

E-mail: bagila.forest@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-8412-8367;

Казангапова Нургуль Буркитбаевна, кандидат географических наук, ассоциированный профессор, НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет имени С. Сейфуллина», Казахстан, 010000, Астана, проспект Жеңіс, 62

E-mail: n.kazangapova@kazatu.edu.kz, https://orcid.org/0000-0002-3504-3348;

Ли Киань, доктор философии (PhD), профессор, Университет Сиань Цзяотунь, Китайская Народная Республика, провинция Шэньси, г. Сиань, Сиань Цзяотунь № 28, Западная дорога Сяньнин, WeChat: liqiang122123.

E-mail: liqiang@xjtu.edu.cn, http://orcid.org/0000-0001-7763-8115.

Аннотация. В статье дана оценка современного состояния саксауловых лесов, произрастающих на территории лесного фонда Жалагашского и Сырдарьинского районов Кызылординской области, а также представлена их сравнительная характеристика. Полевые исследования проводились в летние месяцы 2025 года. В качестве основных объектов исследования были выбраны территории лес-

ного фонда государственных учреждений по охране лесов и животного мира Жалагашского и Сырдарьинского районов Кызылординской области. Целью исследования является проведение мониторинга саксауловых лесов Кызылординской области с применением цифровых технологий. В целом Кызылординская область относится к числу наиболее засушливых регионов Казахстана. Под воздействием природных и антропогенных факторов, таких как изменение климата, сокращение лесных насаждений и интенсивный выпас скота, саксауловые леса региона находятся под угрозой сокращения. Дефицит водных ресурсов и процессы почвенной эрозии усугубляют ситуацию, что приводит к уменьшению площади лесных насаждений и ухудшению их состояния. Традиционные методы наземного мониторинга имеют ограниченную эффективность в связи с обширностью территорий и труднодоступностью многих участков. В этой связи применение цифровых технологий позволяет существенно повысить точность и эффективность мониторинговых наблюдений. Сравнительный анализ, представленный в виде графиков и таблиц, показывает, что состояние саксауловых лесов изменяется под влиянием климатической засухи, ветровой эрозии, деградации почв, пастбищной нагрузки, экономического давления и техногенных факторов. Установлено, что в ряде районов наблюдается разрежение насаждений и снижение восстановительных процессов, тогда как в других территориях сохраняется относительная стабильность либо отмечаются положительные тенденции. Полученные результаты имеют практическое значение для разработки научно обоснованных мер по сохранению, восстановлению и повышению устойчивости саксауловых экосистем в условиях усиливающегося аридного климата.

Ключевые слова: пустынные леса, черный саксаул, лесной фонд, климатическая засуха, экосистема, сравнительный анализ, деградация почв

Для цитирования: Өмірзақ Н.Ш., Утебекова А.Д., Майсупова Б.Д., Казангапова Н.Б., Ли Киань (2026). Мониторинг текущего состояния саксауловых лесов на территории лесного фонда Жалагашского и Сырдарьинского районов Кызылординской области // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 187–202. https://doi.org/10.37884/5-2026/16 [In Kaz.].

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Кіріспе.

Қазақстанның шөл және шөлейт аймақтарының экожүйесінде сексеуіл (*Haloxylon*) ерекше орын алады. Бұл өсімдік табиғи ортада құм көшкінін тоқтатуда, топырақ эрозиясының алдын алуда, атмосфералық ылғалды реттеуде және биологиялық әртүрлілікті сақтауда маңызды рөл атқарады. Ғылыми деректерге сәйкес, сексеуілдің тамыр жүйесі 10–12 метр тереңдікке дейін жетеді, бұл оған жер асты ылғалын тиімді пайдалануға мүмкіндік береді және шөлді ортаға жоғары деңгейде бейімделуін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар оның физиологиялық ерекшеліктері – құрғақшылыққа төзімділігі, жоғары температураға бейімделуі және тұзды топырақтарда өсу қабілеті – бұл өсімдікті аридті аймақтардың негізгі орман түзуші түрлерінің бірі ретінде сипаттайды. Қызылорда облысы аумағында қара сексеуіл (*Haloxylon aphyllum*) мен ақ сексеуіл (*Haloxylon persicum*) кең таралған, олардың негізгі қоры республиканың Түркістан, Жамбыл және Жетісу облыстарында шоғырланған.

Сексеуіл ормандары тек экологиялық тұрғыдан ғана емес, сонымен қатар әлеуметтік-экономикалық маңызы жоғары табиғи ресурс болып табылады. Олар ауыл шаруашылығы жерлерін құм басудан қорғап, жайылымдық алқаптардың өнімділігін сақтауға ықпал етеді, сондай-ақ микроклимат қалыптастыру арқылы шөлейт аумақтардың экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Тарихи тұрғыдан сексеуіл жергілікті халық үшін маңызды отын көзі ретінде пайдаланылып келген. Сонымен қатар халық ауыз әдебиетінде, ақын-жыраулар шығармаларында сексеуіл қазақ даласының қайсарлығы мен табиғатқа бейімделгіштігінің символы ретінде көрініс табады. Мысалы, «сексеуілдің дауылға бүгілмес мықтылығы» арқылы елдің рухани беріктігі мен төзімділігі бейнеленеді. Бұл сексеуілдің табиғи экожүйедегі ғана емес, ұлттық дүниетанымдағы орнының да ерекше екенін көрсетеді [Salmukhanbetova және т.б., 2021: 128–157; Akhmetov және т.б., 2023: 380–388; Shamsutdinova, 2019: 34–38].

Қазіргі таңда орман ресурстарының жағдайын бағалау мен мониторинг жүргізуде геоақпараттық жүйелер (ГАЖ), қашықтан зондтау деректері (ҚЗ), ғарыштық суреттер және ұшқышсыз ұшу аппараттары (дрондар) арқылы алынатын мәліметтер кеңінен қолданылуда. Бұл заманауи цифрлық технологиялар кең аумақтарды қысқа мерзімде, жоғары дәлдікпен және салыстырмалы түрде төмен шығынмен зерттеуге мүмкіндік береді. Әсіресе Қызылорда облысы сияқты шөлейтті аймақтарда аумақтың кеңдігі мен қолжетімсіздігіне байланысты дәстүрлі далалық әдістердің шектеулілігі байқалады. Осыған байла-

нысты қашықтан зондтау әдістерін қолдану орман алқаптарының таралуын, биомассасын, деградация деңгейін және олардың уақыт бойынша өзгеру динамикасын анықтауда тиімді құрал болып табылады.

Сексеуіл ормандары Қазақстанның шөлейтті аймақтарында ерекше экологиялық қызмет атқаратын орман формацияларының бірі ретінде қарастырылады. Олар топырақты бекіту, жел эрозиясын тежеу, көмірқышқыл газын сіңіру арқылы климатты реттеу және көптеген өсімдіктер пен жануарлар түрлерінің тіршілік ортасын сақтау сияқты маңызды функцияларды орындайды. Қызылорда облысы аумағы сексеуілдің табиғи таралу аймағына кіріп, республика бойынша орман қорының едәуір бөлігін қамтиды. Алайда соңғы онжылдықтарда климаттың құрғақтануы, антропогендік қысымның артуы, заңсыз ағаш кесу, мал жайылымының реттелмеуі және гидрологиялық режимнің өзгеруі нәтижесінде сексеуіл ормандарының деградациясы күшейіп отыр. Бұл жағдай олардың экологиялық тұрақтылығына теріс әсер етіп, табиғи жаңару процестерінің баяулауына алып келуде.

Осыған орай сексеуіл ормандарының қазіргі жағдайын кешенді түрде бағалау, олардың құрылымдық және функционалдық ерекшеліктерін анықтау, сондай-ақ тұрақты мониторинг жүйесін қалыптастыру ғылыми әрі тәжірибелік тұрғыдан өзекті мәселе болып табылады. Мұндай зерттеулер орман ресурстарын тиімді басқару, деградацияға ұшыраған аумақтарды қалпына келтіру және экожүйелік қызметтерді сақтау бағытында ғылыми негізделген шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді [Өмірзақ және т.б., 2025: 92–102; Zonn, Kostianoy, 2014].

Зерттеу жұмысының мақсаты – Жалағаш пен Сырдария орман және жануарлар дүниесін қорғау жөніндегі мемлекеттік мекемелерінің аумағындағы сексеуіл ормандарының қазіргі жағдайына кешенді бақылау жүргізу және алынған нәтижелерді ғылыми тұрғыда талдау. Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

- орман қорының жалпы көлемі мен құрылымын салыстырмалы талдау;
- сексеуіл алқаптарының жас құрамын және жамылғы ерекшеліктерін бағалау;
- деградация белгілерін анықтап, оларды төмендету бойынша ғылыми негізделген ұсыныстар әзірлеу.

2022 жылғы ресми орман орналастыру материалдары мен 2025 жылғы далалық зерттеулер нәтижелерін салыстыру арқылы Жалағаш және Сырдария (Тереңөзек) аудандарының орман көлемі, жамылғысы мен жалпы жағдайы арасында айтарлықтай айырмашылықтар анықталды. Бұл айырмашылықтар, бір жағынан, уақыт өте келе табиғи және антропогендік факторлардың әсерінен орман көрсеткіштерінің өзгеруімен, екінші жағынан, таксациялық деректердің жаңартылу қажеттілігімен түсіндіріледі. Осыған байланысты зерттеу барысында далалық бақылаулар мен ресми орман орналастыру деректерін өзара ұштастыру арқылы алынған нәтижелердің сенімділігі арттырылды [Өмірзақ және т.б., 2025: 92–102; Kusainova және т.б., 2023; Bissenbayeva және т.б., 2024: 135–149].

Материалдар мен әдістер.

Зерттеу жұмыстарын орындау барысында орман экожүйелерінің қазіргі жағдайын жан-жақты бағалауға мүмкіндік беретін кешенді далалық және қашықтан зондтау әдістері қолданылды. Қолданылған тәсілдер өзара интеграцияланып, алынған нәтижелердің дәлдігі мен репрезентативтілігін қамтамасыз етуге бағытталды. Сонымен қатар зерттеу барысында орман жамылғысының кеңістіктік және уақыттық өзгерістерін кешенді талдауға ерекше назар аударылды.

Фитоценоздық әдіс аясында зерттеу аумақтарында стандартты далалық маршруттар мен тұрақты үлгілік алаңдар негізінде бақылаулар жүргізілді. Үлгілік алаңдардың ауданы зерттеу мақсатына сәйкес 0,05–0,1 га аралығында белгіленді. Әрбір алаңда ағаш және бұта өсімдіктерінің түрлік құрамы, дарақ саны, жасы, биіктігі, сондай-ақ дің диаметрі (d1.3) анықталды. Сондай ақ өсімдіктердің жалпы физиологиялық жағдайы бағаланып, өсу қарқыны, табиғи жаңару деңгейі (жас өскіндердің саны мен сапасы), сиреу дәрежесі және антропогендік әсер белгілері (мал жайылымы, механикалық зақымдану, отынға кесу, сондай ақ қурау процестері тіркелді. Әрбір үлгілік алаңда өсімдік жамылғысының тығыздығы (дана/га) мен жамылғы дәрежесі (%) есептеліп, геоботаникалық сипаттамалар жасалды. Жиналған деректер статистикалық өңдеуден өткізіліп, орташа мәндер, вариациялық қатарлар және ауытқу көрсеткіштері құрылды. Бұл әдіс орман жамылғысының құрылымын, ярустық ұйымдасуын және сексеуіл екпелерінің тұрақтылық деңгейін бағалауға мүмкіндік берді.

Картографиялық талдау зерттеу аумағының кеңістіктік ерекшеліктерін анықтауға бағытталды. Осы мақсатта орман орналастыру материалдары, топографиялық және тақырыптық карталар пайдаланылды. Геоақпараттық жүйелер құралдарын қолдану арқылы орман алқаптарының орналасуы, шекаралары, аудандары және ландшафтық құрылымы анықталды. Әртүрлі уақыт кезеңдеріндегі картогра-

фиялық деректерді салыстыру нәтижесінде орман жамылғысының өзгеру динамикасы, деградацияға ұшыраған аумақтар және қалпына келу процестері бағаланды. Сонымен қатар табиғи-географиялық факторлар мен орман жамылғысының өзара байланысы анықталды [Shamsutdinova, Shamsutdinov, 2022; Tureniyazova, Berdimbetov, 2024].

Қашықтан зондтау әдістері зерттеу нәтижелерін толықтыру және нақтылау мақсатында қолданылды. Өсімдік жамылғысының жағдайын бағалау үшін NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) индексі пайдаланылды, ол келесі формула бойынша есептеледі:

$$NDVI = \frac{NIR + RED}{NIR - RED}$$

мұндағы NIR – жақын инфрақызыл диапазондағы шағылысу, ал RED – қызыл спектрдегі шағылысу мәндері. NDVI индексі негізінде өсімдік жамылғысының биомассасы, фотосинтетикалық белсенділігі, вегетациялық кезеңдегі динамикасы және деградация деңгейі анықталды. Индекс мәндері бойынша өсімдік жамылғысының жағдайы жіктелді: 0–0,2 аралығы деградацияланған немесе сирек жамылғыны, 0,2–0,4 аралығы әлсіз дамыған өсімдіктерді, ал 0,4-тен жоғары мәндер жақсы дамыған өсімдік жамылғысын сипаттайды. Көпуақыттық ғарыштық суреттерді талдау арқылы маусымдық және жылдық өзгерістер салыстырылып, өсімдіктердің күйзеліс аймақтары анықталды. Қашықтан зондтау деректері далалық бақылау нәтижелерімен салыстырылып (ground-truthing), алынған ақпараттың нақтылығы тексерілді. Бұл тәсіл нәтижелердің сенімділігін арттыруға мүмкіндік берді [Bissenbayeva және т.б., 2024: 135–149; Yang және т.б., 2025; Jiang және т.б., 2019: 669–683].

Жалпы алғанда, қолданылған әдістер орман экожүйелерінің қазіргі жағдайын сандық және сапалық тұрғыдан кешенді бағалауға, олардың өзгеру динамикасын анықтауға және болашақтағы мониторинг жұмыстарын ғылыми негізде жоспарлауға мүмкіндік берді.

Зерттеу барысында далалық, картографиялық және қашықтан зондтау деректері кешенді түрде пайдаланылды. Далалық материалдар тұрақты сынақ алаңдарда жүргізілген геоботаникалық бақылаулар нәтижесінде жиналып, ағаш-бұта өсімдіктерінің морфометриялық көрсеткіштерін, өсімдік жамылғысының тығыздығы мен жамылдылығы дәрежесін, сондай-ақ табиғи жаңару және антропогендік әсерлер туралы мәліметтерді қамтыды.

Картографиялық материалдар ретінде орман орналастыру құжаттары, топографиялық карталар, жер пайдалану схемалары және тақырыптық карталар қолданылды. Бұл деректер зерттеу аумағының кеңістіктік құрылымын, табиғи-географиялық жағдайларын және орман жамылғысының таралу ерекшеліктерін талдауға мүмкіндік берді.

Қашықтан зондтау материалдары ретінде көпмерзімді ғарыштық суреттер және олардың спектрлік арналарынан алынған деректер пайдаланылды. Атап айтқанда, NDVI индексін есептеу үшін жақын инфрақызыл (NIR) және қызыл (RED) диапазондардағы шағылу мәндері қолданылды. Аталған материалдар өсімдік жамылғысының жағдайын бағалауда, оның кеңістіктік таралуын анықтауда және деградация деңгейін сипаттауда негізгі дереккөз ретінде қызмет атқарды.

Нәтижелер мен талқылаулар.

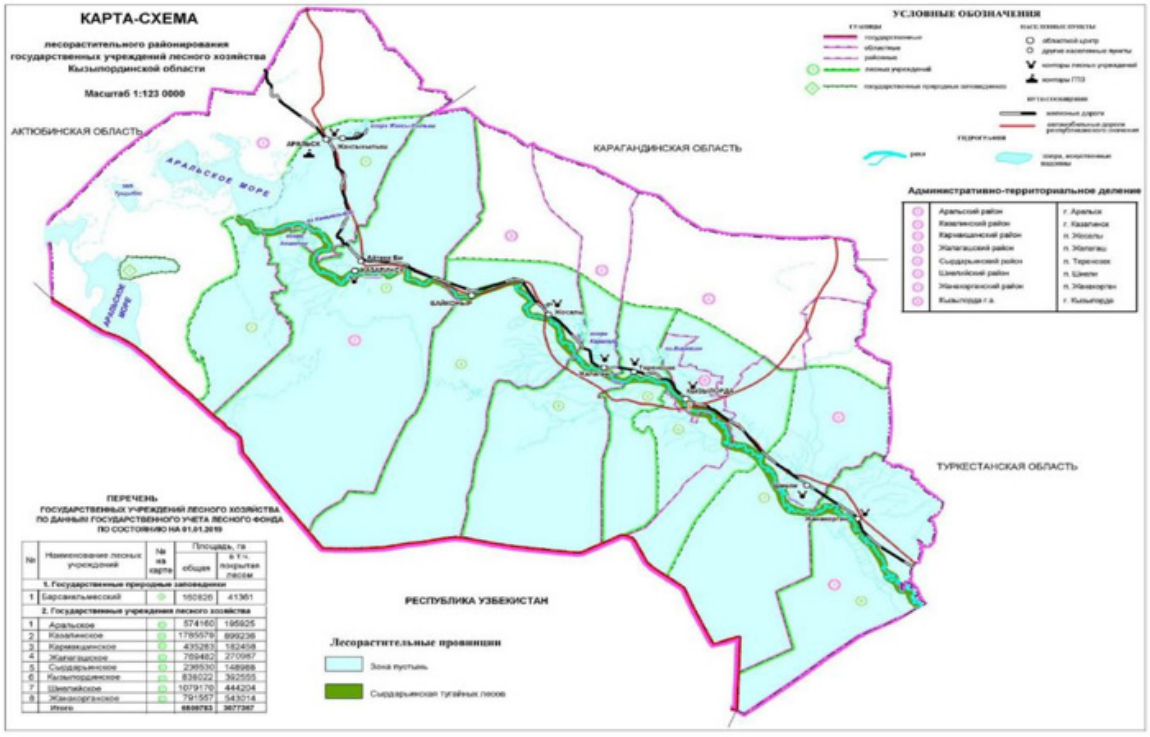
Зерттеу жұмыстары 2025 жылдың жаз айларында жүргізілді. Негізгі нысан ретінде Қызылорда облысының Жалағаш және Сырдария орман және жануарлар дүниесін қорғау жөніндегі мемлекеттік мекемелердің орман қоры аумақтары алынды. Зерттеу аумақтары табиғи-климаттық жағдайлары, топырақ жамылғысы және өсімдік жамылғысының ерекшеліктері бойынша бір-бірінен ерекшелетін шөл және шөлейт белдеулерді қамтиды.

Далалық жұмыстар 2025 жылғы жаз айлары аралығында жүргізіліп, осы кезеңде өсімдіктердің вегетациялық белсенділігі, физиологиялық жағдайы және жамылғы тығыздығы бағаланды. Зерттеу барысында әртүрлі орманшылықтарда орналасқан үлгілік алаңдар таңдалып, оларда сексеуіл екпелерінің құрылымы, жастық құрамы, тығыздығы және табиғи жаңару деңгейі анықталды. Сонымен қатар деградация белгілері, атап айтқанда қурау, сиреу, механикалық зақымдану және антропогендік әсерлер (мал жайылымы, шаруашылық қызмет) тіркелді.

