



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ПРЕЗИДЕНТІНІҢ ЖАНЫНДАҒЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ
АКАДЕМИЯСЫ

№04

ISSN 2304-3334
№04(112)2026



ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР

Ғ Ы Л Ы М И Ж У Р Н А Л



ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ

Н А У Ч Н Ы Й Ж У Р Н А Л



RESEARCH, RESULTS

S C I E N T I F I C J O U R N A L

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.112. 2026	28. No.112. 2026	Том 28. No.112. 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».

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)

Nurzhhan 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”, Timișoara, 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 Adykanova — 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)

Saykhat 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 Timurbekova — 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. Олыштындағы Вармин-Мазур университеті, Польша; (Scopus h-12)

Богоявленский Андрей Павлович — 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 зерттеу 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 Айгүл 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)

Мадиебеков 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 біліктілікті 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)

Ливню Гачео — профессор Трансильван университетінің профессоры (Брашов к., 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, Варминьско-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 плодовоовощеводства»; (Scopus h-5)

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

Дүйсембеков 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 плодовоовощеводства, 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 Айнура 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)
- Мадиебеков 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 Э.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

G.G. Gabit, D.M. Bekenov, J. Micinski THE INFLUENCE OF REPRODUCTION METHOD ON MEAT PRODUCTIVITY AND SLAUGHTER CHARACTERISTICS OF HEREFORD BULLS	8
K. Dossybayev, S. Dikhanbay, A.T. Kozhakhmet, U.A. Akhmetov ASSESSMENT OF GENETIC DIVERSITY AND POPULATION STRUCTURE OF ADAI HORSE POPULATIONS BASED ON STR MARKERS	21
G.M. Zhumagaliyeva, B.K. Sansyzbayeva, R. Kadyken, A.D. Orakbayeva EARLY PRELIMINARY ASSESSMENT OF BREEDING QUALITIES OF SOUTH KAZAKH MERINO SHEEP	37
T.N. Karymsakov, A.A. Torehanov, B.B. Yergali, D.D. Atageldiyev ASSESSMENT OF THE BODY TYPE OF BREEDING BULL CALVES WHEN TESTING THEM FOR THEIR OWN PRODUCTIVITY	49

AGRICULTURE, AGROCHEMICAL, FEED PRODUCTION, AGROECOLOGICAL

Zh. Abilda, Z. Sapakhova, I. Isgandarov, I. Klein, M. Shamekova THE USE OF COMPUTATIONAL METHODS FOR MODELING WATER-SOIL EROSION: THE CASE OF UST-KAMENOGORSK	63
D.E. Yerzhan, A.K. Kurishbayev, V.I. Kiryushin, Zh.S. Almanova AGROECOLOGICAL VERIFICATION OF NDVI PRODUCTIVITY ZONES OF SOUTHERN CHERNOZEMS	74
M.M. Zhanzakov, K.A. Myrzabek, K.B. Begaliev, R.D. Nurymova TECHNOLOGY OF CULTIVATING AND PROPAGATING BANANAS RHIZOMES A POLYCARBONATE GREENHOUSE COMPLEX	90
G.N. Kairova, G.A. Suleimanova, A.N. Makhambetov, Recep Ay, G.Z. Zholdasbek PREVALENCE AND DEVELOPMENT CHARACTERISTICS OF THE ORIENTAL FRUIT MOTH (GRAPHOLITA MOLESTA (BUSCK)) IN THE SOUTH-EAST OF KAZAKHSTAN	104
M.T. Kumarbayeva, A.M. Kokhmetova, Zh.S. Keishilov, A.I. Kharipzhanova, N.M. Kovalenko FIELD EVALUATION OF KASIB WHEAT GERMPLASM FOR DROUGHT TOLERANCE IN KAZAKHSTAN	117
A.I. Sidorik, G.A. Zvyagin, K.P. Buzovskiy, A.D. Sidorik COMPARATIVE ASSESSMENT OF SPRING WHEAT RESPONSE TO FOLIAR TREATMENTS IN THE KOSTANAY REGION	129