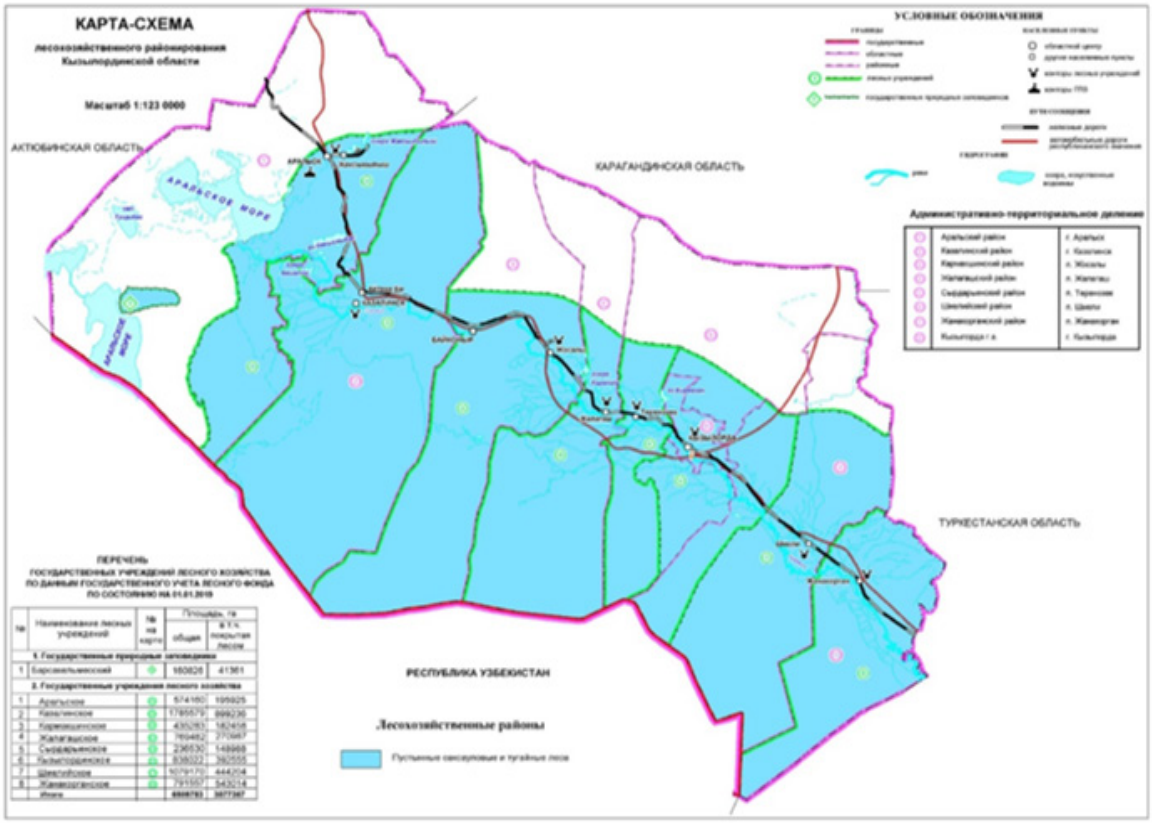
Зерттеу нысандарының таңдалуы олардың аймақтық орман ресурстарын сипаттаудағы репрезентативтілігімен негізделді. Жалағаш ауданы аумағында негізінен қуаң және құмды-батпақты топырақтарда орналасқан сирек жамылғылы сексеуіл алқаптары басым болса, Сырдария ауданында өзен аңғарына жақын орналасқан салыстырмалы түрде тұрақты және тығыз өсімдік жамылғысы бар

учаскелер кездеседі. Бұл айырмашылықтар зерттеу барысында сексеуіл ормандарының экологиялық жағдайын салыстырмалы түрде бағалауға мүмкіндік берді.

Далалық зерттеулер қашықтан зондтау деректерімен толықтырылып, алынған нәтижелер кеңістіктік және уақыттық тұрғыдан талданды. Бұл тәсіл зерттеу аумақтарындағы орман жамылғысының қазіргі жағдайын жан-жақты бағалауға және оның өзгеру динамикасын анықтауға мүмкіндік берді.



(а)



(б)

Сур. 1. Қызылорда облысының орман қоры аумақтарын орман жамылғысы бойынша (а) және орманшылық (б) аудандастыру карта-схемасы

[Fig. 1. Schematic maps of the forest fund areas of Kyzylorda Region classified by forest cover (a) and forest management districts (b)]

Зерттеу нәтижелері ресми орман орналастыру деректерімен салыстырылды. 2022 жылғы «Қызылорда облысы бойынша шоғырландырылған орман орналастыру жобасы» материалдары бойынша Жалағаш орманшылығы аумағында сексеуіл ормандары 348,5 мың га жерді алып жатыр, оның ішінде орманмен жабылған сексеуіл алқаптары – 114,2 мың га (33 %). Сырдария (Тереңөзек) орманшылығында сексеуілдің жалпы қоры 236,6 мың га, соның ішінде орманмен жабылғаны – 92,4 мың га (39 %). Таксациялық кестелерде Жалағаштағы сексеуілдің орташа жасы 20–25 жыл, жамылғы тығыздығы 260–280 түп/га, ал Сырдарияда орташа жас 18–22 жыл, жамылғы тығыздығы 250–270 түп/га деңгейінде көрсетілген (кесте 1).

2025 жылғы далалық зерттеу бұл көрсеткіштердің сәл өзгергенін анықтады: Жалағаштағы сексеуілдің орташа жасы 25–35 жылға жетіп, жамылғы тығыздығы 220–260 түп/га дейін төмендеген, жас өскіндер сирек кездеседі. Сырдария орманшылығында орташа жас 20–30 жылға ұлғайып, құраған ағаш үлесі көбейгенімен, жамылғы тығыздығы салыстырмалы түрде сақталған (240–280 түп/га).

Аталған айырмашылықтар сексеуіл ормандарының құрылымдық және функционалдық өзгерістерге ұшырап отырғанын көрсетеді. Ең алдымен, жамылғы тығыздығының төмендеуі мен жас өскіндердің сирек кездесуі орманның табиғи жаңару қарқынының әлсіregенін дәлелдейді. Бұл құбылыс, әсіресе, Жалағаш орманшылығы аумағында айқын байқалады, мұнда сексеуілдің жас құрылымы қартаю жағына ығысқан. Мұндай тенденция ұзақ мерзімді перспективада орманның деградациясына және оның экожүйелік қызметтерінің төмендеуіне әкелуі мүмкін.

Сырдария (Тереңөзек) орманшылығында жағдай салыстырмалы түрде тұрақты болғанымен, құраған ағаштардың үлесінің артуы экожүйенің әлсіреуінің бастапқы белгілерін көрсетеді. Бұл, өз кезегінде, климаттық факторлардың (қуаңшылық, температураның жоғарылауы), сондай-ақ топырақтың тұздану деңгейінің артуымен байланысты болуы ықтимал. Сонымен қатар, құраған ағаштардың жиналуы өрт қаупін арттырып, орманның табиғи тұрақтылығына қосымша қауіп төндіреді.

Таксациялық көрсеткіштер мен далалық зерттеу нәтижелерінің арасындағы айырмашылықтар орман орналастыру материалдарының белгілі бір деңгейде ескіргенін де аңғартады. Бұл жағдай тұрақты мониторинг жүйесін жетілдіру қажеттігін көрсетеді. Әсіресе, қашықтан зондтау деректерін (спутниктік суреттер, дрондық түсірілімдер) пайдалану арқылы орман жамылғысының өзгерістерін жедел әрі дәл бақылау мүмкіндігі артады.

Зерттеу нәтижелері сексеуіл ормандарының кеңістіктік құрылымында да өзгерістер бар екенін көрсетті. Кейбір учаскелерде орман жамылғысы фрагментацияға ұшырап, біртұтас алқаптар ұсақ бөліктерге бөлінген. Мұндай өзгерістер жел эрозиясының күшеюіне, құм көшу процестерінің белсенуіне және жалпы экожүйелік тұрақтылықтың төмендеуіне әкеледі. Сонымен қатар, фрагментация биоалуантүрлілікке де кері әсерін тигізіп, көптеген түрлердің тіршілік ету ортасының тарылуына себеп болады.

Жас ерекшелік құрылымын талдау сексеуіл популяциясының жаңару әлеуетінің төмен екенін көрсетті. Әсіресе, жас және орта жастағы ағаштардың үлесінің азаюы болашақта орманның табиғи жолмен қалпына келу мүмкіндігін шектейді. Бұл жағдай орман шаруашылығында жасанды қалпына келтіру шараларын күшейту қажеттігін көрсетеді. Алайда, мұндай шараларды жүзеге асыру кезінде жергілікті табиғи-климаттық жағдайларды, топырақ ерекшеліктерін және ылғал режимін ескеру маңызды.

Сонымен қатар антропогендік факторлардың әсері де айтарлықтай. Мал жаюдың шамадан тыс жүктемесі жас өскіндердің тапталуына және олардың тіршілікке бейімділігінің төмендеуіне әкеледі. Кейбір учаскелерде заңсыз кесу фактілері де тіркелген, бұл орманның тығыздығына және құрылымына тікелей әсер етеді. Сондықтан орман қорын тиімді басқару үшін қорғау шараларын күшейту, жергілікті халықпен түсіндіру жұмыстарын жүргізу және жайылымдық жүктемені реттеу қажет.

Жалпы алғанда, зерттеу нәтижелері Жалағаш және Сырдария орманшылықтарындағы сексеуіл ормандарының қазіргі жағдайы салыстырмалы түрде тұрақсыз екенін көрсетеді. Сандық көрсеткіштердің белгілі бір деңгейде сақталғанына қарамастан, сапалық өзгерістер (қартаю, сиреу, табиғи жаңарудың әлсіреуі) орман экожүйелерінің ұзақ мерзімді тұрақтылығына қауіп төндіреді. Осыған байланысты сексеуіл ормандарын сақтау және қалпына келтіру бойынша кешенді, ғылыми негізделген шараларды әзірлеу және енгізу өзекті болып табылады.

Карта-схемалар талдауы Жалағаштағы сексеуіл ормандарының мал жайылымы мен құмды-батпақты топырақ әсерінен тозғанын, ал Сырдарияда қуаңшылық пен құраудың жиілегенін көрсетті. Бұл деректер сексеуіл ормандарының табиғи жаңару әлеуетінің төмендігін және антропогендік қысымның

әлі де күшті екенін дәлелдейді.

Кесте 1. Жалағаш, Қосарық және Тереңөзек орманшылықтары бойынша сексеуіл алқаптарының қазіргі жай-күйі (2025 ж.)

Орманшылық атауы	Жалпы орман қоры, мың га	Оның ішінде: орманмен көмкерілген алқаптары, мың га	Алқа ағаштардың орташа жасы, жыл	Жамылғы тығыздығы, түп/га
Жалағаш орманшылығы	348,5	26,0	20-25	260-280
Қосарық орманшылығы	421,0	229,1	25-35	270-290
Тереңөзек орманшылығы	236,6	160,1	18-22	250-270
Жиынтығы:	1006,1	415,2	18-25	250-280

Жалағаш орманшылығы аумағында жүргізілген кеңістіктік талдау нәтижелері сексеуіл алқаптарының біркелкі таралмай, едәуір дәрежеде фрагментацияға ұшырағанын көрсетті. Әсіресе мал жайылымы қарқынды пайдаланылатын учаскелерде топырақтың беткі қабатының тығыздалуы, өсімдік жамылғысының сиреуі және жас өскіндердің толық дерлік жойылуы байқалады. Құмды және батпақты топырақтарда су-тұз режимінің тұрақсыздығы сексеуілдің тамыр жүйесінің қалыпты дамуына кедергі келтіріп, өсімдіктің өсу қарқынын төмендетеді. Нәтижесінде мұндай аумақтарда сирек жамылғылы, өнімділігі төмен, деградацияға ұшыраған орман учаскелері басым келеді. Сонымен қатар кейбір жерлерде дефляциялық процестердің (жел эрозиясы) күшеюі құм көшкіндерінің пайда болуына және орман жамылғысының толық жойылуына алып келуде.

Сырдария орманшылығында анықталған негізгі мәселе – климаттық факторлардың әсерінен туындаған деградациялық процестер. Соңғы жылдары байқалған жауын-шашын мөлшерінің азаюы мен ауа температурасының жоғарылауы топырақ ылғалдылығының күрт төмендеуіне әкеліп, сексеуіл ағаштарының физиологиялық күйіне кері әсер етуде. Карта-схемаларда қураған ағаштар мен сирек жамылғы учаскелерінің үлесінің артуы анық байқалады. Бұл әсіресе өзеннен алшақ орналасқан, су көздеріне қолжетімділігі төмен аумақтарда айқын көрінеді. Сонымен қатар, топырақтың тұздану деңгейінің артуы да сексеуілдің өсуіне қолайсыз жағдай туғызады, нәтижесінде ағаштардың тіршілік ұзақтығы қысқарып, құрау жиілігі артады.

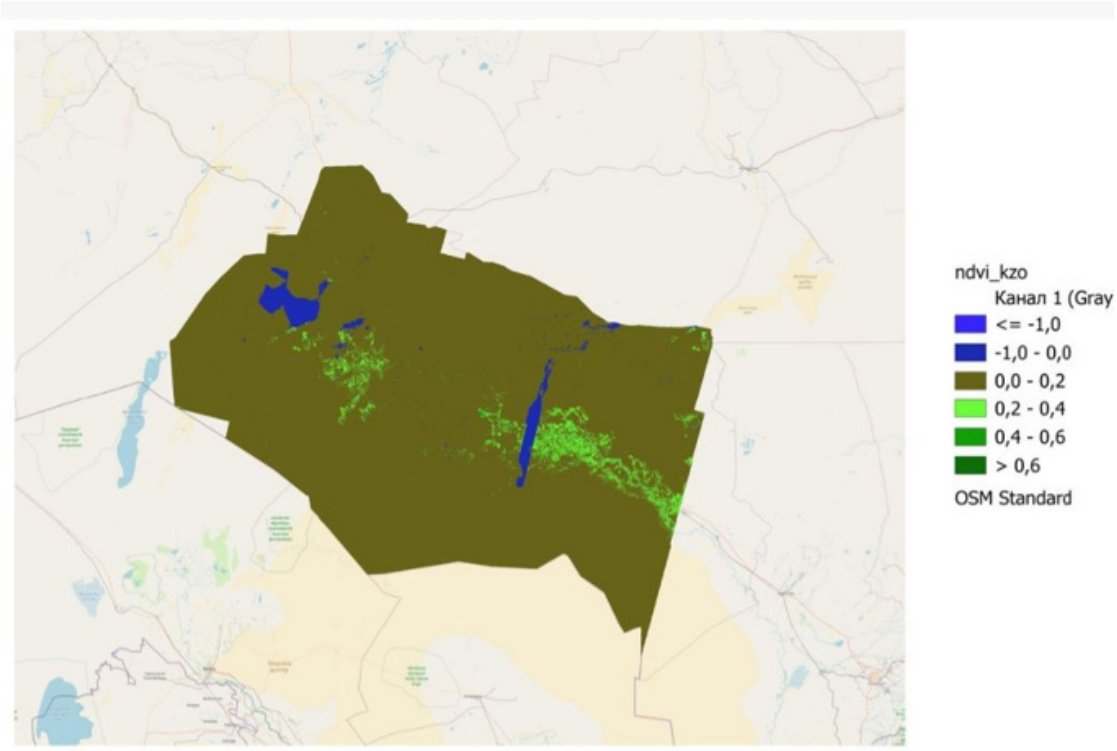
Кеңістіктік деректерді салыстырмалы талдау сексеуіл ормандарының деградациясы бір ғана фактормен емес, табиғи және антропогендік факторлардың кешенді әсерімен байланысты екенін көрсетеді. Жалағашта антропогендік қысым (мал жайылымы, жер пайдалану) басым болса, Сырдарияда табиғи-климаттық факторлар жетекші рөл атқарады. Алайда екі жағдайда да ортақ мәселе – табиғи жаңару процесінің әлсіздігі. Жас өскіндердің сирек кездесуі, тұқымнан көбеюдің төмендігі және қолайлы микроклиматтық жағдайлардың жетіспеуі сексеуіл ормандарының өздігінен қалпына келу мүмкіндігін шектейді.

Осыған байланысты зерттеу нәтижелері сексеуіл ормандарын басқаруда аумақтық ерекшеліктерді ескерудің маңыздылығын көрсетеді. Жалағаш орманшылығында жайылымдық жүктемені реттеу, қорғалатын учаскелерді белгілеу және топырақтың физикалық қасиеттерін қалпына келтіруге бағытталған шараларды енгізу қажет. Ал Сырдария аумағында ылғал сақтау технологияларын қолдану, құрғақшылыққа төзімді формаларды пайдалану және жасанды орман қалпына келтіру жұмыстарын күшейту маңызды.

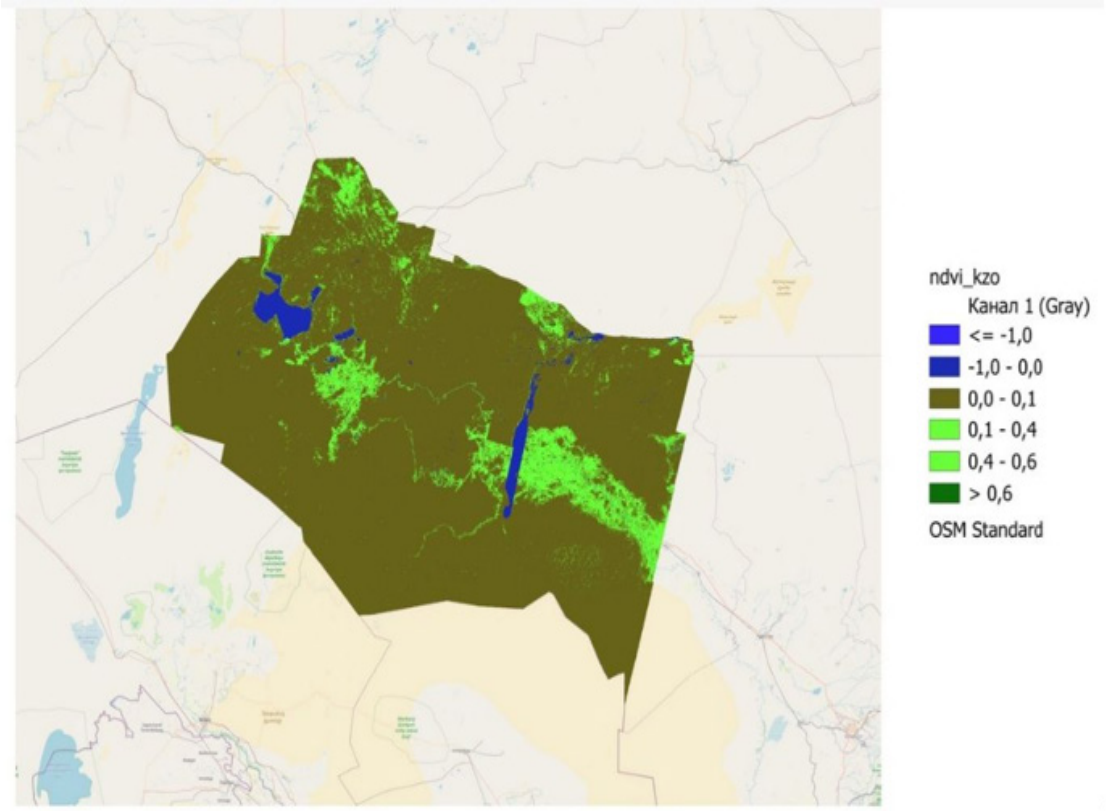
NDVI мәндерінің маусымдық айырмашылықтары сексеуіл жамылғысының фотосинтетикалық белсенділігінің өзгеруін көрсетеді. Көктемгі кезеңде NDVI жоғарырақ мәндерге ие болса, жазғы кезеңде ылғал тапшылығы мен жоғары температура әсерінен көрсеткіштердің төмендеуі байқалады [Yang және т.б., 2025; Jiang және т.б., 2019: 669–683; Li және т.б., 2010: 515–521].

2025 жылғы NDVI карталарына (көктем – мамыр, жаз – тамыз) талдау нәтижесінде Жалағаш ауданы аумағында вегетациялық жамылғының деңгейі негізінен төмен және орташа екені анықталды. Көктемгі кезеңде NDVI мәндері басым түрде 0,0–0,2 және 0,2–0,4 аралығында шоғырланған. Бұл көрсеткіштер аудан аумағының көп бөлігінде шөлейт және жартылай шөлейт ландшафттардың басым екенін, табиғи өсімдік жамылғысының сирек таралғанын көрсетеді. Жазғы кезеңде (тамыз) Жалағаш ауданында NDVI мәндерінің аздап жоғарылауы байқалады, алайда жоғары вегетациялық индексі бар

учаскелер (0,4–0,6 және >0,6) тек Сырдария өзеніне жақын орналасқан суармалы егістік жерлерде және тоғайлы алқаптарда ғана көрініс тапқан. Ауданның негізгі бөлігінде өсімдіктердің ылғал тапшылығына байланысты күйзеліс жағдайында болуы NDVI-дің төмен мәндерімен сипатталады.