WATER, LAND AND FOREST RESOURCES

G.L. Akhilebekov, S.A. Konarova, G.K. Ismailova, A.N. Aldiyarova GIS-BASED ASSESSMENT OF IRRIGATED AGRICULTURAL LAND PRODUCTIVITY USING SENTINEL-2 NDVI, ESBK, AND FDEI INDICATORS: A CASE STUDY OF SARYAGASH DISTRICT, TURKESTAN REGION, KAZAKHSTAN	146
N.M. Ashimkhan, A.K. Igembayeva, A.N. Zhildikbaeva, R. Puziene ANALYSIS OF THE SYSTEM OF EFFECTIVE USE OF AGRICULTURAL LAND IN ALMATY REGION BASED ON GEOINFORMATION TECHNOLOGY	157
A.M. Yermenbay, A.Zh. Zhakibaeva, G.E. Tukeshova, A.M. Jabassov, A.K. Alimgazina JUSTIFICATION FOR THE CREATION OF LARGE UNDERGROUND RESERVOIRS IN CENTRAL KAZAKHSTAN USING MANAGED AQUIFER RECHARGE	168
B.I. Nurmukhambetova, Ye.Zh. Murtazim, S.R. Tazhiyev, M.Zh. Akynbayeva ON THE EFFICIENT EXTRACTION OF LITHIUM FROM NATURAL BRINES	179
A. Tangirbergenova, K. Kaliyeva, Sh. Kapar, Zh. Zhakupova EFFICIENCY OF PHYSICOCHEMICAL METHODS FOR IMPROVING WELL WATER QUALITY	191
D.A. Tlesh, B. Khalkhabay APPLICATION OF SLOW SAND FILTRATION FOR PROVIDING DRINKING WATER IN SMALL SETTLEMENTS	200

AGRICULTURE MECHANIZATION AND ELECTRIFICATION

K. Kalym, Sh.T. Duisenova, S.T. Demesova, A.K. Zhunusova EXPERIMENTAL EQUIPMENT FOR STORING SOYBEAN GRAINS WITH ACTIVE VENTILATION	208
D. Karmanov, Zh. Zhumagulov, Y. Sarkynov, R. Kassimova ENGINEERING OPTIMIZATION AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF A ROTARY UNIT FOR PRE-SOWING SOIL TILLAGE AND SEED SOWING FOR SOILS OF SOUTHERN KAZAKHSTAN	221

МАЗМҰНЫ

МАЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ЖӘНЕ ВЕТЕРИНАРИЯ

Г.Г. Ғабит, Д.М. Бекенов, Ян Мичинский ГЕРЕФОРД ТҰҚЫМДЫ БҰҚАШЫҚТАРДЫҢ ЕТ ӨНІМДІЛІГІ МЕН СОЙЫС САПАСЫНА КӨБЕЮ ӘДІСІНІҢ ӘСЕРІ	8
К.Ж. Досыбаев, С. Диханбай, А.Т. Қожахмет, У.А. Ахметов STR МАРКЕРЛЕРІ НЕГІЗІНДЕ АДАЙ ЖЫЛҚЫСЫ ПОПУЛЯЦИЯЛАРЫНЫҢ ГЕНЕТИКАЛЫҚ ӨРТҮРЛІЛІГІ МЕН ПОПУЛЯЦИЯЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМЫН БАҒАЛАУ	21
Г.М. Жумағалиева, Б.Қ. Сансызбаева, Р. Қадыкен, А.Д. Орақбаева ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚ МЕРИНОС ҚОЙ ТҰҚЫМЫНЫҢ АСЫЛ ТҰҚЫМДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЕРТЕ ЖАСТАН АЛДЫН АЛА БАҒАЛАУ	37
Т.Н. Карымсаков, А.А. Төреханов, Б.Б. Ерғали, Д.Д. Атагелдиев ӨНІМДІЛІГІН СЫНАУ КЕЗІНДЕ ӨСІРУГЕ АРНАЛҒАН БҰҚА ТӨЛДЕРІНІҢ ДЕНЕ БІТІМІН БАҒАЛАУ	49