(а)



(б)

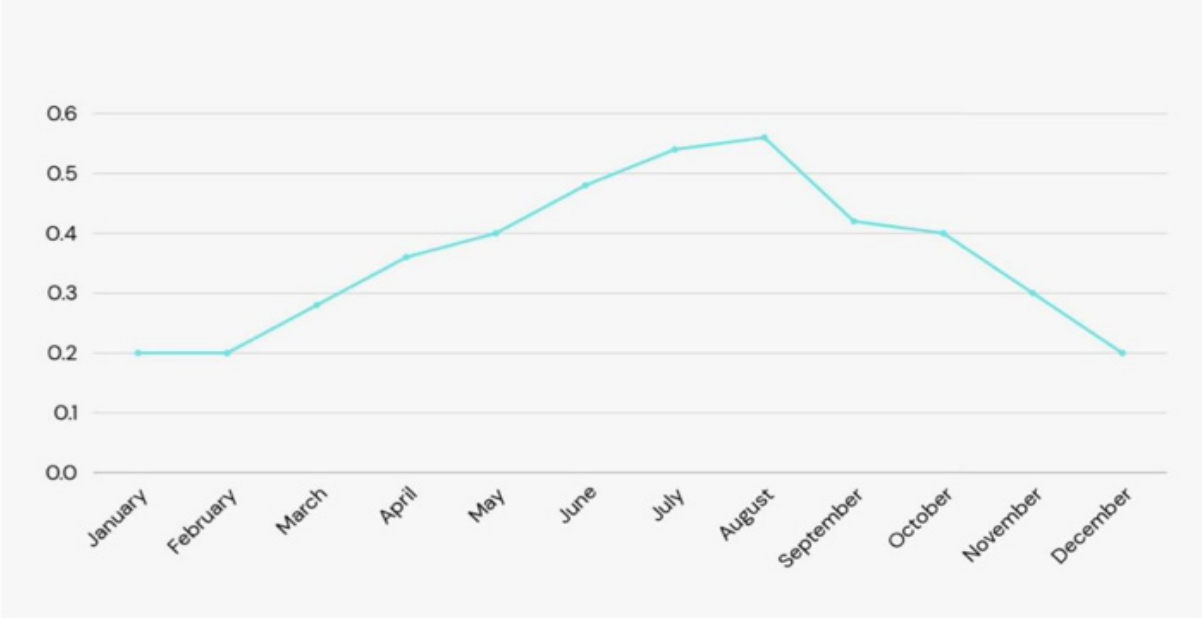
Сур. 2. 2025 жылдың көктемгі мамыр айы (а) және жазғы тамыз (б) айларындағы NDVI көрсеткіштерінің салыстырмалы нәтижелері

[Fig. 2. Comparative results of NDVI values during the spring (May) (a) and summer (August) (b) of 2025]

Сырдария ауданы аумағында NDVI көрсеткіштері Жалағаш ауданымен салыстырғанда едәуір жоғары және тұрақты екені байқалады. Көктем мезгілінде ауданның едәуір бөлігінде NDVI мәндері

0,2–0,4 және 0,4–0,6 диапазонында қалыптасқан, бұл егістік алқаптардың, шабындықтардың және өзен аңғарындағы тоғайлы өсімдіктердің жақсы дамығанын көрсетеді. Жазғы кезеңде Сырдария ауданында жоғары NDVI мәндері (>0,6) бар аумақтардың үлесі арта түседі. Әсіресе, Сырдария өзенінің бойында және суармалы жерлерде өсімдік жамылғысының белсенді фотосинтез үдерісі байқалады. Бұл ауданның су ресурстарына жақындығы мен ирригациялық жүйелердің дамығандығын көрсетеді.

Екі ауданның NDVI көрсеткіштерін салыстырмалы талдау нәтижесінде Сырдария ауданының вегетациялық жағдайы Жалағаш ауданына қарағанда анағұрлым қолайлы екені анықталды. Жалағаш ауданында төмен NDVI мәндері басым болып, өсімдік жамылғысы көбінесе шашыраңқы және әлсіз дамыған сипатқа ие. Ал Сырдария ауданында орташа және жоғары NDVI көрсеткіштері кең таралған, бұл антропогендік суару жүйелерінің тиімділігін және табиғи гидрологиялық жағдайдың қолайлылығын көрсетеді. Сонымен қатар жаз мезгілінде NDVI көрсеткіштерінің артуы екі ауданға да тән болғанымен, Сырдария ауданында бұл өсім анағұрлым айқын байқалады. Жалағаш ауданында өсімдік жамылғысының маусымдық өзгерісі шектеулі болып, климаттық құрғақшылық факторлары басым әсер етеді.



Сур. 3. NDVI индексінің 2025 жығы орташа айлық өзгерісі
[Fig. 3. Monthly variation in the mean NDVI values in 2025]

Көрсеткіштердің көктем–жаз айларында жоғарылап, күз-қыс кезеңінде төмендеуі сексеуіл ормандарының маусымдық даму заңдылықтарына сәйкес келеді. Бұл деректер сексеуіл жамылғысының физиологиялық белсенді кезеңдерін нақты анықтауға мүмкіндік берді.

Далалық зерттеу нәтижелері бойынша Жалағаш және Сырдария аумақтарындағы сексеуіл ормандарының жастық құрылымы біркелкі еместігі анықталды. Көптеген учаскелерде орта жастағы ағаштар басым, жас өскіндер сирек, бұл табиғи жаңару процесінің баяулығын дәлелдейді.

Зерттеу нәтижелері 2022 жылғы «Қазақ орман орналастыру» кәсіпорны жүргізген жұмыс материалдарымен салыстырылып, орман жамылғысының көлемі, құрылымы және орманмен жабылған аумақтың динамикасы талданды. Бұл әдіс далалық деректердің сенімділігін арттыруға мүмкіндік берді.

Жалағаш орман және жануарлар дүниесін қорғау жөніндегі мемлекеттік мекемесінің орман қоры көлемі – 769 мың гектар, оның ішінде Жалағаш орманшылығы – 348 мың гектар, Қосарық орманшылығында – 420 мың гектар.

Сырдария орман және жануарлар дүниесін қорғау жөніндегі мемлекеттік мекемесінің орман қоры көлемі – 236 мың гектар, оның ішінде жалғыз Тереңөзек орманшылығы тиісінше 236 мың гектарды құрайды [Salmukhanbetova және т.б., 2021: 128–157; Akhmetov және т.б., 2023: 380–388; Shamsutdinov және т.б., 2018: 475–483].

Жалағаш аумағында салыстырмалы түрде сақталған орман алқаптары бар, бірақ қуаңшылықтың әсерінен құрау жиілеген және құмды-батпақты топырақ пен шамадан тыс мал жайылымының әсерінен орман жамылғысы сиреген учаскелер жиі кездеседі.

Сырдария ауданының аумағында салыстырмалы түрде тығыз сексеуіл өскіндері сақталғандығы байқалды.

Кесте 2. Жалағаш және Сырдария аудандарының орман қорларының салыстырмалы көрсеткіштері (2022–2025 жж.)

Көрсеткіш	Орман орналастыру дерекқөзі (2022)	Далалық зерттеу (2025)	Ескерту
Жалағаш орман және жануарлар дүниесін қорғау жөніндегі мемлекеттік мекемесі			
Жалағаш ауд. жалпы қоры, га	348 500	348 000	Сәйкес келеді
Орманмен көмкерілгені, га	114 200	нақтыланбаған	Үлес – 33 %
Орташа жасы, жыл	20–25	25–35	Жаңару баяу
Тығыздығы, түп/га	260–280	220–260	Сиреу байқалады
Сырдария орман және жануарлар дүниесін қорғау жөніндегі мемлекеттік мекемесі			
Сырдария ауд. жалпы қоры, га	236 600	236 600	Сәйкес келеді
Орманмен көмкерілгені, га	160 100	нақтыланбаған	Үлес – 39 %
Орташа жасы, жыл	18–22	20–30	Құрау жиілеген
Тығыздығы, түп/га	250–270	240–280	Салыстырмалы түрде жақсы



(а) (б)

Сур. 4. Жалағаш (а) және Сырдария (б) аудандарының орман қоры учаскелері
[Fig. 4. Forest fund areas in Zhalagash (a) and Syrdarya (b) districts]

Зерттеу нәтижелері далалық бақылауларды толықтыра отырып, сексеуіл ормандарының таралу тығыздығын кең ауқымда бағалауға мүмкіндік берді. Әсіресе көзбен шолып анықтау қиын аумақтарда деградацияға ұшыраған учаскелер айқындалды, кейбір бөліктерде орман жамылғысының толық жойылғаны байқалды.

Алынған мәліметтерді бұрынғы зерттеулермен салыстыру нәтижесінде деградация үрдісінің әлі де жалғасып отырғаны анықталды. Бұл жағдай табиғи жаңару әлеуетінің жеткіліксіздігін және антропогендік қысымның сақталып отырғанын көрсетеді.

2025 жылғы 1 қаңтарға Қызылорда облысының орман қорының жалпы ауданы 7541,8 мың гектарды құрап отыр, оның ішінде орманмен қамтылған жерлердің көлемі 3882,6 мың гектарға жетті. Орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің қарауындағы «Барсакелмес» мемлекеттік табиғи қорығы 163,1 мың гектар аумақты алып жатыр. Сонымен қатар, облыс әкімдігіне қарасты сегіз мемлекеттік орман шаруашылығы мекемесінің жалпы орман қоры 7378,6 мың гектарды құрайды. Бұдан бөлек, Қазақстан Республикасы Көлік министрлігінің қарауындағы «Қазақстан Темір Жолы» ұлттық компаниясына тиесілі қорғаныш екпелері 0,1 мың гектар аумақта орналасқан.

2022 жылғы 1 қаңтардан 2025 жылғы 1 қаңтарға дейінгі аралықта облыстың орман қоры жерлерінде елеулі өзгерістер байқалды. Атап айтқанда, орманмен қамтылған жерлердің ауданы 48,5 мың гектарға немесе 1,26 %-ға артты. Бұл өсімнің негізгі себептері: орман екпелерінің көлемі 8,8 мың гектарға ұлғаюы, сирек жабылған орман екпелерінің қайта есепке алынуы нәтижесінде 8,8 мың гектардың қосылуы, табиғи қалпына келтіру нәтижесінде 0,5 мың гектардың артуы, табиғи өсу есебінен 0,9 мың гектардың көбеюі және бұрын есепке алынбаған 39,6 мың гектар орман алқаптарының енгізілуі

болып табылады. Сонымен қатар, негізгі пайдалану үшін кесу нәтижесінде орманмен қамтылған жерлердің 1,3 мың гектарға қысқарғаны анықталды [Amirkhanov және т.б., 2025; Land desertification and its influencing factors in Kazakhstan, 2020].

Зерттеу кезеңінде орман екпелерін отырғызу және тұқым себу жұмыстары 173,9 мың гектар аумақта жүргізілді. Бұл өз кезегінде жинақталмаған орман екпелерінің көлемін 165,1 мың гектарға арттырып, жалпы ауданды 260,5 мың гектардан 425,6 мың гектарға жеткізді. Бұл көрсеткіш 63,36 %-дық өсімге тең.

Орманмен қамтылмаған жерлердің ауданы 115,3 мың гектарға немесе 6,03 %-ға ұлғайды. Оның ішінде отаулар 1,3 мың гектарға, алаңқайлар 114,5 мың гектарға көбейген, ал селеулі ормандар 0,5 мың гектарға азайған. Ормансыз жерлердің аумағы да 40,0 мың гектарға артқан. Бұл өсім негізінен жайылымдардың (32,3 мың гектар) және басқа да санаттағы жерлердің (7,6 мың гектар) ұлғаюымен байланысты.

Жалпы алғанда, 2024 жылғы есептік кезеңмен салыстырғанда облыстың орман қоры 368,8 мың гектарға немесе 5,14 %-ға өсіп, 7 173,0 мың гектардан 7 541,8 мың гектарға жетті. Мұндай өзгерістер Қызылорда облысы әкімдігінің 2024 жылғы 29 қарашадағы №180 қаулысына (Арал ауданындағы 302 032 гектар бос жатқан жерлерді орман қоры құрамына енгізу) және Жалағаш ауданы әкімдігінің 2024 жылғы 25 желтоқсандағы №282 қаулысына (Жаңадария ауылдық округіндегі 40 000 гектар бос жатқан жерлерді қосу) сәйкес жүзеге асырылды. Сонымен қатар, Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2024 жылғы 9 қазандағы №831 қаулысына сәйкес орман қоры жерлерінің белгілі бір бөлігі басқа санаттарға ауыстырылды. Мәселен, «Бейнеу–Шымкент» магистральдық газ құбырын салу үшін жеке учаскелер бөлініп, сәйкесінше 8, 15 және 14 гектар жер орман қоры құрамынан шығарылды.

Жоғарыда келтірілген мәліметтерді талдай отырып, Қызылорда облысындағы сексеуіл ормандарының қазіргі жағдайы күрделі әрі көпфакторлы үрдістердің ықпалында қалыптасып отырғанын байқауға болады. Орманмен қамтылған аумақтардың жалпы өсімі сандық тұрғыдан оң динамиканы көрсеткенімен, бұл көрсеткіштердің сапалық құрамын тереңірек қарастыру қажет. Атап айтқанда, орман алқаптарының ұлғаюы көбіне әкімшілік-шаруашылық шешімдер есебінен, яғни бұрын есепке алынбаған немесе бос жатқан жерлерді орман қоры құрамына енгізу арқылы жүзеге асырылған. Сондықтан бұл өсім нақты биологиялық өнімділік пен орман экожүйелерінің қалпына келу деңгейін толық сипаттай алмайды.

Далалық бақылаулар мен қашықтан зондтау нәтижелері көрсеткендей, сексеуіл ормандарының бірқатар учаскелерінде деградациялық процестер әлі де басым. Әсіресе, топырақтың тұзденуы, жел эрозиясы және ылғал тапшылығы сияқты табиғи факторлар орман жамылғысының сиреуіне тікелей әсер етеді. Сонымен қатар, антропогендік ықпал – мал жайылымының шамадан тыс жүктемесі, заңсыз кесулер және инфрақұрылымдық жобалар – сексеуіл қауымдастықтарының тұрақтылығын төмендетіп отыр. Бұл жағдай табиғи жаңару процестерінің баяу жүруіне және жас өсімдіктердің тіршілікке бейімділігінің төмендеуіне әкеледі.

Зерттеу барысында анықталған тағы бір маңызды мәселе – орман екпелерінің сапалық жағдайы. Жүргізілген отырғызу және тұқым себу жұмыстарының ауқымы кең болғанымен, олардың барлығы бірдей тиімді нәтиже бермейді. Көп жағдайда отырғызылған екпелердің бір бөлігі климаттық қолайсыздықтарға немесе агротехникалық талаптардың толық сақталмауына байланысты сақталмай қалады. Бұл, өз кезегінде, орманды қалпына келтіру шараларының тиімділігін төмендетеді және ұзақ мерзімді нәтижелерге кері әсер етеді.

Сонымен қатар орманмен қамтылмаған және ормансыз жерлердің ұлғаюы экожүйелік тұрақтылықтың әлсіреуін көрсететін маңызды индикатор болып табылады. Әсіресе жайылымдық жерлердің кеңеюі сексеуіл ормандарының табиғи таралу аймағын қысқартып, олардың фрагментациясына алып келеді. Мұндай үрдістер биоалуантүрліліктің төмендеуіне, топырақтың деградациясына және шөлейттену процестерінің күшеюіне себеп болады.

Жалпы алғанда, алынған нәтижелер Қызылорда облысындағы сексеуіл ормандарының дамуы қарама-қайшы сипатта екенін көрсетеді: бір жағынан, орман қорының жалпы ауданы артып отыр, ал екінші жағынан, орман экожүйелерінің сапалық жағдайы мен тұрақтылығы бірқатар қауіп-қатерлерге ұшырауда. Осыған байланысты, алдағы кезеңде орман шаруашылығын жүргізуде тек сандық көрсеткіштерге емес, орман жамылғысының сапасына, табиғи жаңару қабілетіне және экожүйелік қызметтеріне басымдық беру қажет.

Тиімді басқару үшін сексеуіл ормандарын қалпына келтірудің ғылыми негізделген тәсілдерін

енгізу, қашықтан зондтау деректерін тұрақты мониторинг жүйесіне интеграциялау, сондай-ақ антропогендік жүктемені реттеу бойынша нақты шаралар қабылдау маңызды. Сонымен қатар, жергілікті табиғи-климаттық жағдайларды ескере отырып, отырғызу технологияларын жетілдіру және сексеуілдің бейімделгіш формаларын пайдалану орманды қалпына келтірудің нәтижелілігін арттыруға мүмкіндік береді.

Қорытынды.

Зерттеу нәтижелерін қорытындылай отырып, сексеуіл ормандарының қазіргі жағдайы тек табиғи факторлардың ғана емес, сонымен қатар ұзақ уақыт бойы жинақталған антропогендік әсерлердің ықпалында қалыптасқан күрделі жүйе екені анықталды. Әсіресе, жайылымдық жүктеменің жоғары болуы, су ресурстарының тапшылығы және климаттың құрғақтану үрдісінің күшеюі сексеуіл экожүйелерінің табиғи қалпына келу мүмкіндігін айтарлықтай шектеп отыр. Бұл жағдай орман жамылғысының сиреуіне, ағаштардың физиологиялық әлсіреуіне және экожүйелік қызметтердің төмендеуіне алып келеді.

Жүргізілген зерттеу жұмыстары Жалағаш пен Сырдария орман және жануарлар дүниесін қорғау жөніндегі мемлекеттік мекемелерінің аумағындағы сексеуіл ормандарының қазіргі жағдайын кешенді түрде бағалауға мүмкіндік берді. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, аталған аумақтардағы орман жамылғысы кеңістіктік тұрғыдан біркелкі таралмаған, бұл табиғи-климаттық жағдайлармен қатар, антропогендік факторлардың әсерімен де тығыз байланысты. Әсіресе, сексеуіл ормандарының табиғи жаңару деңгейінің төмендігі және жекелеген учаскелерде деградациялық үрдістердің айқын байқалуы орман экожүйелерінің тұрақтылығына қауіп төндіретін негізгі мәселелердің бірі болып табылады. Далалық зерттеулер барысында алынған деректер сексеуіл ағаштарының жас құрылымының бұзылғанын, жас өскіндердің саны жеткіліксіз екенін және олардың тіршілікке қабілеттілігі төмен екенін көрсетті. Бұл жағдай топырақтың тұзденуы, ылғал тапшылығы, сондай-ақ мал жайылымының шамадан тыс жүктемесімен түсіндіріледі. Сонымен қатар, кейбір аумақтарда заңсыз ағаш кесу фактілері мен отын ретінде пайдалану жағдайлары да тіркелген, бұл өз кезегінде орман жамылғысының сиреуіне және экожүйелік қызметтердің әлсіреуіне әкеліп отыр. Жұмыс барысында алынған мәліметтер көрсеткендей, сексеуіл ормандарының кеңістіктік құрылымы мен өнімділігі аймақтың гидрологиялық және топырақтық жағдайларына тікелей тәуелді. Сырдария өзеніне жақын орналасқан аумақтарда өсімдік жамылғысының салыстырмалы түрде жақсы сақталуы су ресурстарының қолжетімділігімен түсіндіріледі. Ал Жалағаш ауданының қуаң аймақтарында өсімдіктердің сирек орналасуы мен төмен биомассасы климаттық факторлардың шектеуші рөлін айқындайды. Бұл айырмашылықтар сексеуіл ормандарын басқаруда аумақтық ерекшеліктерді ескеру қажеттігін көрсетеді.

Зерттеу барысында қашықтықтан зондтау деректерін пайдалану сексеуіл ормандарының қазіргі жағдайын бағалауда тиімді құрал екені дәлелденді. Ғарыштық суреттер негізінде орман алқаптарының динамикасын, олардың деградацияға ұшырау деңгейін және қалпына келу әлеуетін анықтауға мүмкіндік бар. Дегенмен, қашықтықтан алынған мәліметтерді далалық зерттеулермен ұштастыру қажеттілігі ерекше атап өтіледі, себебі тек кешенді тәсіл ғана орман экожүйелерінің нақты жағдайын толық сипаттай алады. Алдағы уақытта Қызылорда облысы аумағындағы сексеуіл ормандарының жағдайын тұрақты мониторингтеу үшін далалық зерттеулер мен қашықтықтан зондтау әдістерін интеграциялау ұсынылады. Бұл бағытта геоақпараттық жүйелерді (ГАЖ) кеңінен қолдану, көпжылдық спутниктік деректерді талдау және оларды жергілікті бақылау нәтижелерімен салыстыру маңызды. Осындай тәсілдер орман жамылғысының өзгерістерін уақытылы анықтауға және басқару шешімдерін ғылыми негізде қабылдауға мүмкіндік береді.

Сонымен қатар, цифрлық технологияларды қолдану орман ресурстарын бағалауда жаңа мүмкіндіктер ашатыны дәлелденді. NDVI сияқты вегетациялық индекстердің көмегімен өсімдік жамылғысының жағдайын жедел әрі дәл бағалауға болады. Бұл әдістер кең ауқымды аумақтарды қамтуға мүмкіндік беріп қана қоймай, уақыт бойынша өзгерістерді бақылауға және деградация ошақтарын ерте кезеңде анықтауға жағдай жасайды. Сондықтан болашақта орман мониторингінің тиімді жүйесін қалыптастыру үшін цифрлық әдістерді тұрақты түрде енгізу қажет. Сексеуіл ормандарының тұрақтылығын арттыру мақсатында антропогендік қысымды төмендету бойынша нақты шараларды жүзеге асыру қажет. Атап айтқанда, мал жайылымын реттеу, орман алқаптарында қорғау режимін күшейту, заңсыз ағаш кесуді болдырмау және жергілікті халық арасында экологиялық ағарту жұмыстарын жүргізу маңызды болып табылады. Табиғи жаңару процесін ынталандыру үшін топырақтың ылғалдылығын сақтау, тұзденуды төмендету және жас өскіндерді қорғау шаралары жүйелі түрде ұйымдастырылуы тиіс. Орман отырғы-

зу жұмыстары да ерекше назар аударуды талап етеді. Сексеуілдің жергілікті экологиялық жағдайларға бейімделген түрлерін пайдалану, отырғызу технологияларын жетілдіру және отырғызылған көшеттерге күтім жасау деңгейін арттыру орман алқаптарының қалпына келу тиімділігін арттырады. Бұл ретте ғылыми-зерттеу мекемелері мен орман шаруашылығы ұйымдарының өзара ынтымақтастығы маңызды рөл атқарады.