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ, АГРОХИМИЯ, АЗЫҚ ӨНДІРУ, АГРОЭКОЛОГИЯ

Ж. Әбілда, З. Сапахова, И. Игандаров, И. Кляйн, М. Шамекова ӨСКЕМЕН ҚАЛАСЫ МЫСАЛЫНДА СУ ТОПЫРАҚ ЭРОЗИЯСЫН МОДЕЛЬДЕУДІҢ ЕСЕПТІК ӘДІСТЕМЕЛЕРІН ҚОЛДАНУ	63
Д.Е. Ержан, А.К. Қуришбаев, В.И. Кирюшин, Ж.С. Алманова ОҢТҮСТІК ҚАРА ТОПЫРАҚТАРДАҒЫ NDVI БОЙЫНША ӨНІМДІЛІК АЙМАҚТАРЫН АГРОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ВЕРИФИКАЦИЯЛАУ	74
М.М. Жанзақов, К.А. Мырзабек, Қ.Б. Бегалиев, Р.Д. Нұрымова БАНАН ӨСІМДІГІН ПОЛИКАРБОНАТТЫ ЖЫЛЫЖАЙДА ӨСІРУ ЖӘНЕ ТАМЫРӨСКІНІМЕН КӨБЕЙТУ	90
Г.Н. Каирова, Г.А. Сулейманова, Ә.Н. Махамбетов, Реджеп Ай, Г.Ж. Жолдасбек ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫСЫНДАҒЫ ШЫҒЫС ЖЕМІС ЖЕМІРІНІҢ (GRAPHOLITA MOLESTA (BUSCK)) ТАРАЛУЫ МЕН ДАМУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ	104
М.Т. Кумарбаева, А.М. Кохметова, Ж.С. Кеишилов, А.І. Харіпжанова, Н.М. Коваленко ҚАЗАҚСТАНДА КАСИБ БИДАЙ КОЛЛЕКЦИЯСЫНЫҢ ҚҰРҒАҚШЫЛЫҚҚА ТӨЗІМДІЛІГІН ДАЛАЛЫҚ БАҒАЛАУ	117
А.И. Сидорик, Г.А. Звягин, К.П. Бузовский, А.Д. Сидорик ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫНДА ЖАЗДЫҚ БИДАЙДЫҢ ЖАПЫРАҚТЫҚ ӨНДЕУЛЕРГЕ ЖАУАП РЕАКЦИЯСЫН САЛЫСТЫРМАЛЫ БАҒАЛАУ	129