Қорытындылай келе, сексеуіл ормандарының тұрақты жағдайын қамтамасыз ету үшін кешенді басқару стратегиясын енгізу аса маңызды. Мұндай стратегия табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану, биологиялық әртүрлілікті сақтау, топырақ эрозиясы мен шөлдену үрдістерін төмендету шараларын қамтуы тиіс. Сонымен қатар, климаттың өзгеруі жағдайында сексеуіл ормандарының бейімделу қабілетін арттыру да өзекті мәселе болып табылады. Зерттеу нәтижелері негізінде сексеуіл ормандарын сақтау және қалпына келтіру бағытында кешенді шараларды жүзеге асырудың маңыздылығы айқындалды. Атап айтқанда, орман пайдалануды шектеу, қорғалатын аумақтарды кеңейту, экологиялық мониторингті күшейту және жергілікті халықты табиғатты қорғау шараларына тарту маңызды болып табылады. Сонымен қатар, ғылыми негізделген агротехникалық әдістерді қолдана отырып, жасанды орман отырғызу жұмыстарын жетілдіру қажет.

Далалық зерттеулер мен қашықтықтан зондтау деректерін біріктіре пайдалану сексеуіл ормандарының құрылымы мен динамикасын жан-жақты бағалауға мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде ғылыми негізделген басқару шешімдерін қабылдауға, орман экожүйелерін тиімді қорғауға және қалпына келтіруге жағдай жасайды. Ұсынылған шараларды жүйелі түрде жүзеге асыру Қызылорда облысының экологиялық тұрақтылығын нығайтып, жергілікті экожүйелердің қалпына келуін және ұзақ мерзімді экожүйелік қызметтердің сақталуын қамтамасыз етеді. Осылайша, сексеуіл ормандарының экологиялық тұрақтылығын қамтамасыз ету тек табиғатты қорғау шараларымен ғана емес, сонымен қатар ғылыми негізделген басқару, заманауи технологияларды енгізу және қоғамның экологиялық жауапкершілігін арттыру арқылы жүзеге асырылуы тиіс. Бұл бағыттағы жүйелі жұмыстар өңірдің экологиялық қауіпсіздігін қамтамасыз етіп қана қоймай, болашақ ұрпақ үшін табиғи ресурстарды сақтауға мүмкіндік береді.

REFERENCES

Akhmetov, R.S., Dosmanbetov, D., Rakhimzhanov, A., Mambetov, B., Utebekova, A., Rakymbekov, Z., Maisupova, B. & Yessimbek, B. (2023). Growth and development of the black saxaul depending on tillage in arid conditions of Kazakhstan // OnLine Journal of Biological Sciences. 23(3). 380–388. https://doi.org/10.3844/ojbsci.2023.380.388

Amirkhanov M.E., Zhakypbek Y., Tursbekov S.V. & Nurpeissova T.B. (2025). Comparative analysis of the state of desertification of the lands of West and East Kazakhstan // Engineering Journal of Satbayev University. https://doi.org/10.51301/ejsu.2025.i2.06

Bissenbayeva, S., Melisbek, S. & Baymukan, E. (2024). An overview of forest monitoring in Kazakhstan based on Earth observation // Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. 147(2). 135–149. https://doi.org/10.32523/2616-6771-2024-147-2-135-149

Jiang, L., Bao, A., Jiapaer, G., Guo, H., Zheng, G., Gafforov, K., Kurban, A., & De Maeyer, P. (2019). Monitoring land sensitivity to desertification in Central Asia // Science of the Total Environment. 658. 669–683. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.12.152

Kusainova, M.D., Matsui, K., Watanabe, T. & Funakawa, S. (2023). Vliyanie svoystv pochv na rost iskusstvenno posazhennykh kustarnikovykh derev'yev chernogo saksaula (Haloxylon aphyllum) [The influence of soil properties on the growth of artificially planted black saxaul shrub trees] // Izdenister, natizheler – Issledovaniya, rezul'taty. https://doi.org/10.37884/1-2023/08 [in Russ.].

Li, S.-L., Werger, M.J.A., Zuidema, P.A., Yu, F.-H., & Dong, M. (2010). Seedling dynamics across dune fixation stages in desert steppe. Trees. 24(3). 515–521. https://doi.org/10.1007/s00468-010-0422-0

Land desertification and its influencing factors in Kazakhstan. (2020). Journal of Arid Environments. 180. Article 104203. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104203

Omirzak, N.Sh., Maisupova, B.Zh., Boranbay, Zh.T., Shaldybayeva, A.N., Yesmurzayeva, A.K., & Aitlesov, K.K. (2025). Kyzylorda oblysy aumagyndagy sekseuil ormandarynyn zhagdaiyn salystyrmaly bakylau [Comparative monitoring of the condition of saxaul forests in Kyzylorda region] Nauka i obrazovanie. https://doi.org/10.52578/2305-9397-2025-4-3-92-102 [in Kaz.].

Salmukhanbetova Z.K., Imanalinova A.A., Dimeyeva L.A. & Zverev N.E. (2021). State of saxaul plantations in Kazakhstan's section of the Aral Sea area // Central Asian Journal of Water Research. 7(1). 128–157. https://doi.org/10.29258/CAJWR/2020-R1.v7-1/128-157.eng

Tureniyazova, A.I., & Berdimbetov, T.T. (2024). Using GIS and remote sensing in the study of the influence of drought on changes in forest cover around the Aral Sea // Modern Science and Research. https://doi.org/10.5281/zenodo.15267813

Shamsutdinova, E.Z. (2019). The environmental forming and productional functions of Haloxylon aphyllum in the Karnabchul desert // Russian Agricultural Sciences. 2. 34–38. https://doi.org/10.31857/S2500-26272019234-38

Shamsutdinov Z.Sh., et al. (2018). The water regime of black saxaul in various environmental conditions of the Central Asian desert // Russian Journal of Ecology. 49(6). 475–483. https://doi.org/10.1134/S1067413618060115

Shamsutdinova, E., & Shamsutdinov, Z. (2022). Biological features and forage performance of black saxaul in the Central Asian desert. BIO Web of Conferences, 43, Article 01023. https://doi.org/10.1051/bioconf/20224301023

Yang, X., Wang, N., Chan, A., He, J., & Hua, T. (2025). Dynamic monitoring of ecological environmental quality in arid and semi-arid regions using remote sensing. Remote Sensing. 17(11). Article 1825. https://doi.org/10.3390/rs17111825

Zonn, I.S. & Kostianoy, A.G. (2014). The Aral Sea Encyclopedia. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02356-9

Өмірзақ Нұртөре Шлауынбекұлы – далалық деректерді жинау, эксперименттік жұмыстарды ұйымдастыру және жүргізу, мәтінді жазу және редакциялау.

Утебекова Айнур Дуйсенбековна – зерттеу тұжырымдамасын әзірлеу, зерттеу ресурстарын қамтамасыз ету.

Майсупова Бағила Жылысбайқызы – ғылыми жетекшілік ету, тәжірибелік жұмыстарды орындау, далалық деректерді талдау, алынған нәтижелерді ғылыми тұрғыдан сипаттау.

Казангапова Нургуль Буркитбаевна – бастапқы деректерді жинау және жүйелеу, зерттеу материалдарын өңдеу.

Ли Киань – зерттеу тұжырымдамасын әзірлеу, нәтижелерді талдау.

AGRICULTURE MECHANIZATION AND ELECTRIFICATION
АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН МЕХАНИКАЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРЛЕНДІРУ
МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 203–213
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/17
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 50.43.19

K. Kalym[1]*, A.D. Berdimurat[2], Sh.T. Duissenova[2], B.D. Amirkulov[2]
[1]Kazakh National Agrarian Research University NJSC, Almaty, Kazakhstan;
[2]Gumarbek Daukeyev Almaty University of Power Engineering and Telecommunications NJSC, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: abdirahim_334@mail.ru

DEVELOPMENT OF A MICROPROCESSOR SYSTEM FOR REGULATING THE PERFORMANCE OF A SMALL FEED PREPARATION UNIT

Kabdyrakhim Kalym, PhD, Kazakh National Agrarian Research University NJSC, 8 Abay Avenue, Almaty, 050021, Kazakhstan
E-mail: abdirahim_334@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-7465-8548;
Ainur Dastanovna Berdimurat, PhD, Associate Professor, Department of Electric Power Systems, Gumarbek Daukeyev Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, 126/1 Baitursynuly Street, Almaty, 050013, Kazakhstan.
E-mail: a.berdimurat@aues.kz, https://orcid.org/0009-0001-6425-8778;
Sholpan Turanovna Duissenova, PhD, Senior Lecturer, Department of Electric Power Networks, Gumarbek Daukeyev Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, 126/1 Baitursynuly Street, Almaty, 050013, Kazakhstan
E-mail: sh.duisenova@aues.kz, https://orcid.org/0000-0003-0820-7586;
Bekzat Dabyralievich Amirkulov, Senior Lecturer, Department of Electric Power Systems, Gumarbek Daukeyev Almaty University of Power Engineering and Telecommunications, 126/1 Baitursynuly Street, Almaty, 050013, Kazakhstan
E-mail: b.amirkulov@aues.kz, https://orcid.org/0009-0009-0058-8506.

Annotation. *Introduction.* Improving the efficiency of small-sized feed preparation units is an urgent task of mechanization of agricultural production. Uneven feed supply leads to fluctuations in the load of the electric motor of the crusher, increased energy consumption, reduced productivity and deterioration in the quality of crushing. In this regard, it is of practical interest to automate the control of the loading of the unit, taking into account the current operating mode of its electric drive. *Materials and methods.* A microprocessor-based system for automatic control of the performance of a small-sized feed preparation unit has been developed. The feed supply is regulated by a standard flap equipped with an individual electric drive. The current of the electric motor of the crusher drive is used as a controlled parameter, which characterizes the degree of its loading. The functional scheme of the automatic system has been developed, the parameters of the control process necessary for the formation of the control algorithm have been determined. The efficiency of the proposed solution was evaluated through laboratory studies and comparative production tests of the crusher with manual and automatic control of the material supply. *Results and discussion.* The results of laboratory tests confirmed the operability of the developed microprocessor system and the possibility of automatically changing the position of the damper depending on the current of the electric motor of the crusher. Comparative production tests have shown that automatic control ensures a more uniform loading of the crusher compared to manual control. The use of the system helps to improve the energy performance of the feed preparation unit, increase its productivity and ensure a more stable crushing quality. *Conclusions.* The

developed microprocessor system allows you to adjust the performance of a small-sized feed preparation unit based on the current value of the electric motor current of the crusher. Automatic control of the feed material flow reduces the uneven loading of equipment, improves energy performance and increases the efficiency of the technological process. The proposed system can be used to modernize small-sized feed preparation units used in farms.

Keywords: small-sized feed preparation unit, microprocessor system, automatic regulation, productivity, electric drive, crusher loading, electric motor current, functional circuit, energy efficiency, experimental research

For citation: Kalym K., Berdimurat A.D., Duissenova Sh.T., Amirkulov B.D. (2026). Development of a microprocessor system for regulating the performance of a small–sized feed preparation unit // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 203–213. https://doi.org/10.37884/5-2026/17 [In Kaz.].

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgements. *The research work was carried out at the Kazakh National Agrarian Research University. The authors express their gratitude for the methodological and technical support during the research.*

К. Калым[1]*, А.Д. Бердімурат[2], Ш.Т. Дуйсенова[2], Б.Д.Амиркулов[2]

[1]Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті КЕАҚ, Алматы, Қазақстан;

[2]Ғұмарбек Дәукеев атындағы алматы энергетика және байланыс университеті КЕАҚ, Алматы, Қазақстан.

E-mail: abdirahim_334@mail.ru

ШАҒЫН КӨЛЕМДІ ЖЕМ ДАЙЫНДАУ АГРЕГАТЫНЫҢ ӨНІМДІЛІГІН РЕТТЕУДІҢ МИКРОПРОЦЕССОРЛЫҚ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Қалым Қабдырахим, PhD, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, 050021, Қазақстан, Алматы, Абай даңғылы, 8
E-mail: abdirahim_334@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-7465-8548;
Бердімурат Айнур Дастановна, PhD, «Электр энергетикалық жүйелері» кафедрасының қауым. профессоры, Ғ. Дәукеев атындағы АЭжБУ, 050013, Алматы, Байтұрсынов к-сі, 126/1
E-mail: a.berdimurat@aues.kz, https://orcid.org/ 0009-0001-6425-8778;
Дуйсенова Шолпан Турановна, PhD, «Электр энергетикалық жүйелер» кафедрасының аға оқытушысы, Ғ. Дәукеев атындағы АЭжБУ, 050013, Алматы, Байтұрсынов к-сі, 126/1
E-mail: sh.duisenova@aues.kz, https://orcid.org/ 0000-0003-0820-7586;
Амиркулов Бекзат Дабыралиевич, «Электр энергетикалық жүйелер» кафедрасының аға оқытушысы, Ғ. Дәукеев атындағы АЭжБУ, 050013, Алматы, Байтұрсынов к-сі, 126/1.
E-mail:b.amirkulov@aues.kz, https://orcid.org/0009-0009-0058-8506.

Аннотация. *Кіріспе.* Шағын көлемді жем дайындау агрегаттарының жұмыс тиімділігін арттыру ауыл шаруашылығы өндірісін механикаландырудың өзекті міндеті болып табылады. Азықтық материалдың біркелкі берілмеуі ұсатқыштың электр қозғалтқышының жүктемесінің ауытқуына, энергияны тұтынудың жоғарылауына, өнімділіктің төмендеуіне және ұнтақтау сапасының нашарлауына әкеледі. Осыған байланысты оның электр жетегінің ағымдағы жұмыс режимін ескере отырып, қондырғының жүктемесін реттеуді автоматтандыру практикалық қызығушылық тудырады. *Материалдар мен әдістер.* Шағын көлемді жем дайындау агрегатының өнімділігін автоматты реттеудің микропроцессорлық жүйесі әзірленді. Жемшөп материалын беру жеке электр жетегімен жабдықталған типтік жапқышпен реттеледі. Бақыланатын параметр ретінде оның жүктелу дәрежесін сипаттайтын ұсатқыш жетегінің электр қозғалтқышының тогы қолданылады. Автоматты жүйенің функционалдық схема жасалды, басқару алгоритмін қалыптастыру үшін қажетті реттеу процесінің көрсеткіштері анықталды. Ұсынылған шешімнің өнімділігі зертханалық зерттеулер мен материалды қолмен және автоматты түрде реттеуде ұсатқыштың салыстырмалы өндірістік сынақтары арқылы бағаланды. *Нәтижелер және талқылау.* Зертханалық зерттеулердің нәтижелері әзірленген микропроцессорлық жүйенің жұмыс қабілеттілігін және ұсатқыштың электр қозғалтқышының тогына байланысты демпфердің орнын авто-

матты түрде өзгерту мүмкіндігін растады. Салыстырмалы өндірістік сынақтар автоматты реттеу қолмен басқарумен салыстырғанда ұсатқыштың біркелкі жүктелуін қамтамасыз ететінін көрсетті. Жүйені қолдану жем дайындау агрегатының энергетикалық көрсеткіштерін жақсартуға, оның өнімділігін арттыруға және ұсақтаудың тұрақты сапасын қамтамасыз етуге ықпал етеді. *Қорытындылар.* Әзірленген микропроцессорлық жүйе ұсатқыштың электр қозғалтқышының ағымдағы мәні негізінде шағын көлемді жем дайындау қондырғысының өнімділігін реттеуге мүмкіндік береді. Жемшөп материалының ағынын автоматты басқару жабдықтың біркелкі жүктемесін азайтады, энергия көрсеткіштерін жақсартады және технологиялық процестің тиімділігін арттырады. Ұсынылған жүйе фермерлік шаруашылықтарда қолданылатын шағын көлемді жем дайындау агрегаттарын жаңғырту үшін пайдаланылуы мүмкін.

Түйінді сөздер: шағын көлемді жем дайындау қондырғысы, микропроцессорлық жүйе, автоматты реттеу, өнімділік, электр жетегі, ұсатқыштың жүктемесі, электр қозғалтқышының тогы, функционалды схема, энергия тиімділігі, эксперименттік зерттеулер

Дәйексөз үшін: Калым К., Бердімурат А.Д., Дуйсенова Ш.Т., Амиркулов Б.Д. (2026). Шағын көлемді жем дайындау агрегатының өнімділігін реттеудің микропроцессорлық жүйесін әзірлеу // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 203–213. https://doi.org/10.37884/5-2026/17 [In Kaz.].

Мүдделер қақтығысы: авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

Алғыс. *Зерттеу жұмысы Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университетінде орындалды. Авторлар зерттеу жүргізу кезінде әдістемелік және техникалық қолдау көрсеткені үшін алғыс білдіреді.*

К. Калым[1]*, А.Д. Бердімурат[2], Ш.Т. Дуйсенова[2], Б.Д. Амиркулов[2]

[1]НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Алматы, Казахстан;
[2]Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева НАО, Алматы, Казахстан.
E-mail: abdirahim_334@mail.ru

РАЗРАБОТКА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ МАЛОГАБАРИТНОГО КОРМОПРИГОТОВИТЕЛЬНОГО АГРЕГАТА

Калым Кабдырахим, PhD, НАО «Казахский национальный аграрный исследовательский университет», Казахстан, 050021,Алматы, проспект Абая, 8
E-mail: abdirahim_334@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-7465-8548;
Бердімурат Айнур Дастановна, PhD, ассоц. профессор кафедры «Электроэнергетические системы», АУЭС имени Г. Даукеева. Казахстан, 050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126/1
E-mail: a.berdimurat@aues.kz, https://orcid.org/ 0009-0001-6425-8778;
Дуйсенова Шолпан Турановна, PhD, старший преподаватель кафедры «Электроэнергетические сети», АУЭС имени Г. Даукеева. Казахстан, 050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126/1
E-mail:sh.duisenova@aues.kz, https://orcid.org/ 0000-0003-0820-7586;
Амиркулов Бекзат Дабыралиевич, старший преподаватель кафедры «Электроэнергетические системы», АУЭС имени Г. Даукеева. Казахстан, 050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126/1
E-mail:b.amirkulov@aues.kz, https://orcid.org/0009-0009-0058-8506.

Аннотация. *Введение.* Повышение эффективности работы малогабаритных кормоприготовительных агрегатов является актуальной задачей механизации сельскохозяйственного производства. Неравномерная подача кормового материала приводит к колебаниям нагрузки электродвигателя дробилки, увеличению энергопотребления, снижению производительности и ухудшению качества измельчения. В связи с этим практический интерес представляет автоматизация регулирования загрузки агрегата с учетом текущего режима работы его электропривода. *Материалы и методы.* Разработана микропроцессорная система автоматического регулирования производительности малогабаритного кормоприготовительного агрегата. Подача кормового материала регулируется типовой заслонкой, оснащенной индивидуальным электроприводом. В качестве контролируемого параметра используется ток электродвигателя привода дробилки, характеризующий степень ее загрузки. Разработана функциональная схема автоматической системы, определены показатели процесса регулирования, необ-

ходимые для формирования алгоритма управления. Работоспособность предложенного решения оценивалась посредством лабораторных исследований и сравнительных производственных испытаний дробилки при ручном и автоматическом регулировании подачи материала. *Результаты и обсуждение.* Результаты лабораторных исследований подтвердили работоспособность разработанной микропроцессорной системы и возможность автоматического изменения положения заслонки в зависимости от тока электродвигателя дробилки. Сравнительные производственные испытания показали, что автоматическое регулирование обеспечивает более равномерную загрузку дробилки по сравнению с ручным управлением. Применение системы способствует улучшению энергетических показателей кормоприготовительного агрегата, повышению его производительности и обеспечению более стабильного качества дробления. *Выводы.* Разработанная микропроцессорная система позволяет регулировать производительность малогабаритного кормоприготовительного агрегата на основании текущего значения тока электродвигателя дробилки. Автоматическое управление потоком кормового материала снижает неравномерность загрузки оборудования, улучшает энергетические показатели и повышает эффективность технологического процесса. Предложенная система может быть использована для модернизации малогабаритных кормоприготовительных агрегатов, применяемых в фермерских хозяйствах.

Ключевые слова: малогабаритный кормоприготовительный агрегат, микропроцессорная система, автоматическое регулирование, производительность, электропривод, загрузка дробилки, ток электродвигателя, функциональная схема, энергетическая эффективность, экспериментальные исследования

Для цитирования: Калым К., Бердімурат А.Д., Дуйсенова Ш.Т., Амиркулов Б.Д. (2026). Разработка микропроцессорной системы регулирования производительности малогабаритного кормоприготовительного агрегата // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 203–213. https://doi.org/10.37884/5-2026/17 [In Kaz.].

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарность. *Исследовательская работа выполнена в Алматинском университете энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева. Авторы выражают благодарность коллективу кафедры за методическую и техническую поддержку при проведении исследования.*

Кіріспе.

Қазіргі уақытта Қазақстан Республикасында ірі қара малдың және басқа да ауыл шаруашылығы жануарларының 80% -дан астамы шағын шаруа және үй шаруашылықтарында болады. Шаруа қожалығының бұл түрі үшін шағын өлшемді азық дайындау қондырғылары, әмбебап ұсақтағыштар және жем ұсатқыштары әзірленді. Олар арзан, сенімді және нарықта сатылады. Оның негізінде зерттеу жүргізілген АКМ-5,5 шағын көлемді мал азығын дайындау қондырғысы сабақтар мен дәнді азықтардың барлық түрлерін, жүгері масақтарын ұсақтауға, сондай-ақ кесек және сүрлемнен немесе пішендемеден құрама жем және жем қоспаларын дайындауға арналған.

Құрылғыны оның жинағына кіретін құрылғыларды жай ғана ауыстыру және қозғалтқышты кері айналдыру арқылы әртүрлі операцияларды орындауға түрлендіруге болады. Астықты ұнтақтау кезінде машинаның кемшілігі оның өнімділігін клапанның көмегімен қолмен реттеу қажеттілігі болып табылады, ол астық материалдарының ағыны жұмыс элементіне түсетін саңылауды тарылтады немесе кеңейтеді. Қолмен басқару әдетте құрылғының аз немесе шамадан тыс жүктелуіне әкеледі. Сонымен қатар, бұл қондырғыларды пайдалану тәжірибесі көрсеткендей, электр жетегі жұмыс уақытының көп бөлігінде толық жүктелмеген күйде жұмыс істейді және керісінше, қозғалтқыштың шамадан тыс жүктелуінен электр жетегінің тоқтап қалу жағдайлары жиі кездеседі. Машинаның жұмысын тұрақты бақылау қажеттілігінен басқа, бұл энергия тиімділігінің және машинаның өнім сапасының төмендеуіне әкеледі.

Жұмыстың мақсаты машинаның жұмыс органына түсетін жем материалының ағынын өзгерту арқылы агрегаттың өнімділігін реттеуді қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін автоматты басқару жүйесін әзірлеу арқылы әмбебап шағын көлемді жем дайындау агрегатын пайдалану тиімділігін арттыру болып табылады.

Қондырғыға балғалы роторының жүктелуін реттейтін жапқыштың электр жетегін біріктіру арқылы мақсатқа қол жеткізіледі. Бұл жағдайда жүктеме балғамен ұсақтағыш қозғалтқышының тогы арқылы реттелетін болады.

Жұмыстың нәтижелері қарастырылып отырған шағын өлшемді жем дайындау қондырғысының техникалық деңгейі мен бәсекеге қабілеттілігін арттырады және басқа да осыған ұқсас жем дайындау

машиналары мен агрегаттарын жобалауда қолданылады.

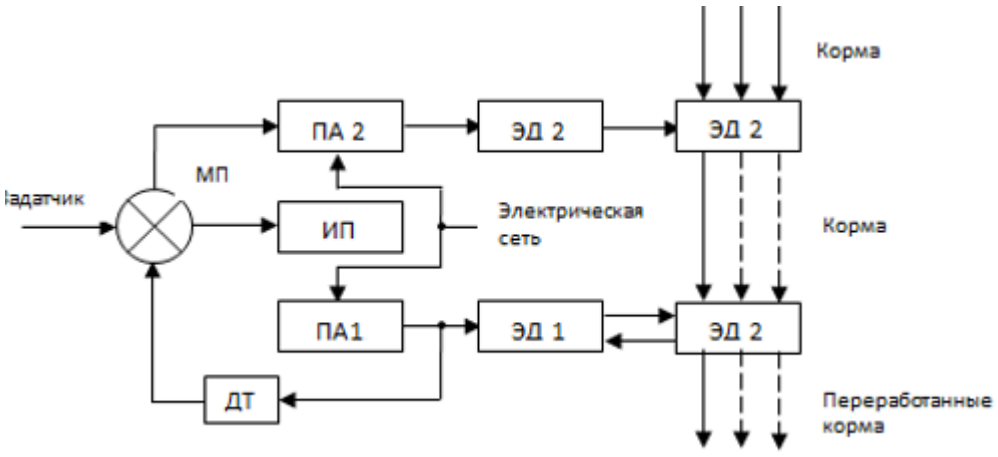
Материалдар мен әдістер.

Өнеркәсіптің әртүрлі салаларында қолданылатын ұсақтағыштар мен ұсатқыштардың өнімділігін арттыру үшін автоматты басқару жүйесін жасау бойынша жұмыстар бірқатар елдердің ғалымдары мен инженерлерімен жүргізілуде.

Мысалы, шағын ұн диірмені [Atta және т.б., 2013] және жемді басқару құрылғысы бар балғалы диірмен [Bearman & Briggs, 1998] белгілі. Ұсақтау процесінің тиімділігін арттыру бойынша жұмыс жүргізілді, олар процесс параметрлерін жылдам бақылауға мүмкіндік береді [Chai және т.б., 2011], ұсатқыштың жұмысын берілген заңға [Evertsson, 2000] сәйкес реттейді, уату процесін математикалық модельдеуде оқиғалар тізбегіне бөледі [Hulthén, 2008; Kawuyo және т.б., 2014; Koehnen & Mohley, 1969], бастапқы материалдың сипаттамаларын бақылау [Lee & Evertsson, 2008], ұнтақтағыштың динамикалық бақылауының уақытқа және уақытына тәуелді бақылауын ескере отырып. [Lee & Evertsson, 2009; Li & Yue, 2012] және ұсатқыш төсемінің тозуының динамикалық өтемін бақылайды [Lü және т.б., 2012].

Сондай-ақ, алдын ала өңделген материалдың кескінін берілген кескінмен салыстыру алгоритмі негізінде ірі көмір ұсатқышты басқарудың интеллектуалды жүйесі бар, ұнтақтағыштың ұнтақ камерасындағы қысымды өлшеуге арналған электронды датчигі бар автоматты жүйе әзірленді, цифрлық ақпаратты басқару компьютеріне тікелей жібереді, конусты уатқыштың тұрақтылығын және сипаттамаларын жақсарту әдісі белгілі конустық ұсатқыштарды онлайн оңтайландыру, ол сипаттамаларда бұрын белгісіз өзгерістермен жылдамдықты реттеу арқылы ұсатқыштардың жалпы өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді [Moshgbar және т.б., 1995; Niemczyk & Bendtsen, 2011; Williams, 2002; Zu және т.б., 1989].

Қойылған мақсатқа сәйкес және жоғарыда аталған жұмыстарды ескере отырып, автоматты басқару жүйесін әзірледік [Keshuov және т.б., 2016]. Басқару жүйесінің функционалдық схемасы 1-суретте көрсетілген. РО жұмыс органының АД1 асинхронды қозғалтқышының механикалық сипаттамасының жұмыс бөлігінде ток оның білігіндегі айналу моментінің шамасына, демек, қондырғының жұмыс органының жүктемесіне пропорционалды болады. Жүйеде кері байланысты жүзеге асыратын ДТ датчигі арқылы токтың мәні МП микропроцессорына беріледі, ол оны реттеу жүйесінің жұмыс алгоритміне сәйкес берілген ток мәндерімен салыстыра отырып, тиісті басқару сигналын ЗБ бункерінің ЭД2 клапанының ПА2 электр қозғалтқышының іске қосу құрылғысына жібереді. Нәтижесінде, соңғы ашылады немесе жабылады, бункерден жұмыс элементіне беріліс ағынын реттейді және сәйкесінше ЭД1 қозғалтқышының тогын өзгертеді. ПА1 іске қосу жабдығы ЭД1 қозғалтқышын басқару үшін пайдаланылады, индикаторлық құрылғы IP қозғалтқыш тоғының ағымдағы мәнін және қондырғының жұмыс режимдерін көрсетеді.



Сур. 1. Басқару жүйесінің функционалдық сұлбасы

МК – микроконтроллер; ИП – индикатор құралы; ДТ – ток датчигі; ПА1, ПА2 – іске қосу аппаратурасы; ЭД1 – жұмыс органының электр қозғалтқышы; ЭД2 – клапанның электр қозғалтқышы; РО – жұмыс органы; ЗБ – бункер клапаны.

[Fig. 1. Functional scheme of the control system]

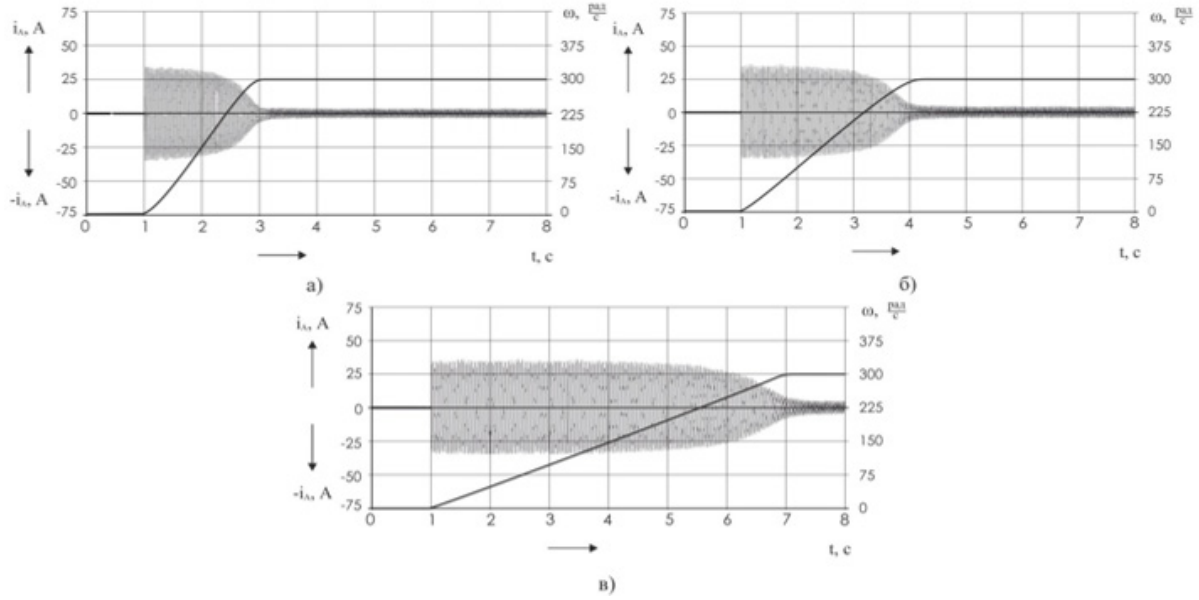
Автоматика жүйесін жасау кезінде ұсатқыштың қозғалтқышын іске қосу уақытын ескеру қажет. Біз әмбебап шағын көлемді жем дайындау агрегатының табиғи үлгісінде ұнтақтағыштың бос барабаны

және барабанда 2 және 4 кг астық (арпа) қалдығы болған кезде қозғалтқыштың тогы мен жылдамдығының бастапқы диаграммаларын алдық (2 сурет). Жазбалар DSO 3064 осциллографының, шунттың және ТЧ-10Р тахогенераторының көмегімен жүргізілді.

Ұсатқыш барабан бос кезде электр қозғалтқышы тек жұмыс элементінің бос тұру кедергісі моменті арқылы жүктеледі. Осциллограммалардан бұл режимде ұсатқыш жетек қозғалтқышының іске қосу уақыты $t_п$ = 2,0 с екенін көруге болады.

Егер барабанда астық қалдықтары болса, сенімді іске қосу да орын алады. Бұл ретте, бункерде 2 кг арпа қалғанда $t_п$ = 3,1 с, бункерде 4 кг арпа қалғанда $t_п$ = 6,0 с.

Басқару жүйесін әзірлеу кезінде минималды I_{min} және максималды I_{max} рұқсат етілген токтардың мәндерімен анықталатын ағымдағы басқару диапазонының мәнін таңдау маңызды. Тар диапазонмен басқару жүйесі жүктемедегі шамалы қысқа мерзімді өзгерістерге әрекет ете алады; кең ауқымды, аз жүктелген режимде ұзақ мерзімді жұмыс істеуге болады. Бұл ретте ең аз рұқсат етілген ток I_{min} шамасы машина өнімділігінің төмендеуімен және электр қозғалтқышының энергетикалық өнімділігімен шектеледі, ал ең үлкен I_{max} – электр қозғалтқышының орамдарын қыздырумен шектеледі.



Сур. 2. Іске қосу кезіндегі ток пен қозғалтқыш жылдамдығының лездік мәндерінің осциллограммалары
а) бос ұсатқыш барабанмен; б) барабанда 2 кг арпа қалдығы болса; в) барабанда 4 кг арпа қалдығы болса
[Fig. 2. Oscillograms of the instantaneous values of the current and engine speed at start-up]

Қозғалтқыштың энергия тиімділігі негізінен қозғалтқыштың тиімділік коэффициентінің (ПӘК) η оның жүктеме коэффициентіне $к_з = P_2/P_{2н}$ тәуелділігімен анықталады, мұндағы P_2 және $P_{2н}$ сәйкесінше қозғалтқыш білігіндегі ток және номиналды қуат. $к_з$ = 0,875 жүктеме коэффициентінде ұсақтағыш асинхронды қозғалтқышының ПӘК ең жоғары мәніне η = 0,88 жетеді. I_{min} мәні осы жүктеу коэффициентінің мәніне сәйкес келген жөн. Қыздыру шарттары бойынша I_{max} тогы тиісті $к_з$=1 қозғалтқышының номиналды тогынан аспауы керек, сондықтан следовательно болады.

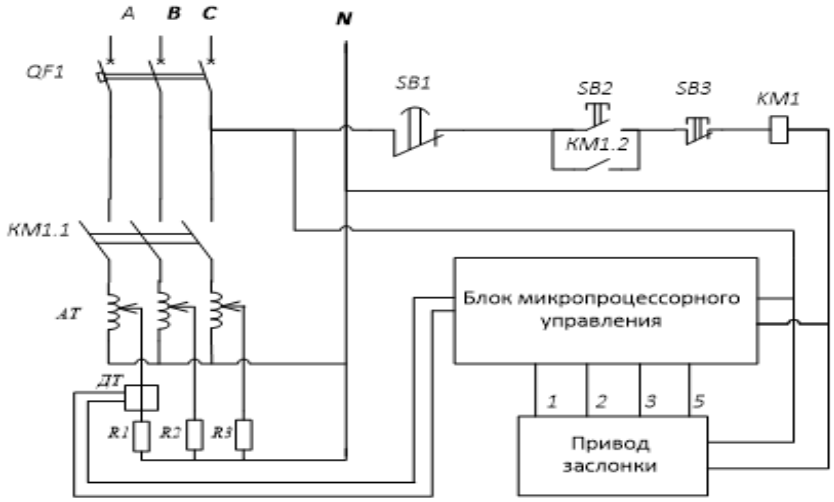
Осылайша I_{min} =20,8 А және I_{max} =23,65 А.Табылған токтардың орташа арифметикалық мәні I_p=22,1 А жұмыс тогының мәніне тең болады.

Басқару жүйесінің қысқа мерзімді жүктеме асқынуларына реакциясын жою үшін басқару жүйесінің бағдарламасы бір секунд ішінде ток амплитудасының орташа мәнін есептеуді және осы мәнді бағдарламаның келесі қадамдарында пайдалануды қарастырады.

Автоматты басқару жүйесінде ATmega2560 микроконтроллерінде құрастырылған Arduino Mega МК контроллері, LCD-LCD12864 дисплейі бар сәйкес блокпен, LC1 D4011 релесі, 100A SCT013 дейінгі трансформатор түріндегі ток датчигі және BELIMO SM 230 бұрылу бұрышы датчигі орнатылған ASR- дампер жетегі бар.

Ұсынылған басқару әдісін енгізудің орындылығын тексеру үшін алгоритм және басқару бағдар-

ламасы, жүйенің прототипі, оны сынау үшін сынақ стенді әзірленді, сынақтар жүргізілді. Стендтің негізгі электр тізбегі 3 суретте көрсетілген.



Сур. 3. Зертханалық стендтің электрлік сұлбасы

[Fig. 3. Electrical diagram of the laboratory stand]

Ұсатқыш қозғалтқышының тоғының өзгеруі R1-R3 активті жүктемесі қосылған үш фазалы АТ автотрансформаторының көмегімен модельденеді. Фазалық жүктеме тогы мен амортизатордың айналу бұрышы DSO 3064 осциллографы арқылы жазылды.

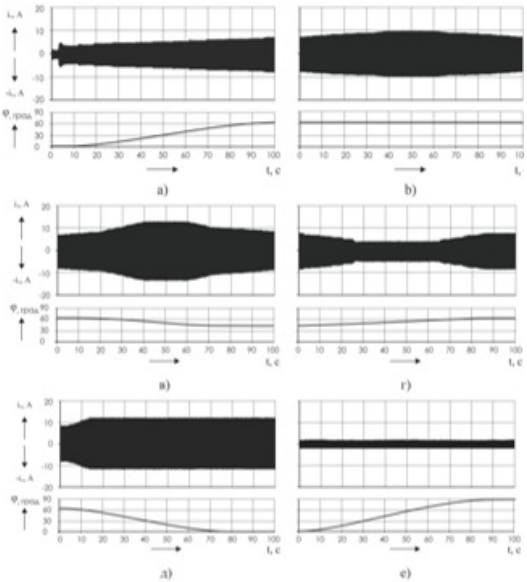
Зертханалық сынақтар үшін бағдарламаға келесі тиімді ток мәндері енгізілген: $I_{min} = 4$ А, $I_{max} = 10$ А, $I_p = 7$ А.

Тәжірибелердің нәтижелері 4 суретте көрсетілген.

Бастапқы позицияда қақпа клапаны жабық. Ток күшейген сайын клапан бірте-бірте ашылады және ток жұмыс мәніне жеткенде $I_p = 7$ А, ол 63°-қа дейін ашылып, тоқтайды (4а сурет). Әрі қарай, ағымдағы мән $I_{min} = 4$ А -дан $I_{max} = 10$ А-ға дейінгі диапазонда өзгерген кезде, клапан тұрақты болып қалады және өз орнын сақтайды (5б сурет). Ағымдағы мән I_{min} =4 А-дан аз болғанда, клапан ашыла бастайды және ток I_p=7А дейін өскенде, ол 70°-та ашылуын тоқтатады (4г сурет).

I_{max}=10 А-дан асатын тұрақты ток мәні кезінде клапан бастапқы күйіне қарамастан толығымен жабылады (4г-сурет) және I_{min} =4 А -дан төмен тұрақты ток мәнінде клапан толығымен ашылады (4е-сурет).

Бұл эксперимент берілген алгоритмге сәйкес реттеу жүйесінің орналасу үлгісінің өнімділігін растады.

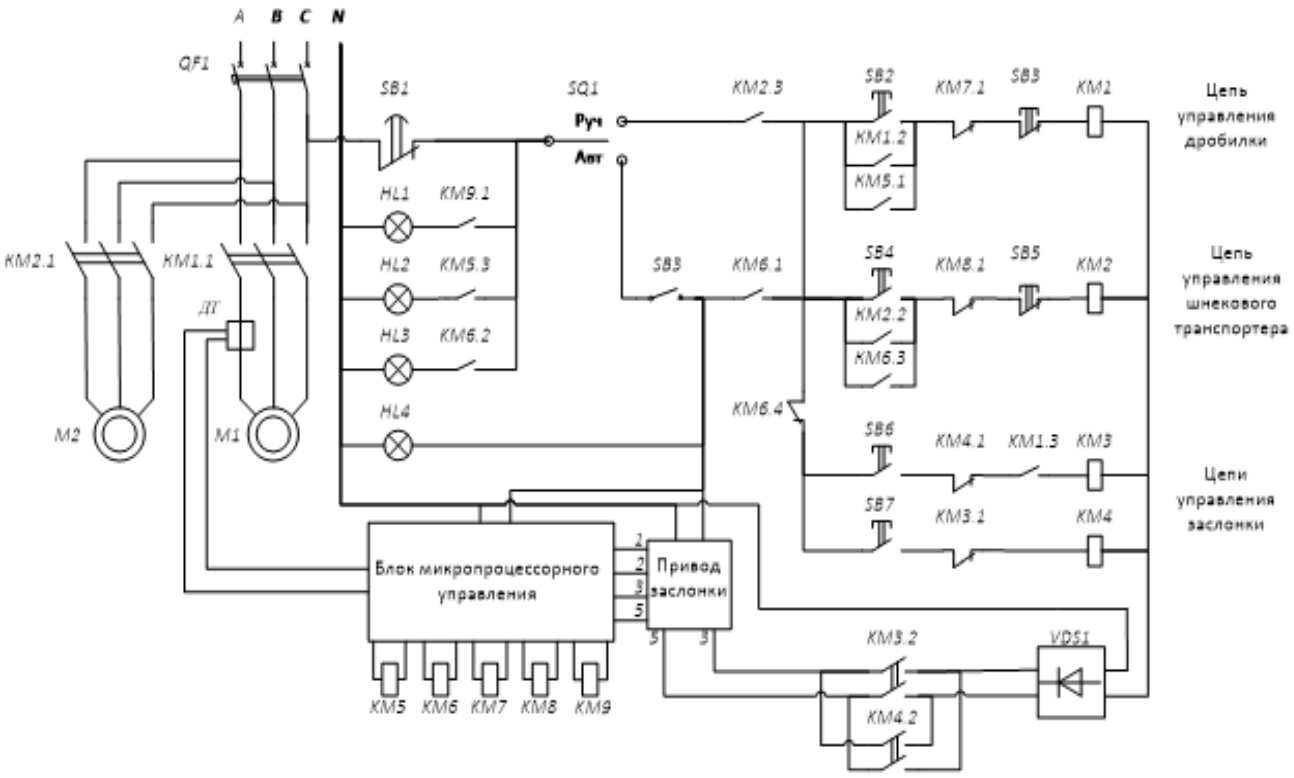


Сур. 4. Қозғалтқыш тогы мен клапан күйінің лездік мәндерінің осциллограммалары

[Fig. 4. Oscillograms of instantaneous values of motor current and Valve state]

Әрі қарай өнімділікті автоматты басқару жүйесі бар қондырғының тәжірибелік үлгісінің өндірістік сынақтарын жүргіздік.

Ұсақтау процесін қолмен және автоматты басқару мүмкіндігін ескере отырып, машинаның электржетегі қосылымдарының негізгі электрлік сұлбасы құрастырылды (5 сурет).



Сур. 5. Ұсатқыштың электржетектерінің қосылыстарының принципиалды сұлбасы

[Fig. 5. Basic diagram of the joints of the electric drive of the crusher]

Тәжірибелер кезінде негізгі ұсатқыш қозғалтқыштың жүктеме диаграммалары *I=f(t)* тиімді ток мәніне және бірдей жұмыс жағдайында өнімділікті қолмен және автоматты түрде басқаратын бір қозғалтқыштың қуат тұтынуына негізделген. Сипаттамаларды өлшеу үшін PQA 824 қуат сапасы анализаторы пайдаланылды.

Эксперименттік зерттеулердің нәтижелері.

Тәжірибе нәтижелері 6 және 7 суреттерде көрсетілген. 7-суретте келтірілген жүктеме диаграммаларының фрагменттері 0 - 0,06 сағат аралығындағы белгіленген режимге және одан әрі белгіленген режим кезеңінің бір бөлігіне ауыса отырып, жапқышты ашу процесін қамтиды.

Реттеу сапасын бағалау үшін m_I, математикалық күтуі, D_i дисперсиясы және қозғалтқыштың жүктеме диаграммаларының σ_i орташа квадраттық ауытқуы келесі жеңілдетілген формулалар бойынша кездейсоқ функциялар ретінде анықталды

$$m_I = \frac{\sum_{i=1}^{n} I_i}{n},\ D_I = \frac{\sum_{i=1}^{n} (I_i - m_I)^2}{n-1},\ \sigma_I = \sqrt{D_I}, \quad (1), (2), (3)$$

мұнда $I_i - t_i$ уақытының ағымдағы мәні,

$n - I_i -$ мәндерінің саны.

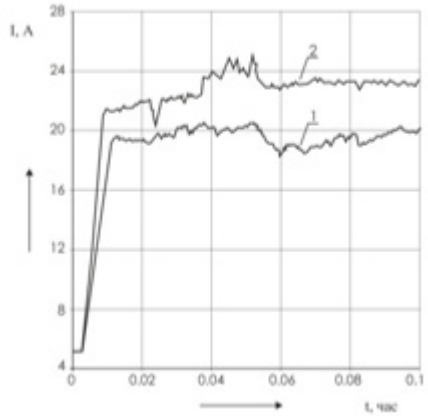
Есептеулер нәтижесінде келесі мәліметтер алынды. Ұсатқыш өнімділігін қолмен реттеу үшін

$m_I = 19{,}22$ A, $D_I = 0{,}012$ A^2, $\sigma_I = 0{,}12$ A,

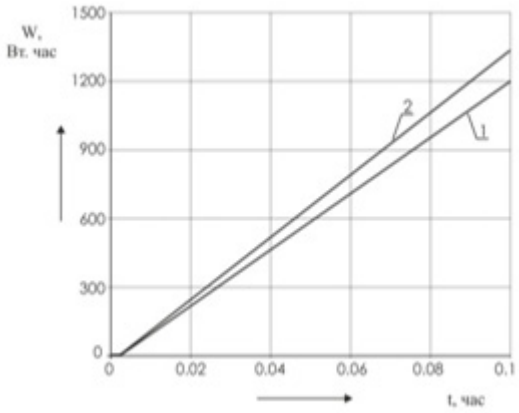
және автоматты реттеу үшін

$m_I = 23{,}17$ A, $D_I = 0{,}002$ A^2, $\sigma_I = 0{,}04$ A.

Көріп отырғанымыздай, автоматты басқару жүйесі ұсақтағыш қозғалтқышының жүктеме диаграммасын айтарлықтай тегістейді және токтың математикалық күту мәнін арттыруға көмектеседі.



Сур. 6. Қолмен (1) және автоматты (2) өнімділікті реттеу кезінде ұсатқыш қозғалтқышының *I = f(t)*жүктеме диаграммалары.
[Fig. 6. I = f (t) load diagrams of the crusher motor during manual (1) and automatic (2) performance adjustment]



Сур. 7. Қолмен (1) және автоматты (2) өнімділікті реттеу кезінде ұсатқыш қозғалтқышының электр энергиясын тұтыну кестесі.

[Fig. 7. Power consumption table of the crusher motor during manual (1) and automatic (2) performance adjustment]

Талқылау.

Сондай-ақ, 7-суреттен шаруа қожалығы жағдайында агрегат жұмысының технологиялық циклі-не сәйкес келетін ұсатқыштың 0,1 сағат ішінде өнімділікті автоматты реттеу кезінде ұсатқыштың не-гізгі қозғалтқышының электр энергиясын тұтынуы қолмен реттеумен салыстырғанда 200 Вт·сағатқа артатынын көруге болады.

Бұл көрсеткіштер автоматты түрде реттелген кезде ұсатқыш қозғалтқыштың жүктемесінің жоғарылауын көрсетеді.

Агрегаттың өнімділігі өңделген астықтың салмағын және ұсақтау уақытын тікелей өлшеу арқылы анықталды. Өндірістік сынақтар барысында барлығы 8 тонна астық өңделді. Сынақ нәтиже-лері бойынша астықты (арпаны) ұсақтау кезінде қондырғының өнімділігі қолмен басқару кезінде 4,1 т/сағ және автоматты басқару кезінде 4,5 т/сағ құрады. Осылайша, автоматты реттеу кезінде өнімділік 0,4 т/сағ артты.

Дайын өнімді ұнтақтау дәрежесі әртүрлі фракциялардың болуына бағалау арқылы өнімділікті қолмен және автоматты бақылаумен дәнді ұсақтау сапасын бағаладық. Зертханалық талдау үшін әртүр-лі бақылау жүйелерін пайдалана отырып, жем дайындау қондырғыларынан кездейсоқ түрде 10 кг жем сынамалары алынды. Талдау МЕМСТ 13496.8-72 бойынша жүргізілді. Дайын өнімнің сапасын талдау нәтижелері 1 кестеде келтірілген.

Кесте 1. Дайын өнімнің сапасын талдау нәтижелері

Реттеу түрі	Әр түрлі дәрежедегі фракциялардың үлесі, %		
	Ұсақ 1,8 мм-ге дейін	Орташа 1,8-2,5 мм	Ірі 2,5 мм жоғары
Қолмен реттеу	8	90	2
Автоматты реттеу	6	92,5	1,5

Кестеден көріп отырғанымыздай, өнімділікті автоматты түрде реттеу кезінде ұнтақтау сапасы қолмен реттеуге қарағанда біршама жоғарылайды, сондықтан орташа ұнтақтау фракцияларының болуы 2,5 % - ға, ұсақ (шаң тәрізді) фракциялар 2 % - ға, ал үлкендері де 0,5 % - ға аз. Бұл жануарлардың қоректік заттардың жақсы сіңуіне ықпал етеді және олардың өнімділігін арттырады.

Ұнтақтағыш өнімділігін автоматты түрде реттейтін дайын өнім сапасының жақсаруы дәнді ұсатудың оңтайлы режимін қамтамасыз ететін ұсатқышты тиеудің үлкен біркелкілігімен түсіндіріледі. Қолмен реттеу жүктеудің дұрыс біркелкілігін қамтамасыз етпейді. Жүктеме азайған кезде астықтың ұсақталуы шамадан тыс артады, ал керісінше, шамадан тыс жүктелгенде тым азаяды.

Қорытынды.

Орындалған теориялық және эксперименттік зерттеулер шағын көлемді жем дайындау агрегатының өнімділігін Автоматты реттеудің микропроцессорлық жүйесін қолданудың орындылығын растады. Әзірленген жүйе жеке электр жетегі бар қақпақшаның орнын өзгерту арқылы астық материалының ағынын басқаруды қамтамасыз етеді. Негізгі бақыланатын параметр ретінде ұнтақтағыштың электр қозғалтқышының тогы қолданылады, оның мәні жұмыс органының нақты жүктемесін көрсетеді. Бұл тәсіл материалдың берілуін уақтылы реттеуге және электр қозғалтқышының жүктемесін ұтымды диапазонда ұстауға мүмкіндік береді.

Зертханалық зерттеулердің нәтижелері әзірленген функционалдық схеманың және басқару алгоритмінің өнімділігін көрсетті. Жүйе ұнтақтағыштың жүктемесінің өзгеруіне автоматты түрде жауап берді, демпфердің ашылу дәрежесін және астықтың берілу қарқындылығын реттеді. Өтпелі кезеңнен кейін қолмен реттеуге қарағанда электр қозғалтқышының тогының аз ауытқуымен сипатталатын тұрақты жұмыс режимі орнатылды. Бұл ұсынылған басқару әдісінің жеткілікті дәлдігі мен тұрақтылығын көрсетеді.

Жүктеме диаграммаларын сандық бағалау Автоматты реттеудің ұсатқыштың біркелкі жүктелуіне оң әсерін растады. Қолмен реттеу кезінде электр қозғалтқышының тогының математикалық күтуі 19,22 А, дисперсиясы 0,012 А2, ал орташа квадраттық ауытқуы 0,12 А болды. автоматты реттеу кезінде токтың математикалық күтуі 23,17 А дейін өсті, ал дисперсия 0,002 А2 дейін, ал орташа квадраттық ауытқу 0,04 А дейін төмендеді., а дисперсия - алты есе. Сонымен қатар, токтың орташа мәні 3,95 А-ға немесе шамамен 20,6 % - ға өсті, бұл электр қозғалтқышының қуатын неғұрлым толық және тұрақты пайдалануды көрсетеді.

Ұзақтығы 0,1 сағат болатын технологиялық цикл кезінде автоматты реттеу кезінде электр қозғалтқышының электр энергиясын тұтынуы қолмен басқаруға қарағанда 200 Вт·сағ жоғары болды. Бұл өсім ұнтақтағыштың жүктемесінің жоғарылауымен және бірдей уақыт аралығында көбірек астықты қайта өңдеумен байланысты. Сондықтан бұл көрсеткішті құрылғының өнімділігінің өзгеруімен бірге қарастыру қажет. Әрі қарайғы зерттеулерде жүйенің энергетикалық тиімділігін түпкілікті бағалау үшін қайта өңделген материалдың бір тоннасына электр энергиясының меншікті тұтынуын анықтаған жөн.

8 тонна арпа өңделген өндірістік сынақтар қолмен басқаруда ұсатқыштың өнімділігі 4,1 т/сағ, ал автоматты реттеуде 4,5 т/сағ болғанын көрсетті.осылайша, микропроцессорлық жүйені қолдану өнімділікті 0,4 т/сағ немесе шамамен 9,8% арттыруға мүмкіндік берді. Алынған нәтиже жеткіліксіз жүктеме кезеңдерінің қысқаруымен, материалды берудегі ауытқулардың төмендеуімен және ұсатқыштың тұрақты жұмыс режимін сақтаумен түсіндіріледі.

Автоматты реттеу дайын өнімнің сапасына да оң әсер етті. Қолмен басқару кезінде 1,8–2,5 мм орташа фракцияның үлесі 90 %, 1,8 мм — ге дейінгі ұсақ фракцияның үлесі 8 %, ал 2,5 мм-ден асатын ірі фракцияның үлесі 2 % құрады. Автоматты реттеу кезінде орташа фракцияның мөлшері 92,5 % - ға дейін өсті, ал ұсақ фракцияның үлесі 6 % -ға, ал үлкені 1,5 % - ға дейін төмендеді. Демек, технологиялық тұрғыдан қолайлы орта фракцияның мазмұны 2,5 пайыздық тармаққа өсті, ал қажетсіз ұсақ және ірі бөлшектердің саны сәйкесінше 2 және 0,5 пайыздық тармаққа азайды.

Гранулометриялық құрамның біртектілігін арттыру ұсатқыштың біркелкі жүктелуіне байланысты. Егер жеткіліксіз берілсе, астықтың шамадан тыс ұнтақталуы орын алады және шаң тәрізді бөлшектердің түзілуі артады. Шамадан тыс жүктеме кезінде, керісінше, үлкен, жеткіліксіз ұсақталған бөлшектердің саны артады. Автоматты басқару екі режимнің де пайда болу мүмкіндігін азайтады және тұрақты ұсақтау жағдайларын қамтамасыз етеді. Біртекті жемшөп өнімін алудың практикалық маңызы бар, өйткені ол оның технологиялық қасиеттерін жақсартуға және жануарлардың қоректік заттарды тиімді пайдалануына ықпал етеді.

Осылайша, әзірленген микропроцессорлық автоматты реттеу жүйесі электр қозғалтқышының

жүктемесін тұрақтандыруды, қондырғының өнімділігін арттыруды және Астықты ұнтақтау сапасын жақсартуды қамтамасыз етеді. Алынған нәтижелер фермерлік шаруашылықтарда пайдаланылатын шағын көлемді жем дайындау агрегаттарын жаңғырту үшін ұсынылған техникалық шешімді қолдану мүмкіндігін растайды. Әрі қарайғы зерттеулердің перспективалық бағыттары энергияның нақты шығындарын анықтау, әртүрлі дәнді дақылдар үшін басқару алгоритмінің параметрлерін оңтайландыру, ұзақ мерзімді пайдалану кезінде жүйенің сенімділігін бағалау және негізгі технологиялық параметрлерді қашықтықтан бақылау құралдарын әзірлеу болып табылады.

REFERENCES

Atta, K.T., Johansson, A. & Gustafsson, T. (2013). On-line optimization of cone crushers using extremum-seeking control. In 2013 IEEE International Conference on Control Applications (CCA). |Pp. 1054–1060. IEEE. https://doi.org/10.1109/CCA.2013.6662891

Bearman R.A. & Briggs C.A. (1998). The active use of crushers to control product requirements. Minerals Engineering. 11(9). 849–859.

Chai T., Zhai L. & Yue H. (2011). Multiple models and neural networks based decoupling control of ball mill coal-pulverizing systems // Journal of Process Control. 21(3). 351–366.

Evertsson C.M. (2000). Cone crusher performance [Doctoral dissertation, Chalmers University of Technology].

Hulthén E. (2008). Real time optimization of rock crushers [Licentiate thesis, Chalmers University of Technology].

Kawuyo, U.A., Chineke, M.N., Ahmad, A.B. & Amune, E.O. (2014). Grain milling machine. Paper I: Design and construction // Arid Zone Journal of Engineering, Technology and Environment. 10. 75–84.

Koehnen, E.A. & Mohley C.W. (1969). Hammermill and feed control device therefor. U.S. Patent No. 3. 436,028.

Keshuov S.A., Iliev M. & Tananova A.D. (2016). Mikroprocessornaya sistema regulirovaniya proizvoditel'nosti malogabaritnogo kormoprigotovitel'nogo agregata [Microprocessor-based capacity control system for a small-sized feed preparation unit]. In Sbornik dokladov IV Mezhdunarodnogo nauchnogo kongressa "Mashiny dlya sel'skogo hozyajstva — 2016. Proceedings of the IV International Scientific Congress "Agricultural Machinery. 2016. Pp. 55–60. — Varna, Bulgaria. [in Russ.].

Lee E. & Evertsson C.M. (2008). Yield and energy optimizations of compressive crushing. In Proceedings of the XXIV International Mineral Processing Congress. — Beijing, China.

Lee, E., & Evertsson, C. M. (2009). Optimized compressive crushing with respect to energy consumption, pressure and multiple product yield. In Proceedings of the European Symposium on Comminution and Classification 2009. Espoo, Finland.

Li, A. & Yue, F. (2012). Application of fuzzy Smith intelligent control in automatic control system of cone crusher. In Proceedings of the 24th Chinese Control and Decision Conference. IEEE. https://doi.org/10.1109/CCDC.2012.6244443

Lü, Y., Liu, Y. & Wang, B. (2012). Design project of regenerated coal rough-crusher intelligent control system based on image comparison. In Proceedings of the Second International Conference on Intelligent System Design and Engineering Application. Pp. 232–234. IEEE.

Moshgbar M., Bearman, R.A. & Parkin R. (1995). Optimum control of cone crushers utilizing an adaptive strategy for wear compensation. Minerals Engineering. 8(4–5). 367–376. https://doi.org/10.1016/0892-6875(95)00002-8

Niemczyk, P. & Bendtsen J.D. (2011). Improved coal grinding and fuel flow control in thermal power plants. IFAC Proceedings Volumes, 44(1). 7018–7023. https://doi.org/10.3182/20110828-6-IT-1002.02379

Williams, R.M. (2002). Control logic for use in controlling grinding mill systems. U.S. Patent No. 6. 467,707 B1.

Zu J., Zhang W. & Yuan C. (1989). The electronic crusher gauge. In Proceedings of the 6th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference (IMTC-89). IEEE.

Калым Кабдырахим – теоретический анализ, постоновка задач, разработка методологии исследования.
Бердімұрат Айнур Дастановна – моделирование, расчет, анализ результатов, контроль исследовании.
Дуйсенова Шолпан Турановна – подготовка введения, анализ литературы.
Амиркулов Бекзат Дабыралиеви – разработка методологии исследования.

RESEARCH, RESULTS – ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ
ISSN 2304-3334 (print)
Vol. 28. Is. 5. Number 113 (2026). Pp. 214–225
Journal homepage: https://journal.kaznaru.edu.kz
https://doi.org/10.37884/5-2026/18
IRSTI / ҒТАХР / МРНТИ / 65.09.03

N.A. Umbetaliev[1]*, M.S.Toilybayev[2], A. Bozzhiqit[1], Zh.T. Sydykbaev[1]
[1]Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan;
[2]Kazakh National Agrarian Research University, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: nuhtar.u@mail.ru

EXPERIMENTAL STUDY OF A DRYING PLANT FOR DRYING MELON RAW MATERIALS

Nukhtar Umbetaliev, Doctor of Technical Sciences, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, Almaty city, 100 Tole Bi Street
E-mail: nuhtar.u@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-6237-3943;
Meirambay Toilybayev, Candidate of Technical Sciences «Kazakh National Agrarian Research University», Republic of Kazakhstan, Almaty, Abay Avenue 8
Email: meiram_61@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-0064-6779;
Aikyn Bozzhiqit, Master's student, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, Almaty city, 100 Tole Bi Street
E-mail: bozzhigit04@mail.ru, https://orcid.org/0009-0009-3528-692X;
Zhenis Sydykbaev, Candidate of Technical Sciences, Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan, Almaty city, 100 Tole Bi Street
E-mail: zheniss1967@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-2378-2418.

Abstract. The article examines innovative approaches to the primary processing of melon and fruit-vegetable crops using a mobile solar drying unit. The main focus is on the development and implementation of an energy-efficient drying technology that ensures product quality preservation, minimizes crop losses and reduces production costs. The experimental part of the study investigates the influence of melon slice thickness (1 mm, 4 mm, and 7 mm) on the drying process including changes in mass, drying time and organoleptic properties. The experiment was conducted using the IK-1 drying equipment under laboratory conditions.The research results showed that slices with a thickness of 4 mm demonstrated the optimal balance between quality and drying time: they retained their natural color, aroma and structure while achieving uniform drying in the shortest time. Thinner slices (1 mm) lost their shape, negatively affecting their commercial appearance while thicker slices (7 mm) required significantly more time to complete the drying process. Thus a slice thickness of 4 mm was recognized as optimal for large-scale processing of melon crops.The article also discusses the structural features of the mobile solar drying unit, including the use of solar collectors, a drying chamber with four trays and a natural ventilation system. The unit operates solely on solar energy, eliminating fuel costs and reducing environmental impact. Economic analysis has shown that the developed technology helps reduce processing costs, making the product more accessible and attractive to farming enterprises.The proposed innovations are aimed at developing Kazakhstan's agro-industrial complex including farms and agricultural enterprises and enhancing the competitiveness of agricultural products in domestic and international markets. The introduction of the mobile solar drying unit will help reduce crop losses, increase farmers' incomes and contribute to the sustainable development of rural areas.

Keywords: Mobile dryer, melon crops, energy efficiency, innovations, primary processing, food drying, sustainable development

For citation: Umbetaliev N.A., Toilybayev M.S., Bozzhiqit A., Sydykbaev Zh.T. (2025). Experimental study of a drying plant for drying melon raw materials // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 214–225. https://doi.org/10.37884/5-2026/18 [In Russ.].

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Gratitude: *This research was conducted at the Department of Machinery and Apparatus for Production Processes at Almaty Technological University and the authors express their sincere gratitude to the department's staff for the opportunity and comprehensive support provided during the study.*

Н.А. Умбеталиев[1]*, М.С. Тойлыбаев[2], Бозжігіт[1], Ж.Т. Сыдықбаев[1]
[1]Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан;
[2]Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан.
E-mail: nuhtar.u@mail.ru

ҚАУЫН ШИКІЗАТЫН КЕПТІРУГЕ АРНАЛҒАН КЕПТІРУ ҚОНДЫРҒЫСЫН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ

Нұхтар Үмбеталиев, техника ғылымдарының докторы, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан, Алматы, Төле би көшесі, 100
E-mail: nuhtar.u@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-6237-3943;
Мейрамбай Тойлыбаев, техника ғылымдарының кандидаты, «Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті», Қазақстан, Алматы, Абай даңғылы, 8
E-mail: meiram_61@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-0064-6779;
Айқын Бозжігіт, магистрант, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан, Алматы, Төле би көшесі, 100
E-mail:bozzhigit04@mail.ru, https://orcid.org/0009-0009-3528-692X;
Жеңіс Сыдықбаев, техника ғылымдарының кандидаты, Алматы технологиялық университеті, Қазақстан, Алматы, Төле би көшесі, 100
E-mail: zheniss1967@gmail.com https://orcid.org/0000-0002-2378-2418.

Аннотация. Мақалада жылжымалы күн кептіру қондырғысын пайдалана отырып, бақша және жеміс-көкөніс дақылдарын бастапқы өңдеудің инновациялық тәсілдері қарастырылады. Негізгі назар өнім сапасын сақтауды, өнім шығынын азайтуды және өндіріс құнын төмендетуді қамтамасыз ететін энергия үнемдейтін кептіру технологиясын әзірлеуге және енгізуге бағытталған. Өнім массасының, кептіру уақытының және органолептикалық қасиеттерінің өзгеруін қоса, қауын кесектерінің қалыңдығының (1 мм, 4 мм және 7 мм) Кептіру процесіне әсерін зерттейтін жұмыстың эксперименттік бөлігі ұсынылған. Эксперимент зертханалық жағдайда ИК-1 кептіру қондырғысында жүргізілді. Зерттеу нәтижелері бойынша, қалыңдығы 4 мм кесектер сапа мен кептіру уақытының оңтайлы арақатынасын қамтамасыз етеді: олар табиғи түсін, хош иісін, құрылымын сақтап, аз уақыт ішінде біркелкі кебеді. Жіңішке бөліктер (1 мм) пішінін жоғалтты, бұл олардың тауарлық келбетіне теріс әсер етті, ал қалың бөліктер (7 мм) процесті аяқтау үшін айтарлықтай ұзақ уақытты қажет етті. Осылайша, тілімдердің 4 мм қалыңдығы бақша дақылдарын жаппай өңдеу үшін оңтайлы деп танылды. Мақалада сонымен қатар жылжымалы күн кептіру қондырғысының конструкциялық ерекшеліктері, соның ішінде күн коллекторларын, төрт науалы кептіру камерасын және табиғи желдету жүйелерін пайдалану қарастырылады. Жабдық тек күн энергиясымен жұмыс істейді, бұл жанармай шығынын болдырмайды және қоршаған ортаға теріс әсерді азайтады. Экономикалық бағалау көрсеткендей, әзірленген технология фермалар үшін өнімнің қол- жетімділігі мен тартымдылығын арттыра отырып, қайта өңдеу шығындарын азайтуға мүмкіндік береді. Ұсынылған инновациялар шаруа (фермер) қожалықтарын қоса алғанда, Қазақстанның агроөнеркәсіптік кешенін дамытуға бағытталған, ішкі және сыртқы нарықтарда ауыл шаруашылығы өнімдерінің бәсекеге қабілеттілігін арттыруға ықпал етеді. Жылжымалы күн кептіру қондырғысын енгізу өнім шығынын азайтуға, фермерлердің кірістерін арттыруға және ауылдық аумақтардың тұрақты дамуына ықпал етеді.

Түйін сөздер: жылжымалы кептіргіш, бақша дақылдары, энергия тиімділігі, инновациялар, бастапқы өңдеу, өнімдерді кептіру, тұрақты даму

Дәйексөз үшін: Умбеталиев Н.А., Күзембаева Г.К., Күзембаев Қ., Маханов М. (2026). Қауын өнімін кептіру жолдарын негіздеу // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 214–225. https://doi.org/10.37884/5-2026/18 [In Russ.].

Мүдделер қақтығысы: авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

Алғыс. *Зерттеу жұмысы Алматы технологиялық университетінің «Өндірістік үдерістердің машиналары мен аппараттары» кафедрасында жүргізілді және авторлар осы зерттеуді жүргізуге мүмкіндік бергені және жан-жақты қолдау көрсеткені үшін кафедра меңгерушісіне және қызметкерлеріне шын жүректен алғыс білдіреді.*

Н.А. Умбеталиев[1]*, М.С. Тойлыбаев[2], А. Божжигит[1], Ж.Т. Сыдыкбаев[1]
[1]Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан;
[2]Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан.
E-mail: nuhtar.u@mail.ru

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СУШИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ СУШКИ ДЫННОГО СЫРЬЯ

Нухтар Умбеталиев, доктор технических наук, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, ул. Толе би, 100
E-mail: nuhtar.u@mail.ru, https://orcid.org/0000-0001-6237-3943;
Мейрамбай Тойлыбаев, кандидат технических наук, Казахский национальный аграрный исследовательский университет, Алматы, Казахстан, пр. Абая, 8
E-mail: meiram_61@mail.ru, https://orcid.org/0000-0003-0064-6779;
Айкын Божжигит, магистрант, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, ул. Толе би, 100
E-mail: bozzhigit04@mail.ru, https://orcid.org/0009-0009-3528-692X;
Женис Сыдыкбаев, кандидат технических наук, Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан, ул. Толе би, 100.
E-mail: zheniss1967@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-2378-2418.

Аннотация. В статье рассматриваются инновационные подходы к первичной переработке бахчевых и плодоовощных культур с использованием мобильной солнечной сушильной установки. Основное внимание уделено разработке и внедрению энергоэффективной технологии сушки, которая обеспечивает сохранение качества продукции, минимизацию потерь урожая и снижение себестоимости производства. Представлена экспериментальная часть работы, в которой изучалось влияние толщины кусочков дыни (1 мм, 4 мм и 7 мм) на процесс сушки, включая изменения массы, времени сушки и органолептических свойств продукта. Эксперимент проводился на сушильном оборудовании ИК-1 в лабораторных условиях. Результаты исследования показали, что кусочки толщиной 4 мм демонстрируют оптимальное соотношение качества и времени сушки: они сохранили естественный цвет, аромат, структуру и достигли равномерного высыхания за минимальное время. Более тонкие кусочки (1 мм) теряли свою форму, что негативно влияло на их товарный вид, а более толстые кусочки (7 мм) требовали значительного времени для завершения процесса. Таким образом, толщина кусочков 4 мм была признана оптимальной для массовой переработки бахчевых культур. В статье также рассмотрены конструктивные особенности мобильной солнечной сушильной установки, включая использование солнечных коллекторов, сушильной камеры с четырьмя лотками и системы естественной вентиляции. Установка работает только на солнечной энергии, что исключает затраты на топливо и снижает воздействие на окружающую среду. Экономическая оценка показала, что разработанная технология позволяет сократить затраты на переработку, увеличивая доступность и привлекательность продукции для фермерских хозяйств. Предложенные инновации направлены на развитие агропромышленного комплекса Казахстана, включая фермерские и крестьянские хозяйства, и способствуют повышению конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции на внутреннем и внешнем рынках. Внедрение мобильной солнечной сушильной установки будет способствовать снижению потерь урожая, увеличению доходов фермеров и устойчивому развитию сельских регионов.

Ключевые слова: мобильная сушилка, бахчевые культуры, энергоэффективность, инновации, первичная переработка, сушка продуктов, устойчивое развитие

Для цитирования: Умбеталиев Н.А., Күзембаева Г.К., Күзембаев Қ., Маханов М. (2026). Обоснование способов сушки дынного продукта // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 5. Number 113. Pp. 214–225. https://doi.org/10.37884/5-2026/18 [In Russ.].

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарность. *Исследовательская работа выполнена на кафедре «Машины и аппараты производственных процессов» Алматинского технологического университета и авторы выражают искреннюю благодарность заведующему и коллективу кафедры за предоставленную возможность и всестороннюю поддержку при проведения данного исследования.*

Введение.

Введение раскрывает актуальность проблемы переработки и хранения урожая в условиях перепроизводства сельскохозяйственной продукции в южных регионах Казахстана [Umbataliyev и др., 2024]. Приведены статистические данные, подтверждающие необходимость внедрения энергоэффективных технологий. Подчеркивается роль мобильных солнечных сушилок в снижении потерь урожая и повышении качества продукции [Umbataliyev и др., 2023].

Сельскохозяйственный сектор Казахстана играет важнейшую роль в обеспечении продовольственной безопасности страны, развитии экономики и укреплении экспортного потенциала. Важной частью этого сектора является переработка и хранение сельскохозяйственной продукции, включая бахчевые и плодоовощные культуры, а также продукцию отгонного животноводства. Однако в настоящее время в сельском хозяйстве республики наблюдается ряд системных проблем, связанных с сохранением урожая, его переработкой и доведением до потребителя [Kairbayeva и др., 2022]. Особенно остро эти проблемы проявляются в южных регионах, где перепроизводство бахчевых культур часто приводит к потерям из-за отсутствия перерабатывающих мощностей и технологий хранения [Абдрахманов, 2020; Ахметов, 2021].

Примером служит ситуация в Мактааральском районе Туркестанской области, где урожайность дыни в 2024 году достигла рекордных 270 центнеров с гектара, а общий объем собранного урожая составил 240 тысяч тонн [Umbataliyev и др., 2025, Medvedkov и др.]. По прогнозам, эта цифра к концу сезона может достигнуть 500 тысяч тонн. Однако из-за отсутствия доступных технологий переработки и сбыта значительная часть урожая была продана по заниженным ценам или использована в качестве корма для животных, что привело к потерям потенциальной прибыли фермеров и снижению качества продукции. Это подчеркивает необходимость внедрения инновационных технологий, способных сократить эти потери.

Одной из таких технологий является применение мобильной солнечной сушильной установки, которая обеспечивает энергоэффективную, экологически чистую и качественную переработку сельскохозяйственной продукции. Солнечные сушилки позволяют сохранить витамины и питательные вещества, исключают загрязнение продукта пылью, насекомыми и влагой, а также повышают его экспортное качество. Кроме того, такие установки помогают снизить затраты на переработку за счет использования возобновляемых источников энергии, что особенно важно для крестьянских и фермерских хозяйств с ограниченными ресурсами.

В настоящее время традиционные методы сушки, такие как естественная сушка на воздухе или использование топливных сушилок, имеют ряд существенных недостатков, включая низкую производительность, загрязнение продукта и высокую себестоимость. В отличие от этих методов, мобильные солнечные сушилки обладают рядом преимуществ: они в два раза быстрее выполняют процесс сушки, не требуют топлива, минимизируют воздействие внешних факторов и обеспечивают более высокий уровень сохранности продукции. Эти качества делают солнечные сушилки важным инструментом для устойчивого развития сельского хозяйства Казахстана [Grudanov и др., 2025, Ergaliyev и др. 2024].

Цель данной работы – изучить инновационные подходы к первичной переработке сельскохозяйственной продукции с использованием мобильной солнечной сушильной установки, разработать её конструкцию и провести оценку технико-экономической эффективности. Рассматриваемая технология может стать основой для модернизации агропромышленного комплекса страны, позволяя сократить потери урожая, увеличить доходы фермеров и повысить конкурентоспособность сельскохозяйственной продукции на внутреннем и внешнем рынках [Ostonakulov и др., 2019, Tukhtaev и др2020].

Задачи исследования включают анализ существующих методов переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, разработку и тестирование мобильной солнечной сушилки, а также оценку её влияния на эффективность фермерских хозяйств и устойчивое развитие сельских регионов. Результаты исследования будут полезны как для фермеров, так и для государственных структур, за-

интересованных в развитии агропромышленного комплекса Казахстана. Основные задачи программы исследования использования солнечной энергии для сушки бахчевых и плодоовощных культур:

- изучение и анализ материалов по использованию солнечной энергии для сушки бахчевых, плодоовощных культур и продуктов отгонного животноводства;

- проведение теоретических исследований процесса использования солнечной энергии для сушки бахчевых, плодоовощных культур и продуктов отгонного животноводства;

- обоснование солнечной сушильной установки мобильного тип для крестьянских, фермерских хозяйств и индивидуальным предпринимателям и населения, занимающихся выращиванием бахчевых, плодоовощных культур [Ergaliyev и др., 2024].

Литературный обзор. Рассмотрим основные виды солнечной сушилок применяемой в процессе сушке бахчевых и плодоовощных культур:

Простейшая сушилка.

Простая сушилка с использованием полимерной плёнки работает на естественной тяге. Воздух нагревается в плёночном солнечном воздухонагревателе и по воздуховоду поступает в нижнюю часть сушильной камеры, где на перфорированных поддонах (сетках, решетках) размещается влажный материал. Нагретый воздух движется в сушильной камере снизу вверх через слой материала и удаляется из камеры через зазор между верхней кромкой и козырьком.

Стенки сушильной камеры могут быть теплоизолированы или выполнены из светопрозрачного материала.

Плёночный воздухонагреватель изготовляется из полимерной пленки, натянутой на проволочный каркас. Верхняя поверхность нагревателя изготовляется из прозрачной плёнки, а нижняя — из чёрной. Его можно также выполнить в виде двух цилиндрических поверхностей — наружной прозрачной и внутренней чёрной.

Сушилка с механическим побуждением.

Солнечная камерная сушилка с принудительным дутьем включает:

- воздухонагреватель;
- сушильную камеру;
- вентилятор.

В теплоизолированном корпусе воздухонагревателя со светопрозрачной изоляцией находится зачернённая лучепоглощающая поверхность из гофрированного металла.

Горячий воздух по теплоизолированному воздуховоду поступает в сушильную камеру с перфорированными поддонами для высушиваемого материал. Камера установлена на опорах и сверху накрыта козырьком.

Сушилка с естественным побуждением.

Конструкция этой солнечной сушилки с естественным дутьём отличается типом воздухонагревателя.

В корпусе из оцинкованного железа с теплоизоляцией расположены две секции воздушного коллектора матричного типа. В корпусе предусмотрены отверстие для поступления наружного воздуха и светопрозрачная изоляция.

Солнечная энергия поглощается в матрице, представляющей собой 2 ряда покрашенных чёрной краской металлических сеток со стальной стружкой между ними. Её можно также сделать из нескольких слоев чёрной сетки.

Нагретый воздух поступает в сушильную камеру, которая имеет суживающуюся кверху форму и ряд сеток. На сетки укладывается влажный материал. Для подачи воздуха под каждый слой материала в камере предусмотрены вертикальные перегородки, образующие необходимые щели для воздуха. Сверху камера накрыта козырьком. Основным недостатком существующих солнечных сушилок является не столько отсутствие мобильности, сколько сложность конструкции, затрудняющая их быструю сборку и разборку.

Исходя из вышеизложенного, актуальной является задача создания эффективной, ресурсосберегающей конструкции и технологии мобильной солнечной сушильной установки для экологически чистой сушки фруктов и овощей.

Предлагаемая сушилка отличается мобильностью, простотой и легкостью конструкции, что дает возможность ее установки прямо на поле, в более удобное место для сушки бахчевых и плодоовощных культур. Также мобильная солнечная сушильная установка проста в изготовлении и может

найти широкое применение в сушильных процессах сельскохозяйственной продукции, когда температура среды может быть достаточной в пределах от 50°C до 80°C.

Материалы и методы.

Объектом исследования являются бахчевые культуры (дыня), подвергнутые процессу сушки на мобильной солнечной сушильной установке. Эксперименты проводились в лабораторных условиях с использованием инфракрасной сушильной установки ИК-1 с кусочками дыни разной толщины (1 мм, 4 мм и 7 мм), что позволило исследовать влияние толщины на процесс сушки, температуру сушки, изменения влажности, времени сушки и органолептические свойства пищевых продуктов.

Предлагаемая мобильная солнечная сушильная установка рис.1 [Umbataliyev и др., 2026]: оснащена солнечными коллекторами, обеспечивающими подачу тепловой энергии. Сушильная камера с четырьмя лотками, рассчитанными на 5 кг продукции каждый (всего 20 кг). Система естественной вентиляции для равномерного распределения тепла внутри сушильной камеры, камера разделена на четыре секции.

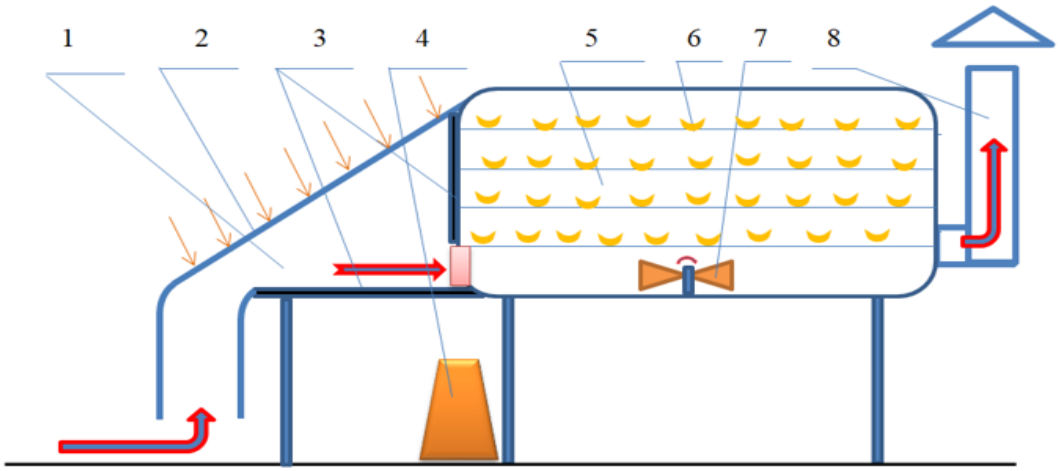


Рис. 1. Солнечная сушильная установка
1 – солнечный коллектор; 2 – Гелевая пленка; 3 – тепловоспринимающая поверхность; 4 – сборник сока; 5 – сушильная камера; 6 – лотки; 7– вентилятор; 8 – воздуховод.
[Fig. 1. Solar drying unit:1 – Solar collector; 2 – Gel film; 3 – Heat-absorbing surface; 4 – Juice collector; 5 – Drying chamber; 6 – Trays; 7 – Fan; 8 – Air duct.]

Оборудования для лабораторных исследований рис.2…4:



Рис. 2. Лабораторная установка ИК-1
[Fig. 2. Laboratory setup IK-1]



Рис. 3. Электронные весы для измерения массы кусочков дыни.
Fig. 3. Electronic scales for measuring the mass of melon pieces.



Рис. 4. Термопары для измерения температуры внутри сушильной камеры и в дольках дыни.
[Fig. 4. Thermocouples for measuring the temperature inside the drying chamber and within the melon pieces].

Исходное сырьё: свежая дыня массой 450–700 г на один кусочек, нарезанная толщиной 1 мм, 4 мм и 7 мм.

Методика лабораторных исследований

Метод подготовки образцов рис. 5. Дыня нарезалась на дольки трёх различных толщин: 1 мм, 4 мм и 7 мм. Каждая долька взвешивалась на электронных весах перед началом сушки, чтобы зафиксировать исходную массу.

Метод сушки. Процесс проводился в солнечной сушильной установке ИК-1 в течение одного рабочего дня (10–12 часов). Температура внутри сушильной камеры поддерживалась в диапазоне от 33°C до 48°C за счёт солнечных коллекторов. Влажность долек дыни снижалась до уровня, пригодного для длительного хранения.

Метод сбора данных. В течение процесса сушки через каждый час фиксировались масса долькoв дыни, температура внутри камеры и температура внутри дольки с использованием электронных весов и термопара.

Метод анализа данных. Полученные данные анализировались для определения скорости сушки, изменения массы и температуры продукта. Оценка качества пищевых продуктов (цвет, аромат, текстура, запах и вкус) проводилась экспертами после завершения сушки. Результаты для кусочков разной толщины сравнивались для выявления оптимальных условий сушки.

Методология оценки качества. Оценка качества пищевых продуктов: после сушки кусочки дыни оценивались на сохранение естественного цвета, аромата и текстуры.

Экономическая оценка: анализ затрат времени на сушку для каждого образца (1 мм, 4 мм, 7 мм).

Расчёт экономической эффективности на основе затрат на сушку и качество конечного продукта.



Рис. 5. Процесс подготовки долек дыни к сушке в мобильной инфракрасной установке ИК-1.

[Fig. 5. The process of preparing melon slices for drying in the mobile infrared unit IK-1].

Результаты и их обсуждение.

Эксперимент был проведён на сушильной установке ИК-1 для изучения влияния толщины долек дыни (1 мм, 4 мм и 7 мм) на процесс сушки в лабораторных условиях. В ходе эксперимента фиксировались каждая масса долек дыни, температура внутри сушилки и температура самих долек на разных этапах сушки. Полученные данные анализировались для определения оптимальных условий сушки и качества конечного продукта.

Таблица 1. В ходе экспериментов по сушке дыни с использованием мобильной сушильной установки ИК-1 были получены следующие результаты

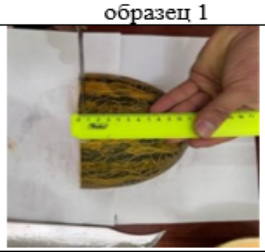
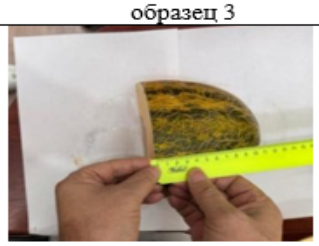
Варианты	образец 1	образец 2	образец 3
Толщина, h, мм			
Масса долек дыни, m			
Готовая продукция			

Таблица 2. Сравнительная оценка полученных результатов

Варианты	образец 1	образец 2	образец 3
Толщина, h, мм	1	4	7
Масса долек дыни, m, гр	450	550	700
Готовая продукция	Дольки дыни толщиной 1 мм высохли быстрее, но потеряли форму, что снизило их товарную привлекательность.	Дольки дыни толщиной 4 мм сохранили натуральный цвет, аромат и структуру, а также оптимальное состояние для хранения и транспортировки.	Дольки дыни толщиной 7 мм сохранили насыщенный цвет, но на их сушку потребовалось больше времени, что снижает производственную эффективность. Но на сушку ушло больше времени, чем на 2 образец

Изменение массы долек дыни в процессе сушки показывает, как изменялась масса долек дыни разной толщины в течение процесса сушки (рис. 6):

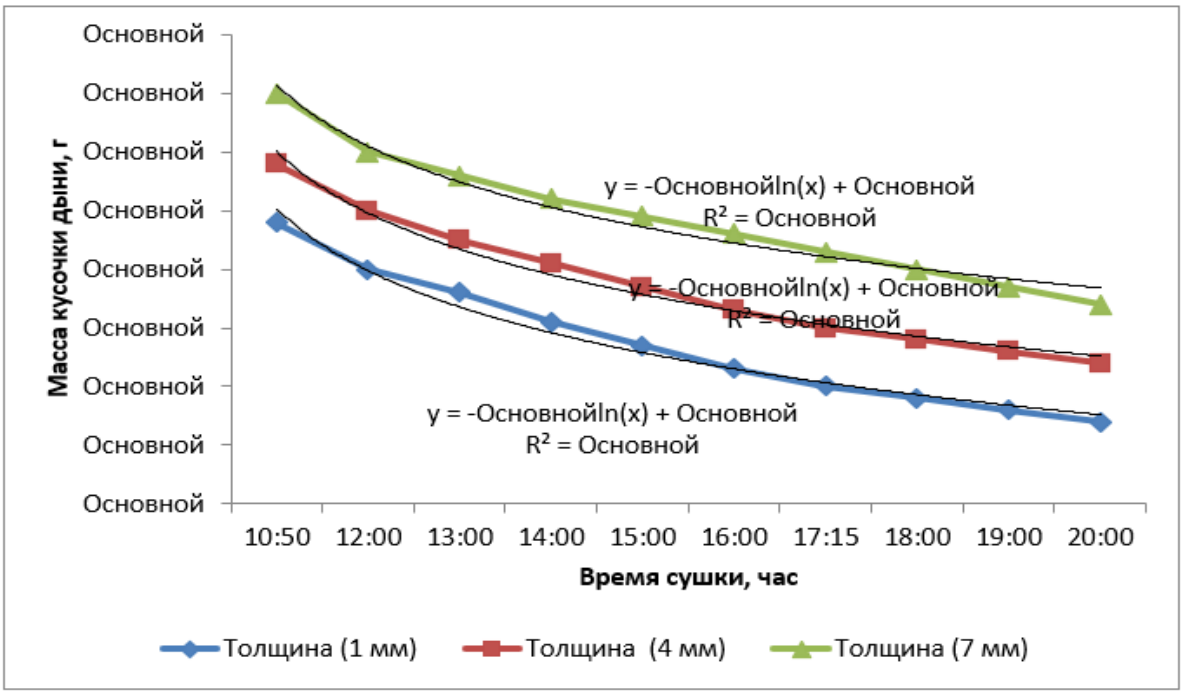


Рис. 6. Изменение массы долек дыни в процессе сушки (по толщине).
[Fig. 6. Change in the mass of melon slices during drying (across the thickness)].

Температурный режим в процессе сушки.

Температура в сушильной камере оставалась в диапазоне от 33°C до 48°C, в то время как температура внутри долек дыни постепенно повышалась, достигнув максимума 44°C.

На основании проведённых экспериментов по сушке дыни с различной толщиной долек (1 мм, 4 мм, 7 мм) с использованием сушильного оборудования ИК-1 можно сделать следующие выводы:

Оптимальная толщина для сушки: дольки дыни толщиной 4 мм показали лучший результат. Они сохранили естественное состояние, вкус, аромат и структуру, а также достигли равномерного высыхания за оптимальное время. Этот вариант можно считать наиболее подходящим для массовой переработки и получения качественного продукта.

Качество конечного продукта: продукция толщиной 4 мм продемонстрировала оптимальное сочетание качества, скорости сушки и сохранения органолептических свойств (цвет, аромат, структура). Этот вариант обеспечивает высокий уровень потребительской привлекательности и пригоден для длительного хранения.

Экономическая эффективность: дольки толщиной 4 мм требуют меньше времени для сушки по сравнению с образцом толщиной 7 мм, что делает их обработку экономически выгодной. Слишком тонкие дольки (1 мм), несмотря на быстрое высыхание, теряют товарный вид, что снижает их рыночную ценность.

Влияние толщины на процесс сушки: дольки толщиной 1 мм высохли быстрее остальных, но утратили своё естественное положение. Это может быть связано с низкой механической прочностью тонких кусочков, что негативно сказывается на их товарном виде. Дольки толщиной 7 мм сохранили насыщенный цвет и форму, однако на их сушку потребовалось больше времени. Это делает данный

вариант менее предпочтительным с точки зрения производительности.

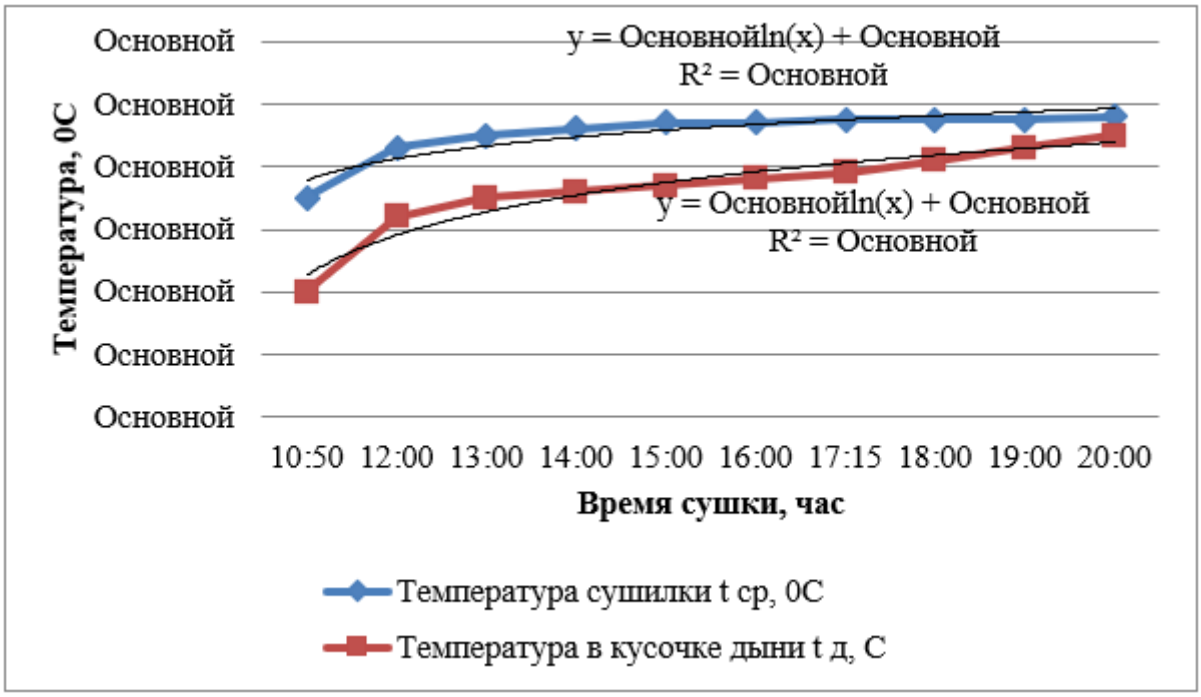


Рис. 7. Динамика температур в сушилке и внутри дыни

[Fig. 7. Temperature dynamics in the dryer and inside the melon].

Динамика изменения массы и температуры продукта дыни

График процесса изменения влажности, времени и температуры сушки (рис.7).

График иллюстрирует, как изменяются влажность дыни и время сушки при различных температурах. Это позволяет понять эффективность процесса сушки и оптимальные условия для достижения необходимого уровня влажности.

Результаты использования методов

Применение методов позволило определить, что дольки дыни толщиной 4 мм обеспечивают оптимальное сочетание времени сушки, качества и экономической эффективности. Более тонкие дольки (1 мм) утратили форму, а более толстые (7 мм) требовали больше времени на сушку.

Методы сбора, обработки и анализа данных доказали свою эффективность в исследовании влияния толщины сырья на процесс сушки и качество конечного продукта. Это подтверждает потенциал использования мобильной солнечной сушильной установки для фермерских хозяйств [Umbataliyev и др., 2024].

Описываются конструкция мобильной солнечной сушилки, её основные элементы, включая сушильную камеру, солнечные коллекторы и система вентиляции [Медведков et al., 2020]. Приведены данные лабораторных экспериментов по сушке дыни, определены показатели изменения влажности, температуры и массы продукта. Использованы методы технико-экономического анализа для оценки рентабельности технологии.

В лаборатории Алматинского технологического университет на кафедре «Машины и аппараты производственных процессов» были проведены исследование по оптимизации режимов работы сушильной камеры – температура и время сушки.

Приборы и датчики использованы в исследовании процесса сушки в сушилке ИК-1 [Умбеталиев et al., 2024]: прибор для измерения скорости воздушного потока и объёмного расхода в системах вентиляции «Анемометр TESTO 416», Testo 324 базовый набор, анализатор влажности, весы электронные – диапазон 7010(070kg), динамометр ДМР-МГ4, измеритель влажности Wile55, измеритель влажности и температуры воздуха UNI-T UT332, тахометр CEM AT6, тензодатчик с насадками Ц, тензодатчик, нагрузка, цифровой мегомметр.

Выводы.

В 2026 году посевные площади бахчевых и плодоовощных культур в Республике Казахстан остались на уровне предыдущего года, при этом отмечен сдвиг в структуре посевов в сторону увели-

чения доли арбузов и дыни.

Основной задачей крестьянских и фермерских хозяйств, индивидуальных предпринимателей и населения, занимающихся выращиванием бахчевых, плодовых и овощных культур, является обеспечение сохранности выращенной продукции, её переработка и консервирование.

В урожайный год, в частности в текущем году, крестьянские, фермерские хозяйства и индивидуальные предприниматели в период сезона не знали, куда сбыть выращенный урожай, поскольку бахчевые и плодоовощные культуры при созревании около 30 % урожая уже портятся на поле и становятся непригодны для транспортировки.

Для решения данной проблемы на примере дыни мы предлагаем прямо на поле провести предварительную первичную переработку, включающую сушку на солнечной сушильной установке мобильного типа, который из-за незначительного веса можно легко переносить на поле бахчи в более удобное место.

Изучив и проанализировав данную проблему нами предложено, предварительная первичная переработка с помощью мобильной солнечной сушильной установки на примере дыни непосредственно на поле бахчевых культур.

В отличие от традиционных методов сушки на открытом воздухе, предложенная солнечная сушильная установка обеспечивает защиту продуктов от пыли, насекомых, осадков и перепадов температуры. Это подтверждает её преимущество с точки зрения качества продукции. По сравнению с сушкой на топливных установках солнечная сушильная установка исключает затраты на топливо, снижая себестоимость продукции на 30–40 %.

В результате лабораторных исследований нами установлено, что предварительную сушку бахчевых и плодоовощных культур необходимо проводить при температуре 40…500С и доводить влажность до 35 %, что продлевает срок хранения и дает возможность затем, в стационаре, в перерабатывающей линии переработать до получения в виде продуктов: вяленой, сушенной, чипсов, а также мармеладных и пастильных продуктов дыни влажностью не более 20 %.

Для сохранения урожая, особенно в урожайные годы, когда появляются излишки, для предотвращения потерь необходимо организовать первичную переработку бахчевых и плодоовощных культур прямо на поле с использованием мобильной солнечной сушильной установки. Это позволит значительно снизить потери и повысить эффективность хранения и переработки продукции.

Предложена разработка различных типов мобильных сушильных установок, использующих солнечную энергию с применением инновационных подходов для первичной обработки бахчевых, плодоовощных культур и продукции отгонного животноводства на базе опытного образца сушильной установки.

Качество конечного продукта:

По результатам экспериментальных исследований установлено, что оптимальная толщина дольки дыни составляет 4 мм. Это обеспечивает наилучшее сочетание качества и скорости сушки, а также сохранение органолептических свойств продукта: цвет, аромат, структуру.

Установлена экономическая эффективность:

Дольки толщиной 4 мм требуют меньше времени для сушки по сравнению с образцами большей толщины, что делает их обработку экономический выгодной.

Толщина долек меньше 4 мм, несмотря на быстрое высыхание, утрачивает товарный вид, что снижает их рыночную ценность.

Разработанная мобильная солнечная сушильная установка представляет собой инновационное решение для фермерских хозяйств. Она сочетает в себе высокую эффективность, экологическую безопасность и экономическую доступность, что делает её важным инструментом для развития агропромышленного комплекса Казахстана.

Практическая ценность:

- внедрение мобильной солнечной сушильной установки может значительно сократить потери урожая бахчевых и плодоовощных культур, особенно в южных регионах Казахстана, где наблюдается перепроизводство продукции;

- технология позволяет фермерам повысить доходы за счёт реализации продукции экспортного качества, а также снизить затраты на обработку и хранение;

- использование солнечной энергии способствует экологически чистой переработке продукции, что актуально в условиях повышения внимания к вопросам устойчивого развития и «зелёных» техно-

логий.

Перспективы дальнейших исследований:

- исследование возможности применения данной технологии для сушки других видов сельскохозяйственной продукции, таких как ягоды, овощи и травы;

- разработка новых конструктивных решений для повышения производительности и автоматизации процесса сушки.

Дополнительные области применения мобильной солнечной сушилки:

– для домашнего использования – сохранения, переработки и консервации выращенных фруктов, овощей и зелени;

– для огородников и дачников – сушки бахчевых и плодоовощных культур на приусадебных участках;

– для фермеров и крестьянских хозяйствам – первичная обработка бахчевых и плодоовощных культур на бахчевых полях и в садах;

– для отгонного животноводства – сушки курта (кисломолочный продукт) и подсушивание мяса.

REFERENCES

Abdrakhmanov B.K. (2020). Drying technologies for agricultural products. — A.: Qazaq Universiteti, 256 p.

Akhmetov N.B. (2021). Prospects for the use of solar energy in agriculture of Kazakhstan. — A.: Qazaq Universiteti, 215 p.

Ergaliyev Zh.T., & Umbataliev N.A. (2024). Justification of a universal solar dryer design. In Proceedings of the Republican Scientific and Practical Conference of Young Scientists «Science. Education. Youth. Pp. 198–200. — A.: Almaty Technological University.

Ergaliyev, Zh.T., & Umbataliev, N.A. (2024). Justification and development of a solar dryer for drying fruit and vegetable crops]. In Research Initiative – 2024: Collection of Articles of the International Research Competition. Pp. 101–106. Petrozavodsk: MTsNP «NOVAYA NAUKA».

Grudanov V.Ya., Brench A.A., Pashkova E.S., et al. (2017). Pererabotka sel'skokhozyaystvennoy produktsii: uchebnoe posobie [Processing of agricultural products: textbook]. — Minsk: BGTU. 196 p.

Gorb N.N. & Denisova O.A. (2023). Results of long-term research of the Crimean Experimental Horticulture Station on storage and processing of fruit and berry products. Biologiya Rasteniy i Sadovodstvo: Teoriya, Innovatsii. No. 3(168). Pp. 35–48.

Kairbayeva A., Tlevlessova D., Imanbayev A., Mukhamadiyeva K., Mateyev Y. (2022). Determining optimal technological modes for pressing oil from melon seeds to justify rational engineering and structural solutions // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Vol. 2. Iss. 11-116. Pp. 12-22. doi: http://dx.doi.org/10.15587/1729-4061.2022.255731

Medvedkov E.B., Nazymbekova A.E., Tlevlesova D.A., Kairbaeva A.E. & Shambulov E.D. (2020). Installation for watermelon processing // Vestnik KazNITU. No. 6(142). Pp. 146–149.

Ostonakulov T.E., Tilavov Kh.M. & Amanturdiev I.K. (2018). Suitability of melon varieties for drying // O'zbekiston Qishloq Xo'jaligi. No. 10. Pp. 31–32.

Ostonakulov T.E. & Tilavov Kh.M. (2019). Improvement of cultivation and drying technology of melon varieties (Monograph). — Tashkent: Navruz. 144 p.

Tukhtaev Sh.K. et al. (2020). Study of moisture changes in melon varieties during IR-convective drying. Universum: Khimiya i Biologiya. No. 11(77).

Umbataliev N.A., Kuzenbaev K.K., Abdukarimov S.A. & Zhenisnur T. (2024). Methods of storage and processing of melon products. In Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Innovative Development of Food, Light Industry and Hospitality Industry. Pp. 55–57. — A., October 24. 2024.

Umbataliev N.A. et al. (2026). Mobile solar drying unit. Patent of the Republic of Kazakhstan. No. 38253.

Umbataliyev N., Smailova G., Toilybayev M., Sansyzbayev K., Koshanova S., Bekmukhanbetova S. (2023). Optimization of the technological process of threshing combine harvester. Engineering technological systems Eastern-European // Journal of Enterprise Technolo-gies. Vol. 4. No. 1 (124). 104–117. doi: https://doi.org/10.15587/1729-

Umbetaliev N.A., Kuzembaeva G.K., Kuzembaev K., Makhanov M., Shambulov E.D., Oralbaev S.Zh., Sydykbaev Zh.T. (2024). Optimization of methods for processing melon // Mechanics and Technology: Scientific Journal. No. 3(85). Pp. 64–75.

Umbetaliev N.A., Kuzembaeva G.K., Kuzembaev K. & Makhanov M. (2025). Justification of melon drying methods. Mechanics and Technology. No. 2. Pp. 33–45.

RESEARCH, RESULTS

SCIENTIFIC JOURNAL

ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР

ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ

ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Құрылтайшысы және баспагері:

«Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КЕАҚ «Қазақстан Республикасы Президентінің жанындағы Қазақстан Республикасының Ұлттық Ғылым академиясы» КЕАҚ

Бас редактор

Күрішбаев Ақылбек Қажығұлұлы

Жауапты редактор

Мрзабаева Раушан Жалиевна

Компьютерде беттеген

Асанова Жадыра Миримхановна

Редакция мен баспаның мекен-жайы:

050010, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Абай даңғылы, 8

Журнал сайты: https://journal.kaznaru.edu.kz/

30.10.2026 ж.