СУ, ЖЕР ЖӘНЕ ОРМАН РЕСУРСТАРЫ

Ғ.Л. Ахилбеков, С.А. Конарова, Г.К. Исмаилова, А.Е. Алдиярова SENTINEL-2 NDVI, ESBK ЖӘНЕ FDEI КӨРСЕТКІШТЕРІ НЕГІЗІНДЕ СУАРМАЛЫ АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ЖЕРЛЕРІНІҢ ӨНІМДІЛІГІН ГАЖ АРҚЫЛЫ БАҒАЛАУ: ТҮРКІСТАН ОБЛЫСЫ САРЫАҒАШ АУДАНЫ МЫСАЛЫНДА	146
Н.М. Әшімхан, А.К. Игембаева, А.Н. Жилдикбаева, Р. Пузнене ГЕОАКПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯ НЕГІЗІНДЕ АЛМАТЫ ОБЛЫСЫНДАҒЫ АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ЖЕРЛЕРІН ТИІМДІ ПАЙДАЛАНУ ЖҮЙЕСІН ТАЛДАУ	157
А.М. Ерменбай, А.Ж. Жакибаева, Г.Е. Тукешова, А.М. Джабасов, А.К. Әлімғазина ОРТАЛЫҚ ҚАЗАҚСТАНДА ЖАСАНДЫ ТОЛЫҚТЫРУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ІРІ ЖЕР АСТЫ СУ ҚОЙМАЛАРЫН ҚҰРУДЫҢ НЕГІЗДЕМЕСІ	168
Б.И. Нұрмұхамбетова, Е.Ж. Мұртазин, С.Р. Тажиев, М.Ж. Акынбаева ТАБИҒИ ТҮЗДЫ СУЛАРДАН ЛИТИЙДІҢ ТИІМДІ АЛУ ТУРАЛЫ	179
А.С. Тангирбергенова, К.Е. Калиева, Ш.К. Капар, Ж.З. Жакупова ҚҰДЫҚ СУЫНЫҢ САПАСЫН ЖАҚСARTУДА ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРДІҢ ТИІМДІЛІГІ	191
Д.Ә. Тлеш, Б. Халхабай ШАҒЫН ЕЛДІ МЕКЕНДЕРДІ АУЫЗ СУМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮШІН БАЯУ ҚҰМДЫ СҮЗГІЛЕРДІ ҚОЛДАНУ	200

АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН МЕХАНИКАЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРЛЕНДІРУ

К. Калым, Ш.Т. Дуйсенова, С.Т. Демесова, А.К. Жунусова БЕЛСЕНДІ ЖЕЛДЕТУ ЖҮЙЕСІ БАР СОЯ ДӨНДЕРІН САҚТАУҒА АРНАЛҒАН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЖАБДЫҚ	208
Д.К. Карманов, Ж.Б. Жумагулов, Е. Саркынов, Р.М. Касимова ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН Өңірінің топырақтарына арналған егіс алдындағы топырақ өңдеу және тұқым се- буге арналған роторлы агрегатты инженерлік оңтайландыру және эксперименттік зерттеу	221

СОДЕРЖАНИЕ ЖИВОТНОВОДСТВО И ВЕТЕРИНАРИЯ

Г.Г. Ғабит, Д.М. Бекенов, Ян Мичинский ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ВОСПРОИЗВОДСТВА НА МЯСНУЮ ПРОДУКТИВНОСТЬ И УБОЙНЫЕ КАЧЕСТВА БЫЧКОВ ГЕРЕФОРДСКОЙ ПОРОДЫ	8
К.Ж. Досыбаев, С. Диханбай, А.Т. Кожамет, У.А. Ахметов ОЦЕНКА ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ И ПОПУЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ПОПУЛЯЦИЙ ЛОШАДЕЙ ПОРОДЫ АДАЙ НА ОСНОВЕ STR-МАРКЕРОВ	21
Г.М. Жумагалеева, Б.Қ. Сансызбаева, Р. Қадыкен, А.Д. Орақбаева РАННЯЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПЛЕМЕННЫХ КАЧЕСТВ ОВЕЦ ЮЖНО-КАЗАХСКОЙ МЕРИНОСНОЙ ПОРОДЫ	37
Т.Н. Карымсаков, А.А. Тореханов, Б.Б. Ергали, Д.Д. Атагелдиев ОЦЕНКА ТИПА ТЕЛОСЛОЖЕНИЯ РЕМОНТНЫХ БЫЧКОВ ПРИ ИСПЫТАНИИ ПО СОБСТВЕННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ	49

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, КОРМОПРОИЗВОДСТВО, АГРОЭКОЛОГИЯ

Ж. Абилда, З. Сапахова, И. Исгандаров, И. Кляйн, М. Шамекова ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАСЧЕТНЫХ МЕТОДИК МОДЕЛИРОВАНИЯ ВОДНОЙ ПОЧВЕННОЙ ЭРОЗИИ НА ПРИМЕРЕ Г. УСТЬ-КАМЕНОГОРСК	63
Д.Е. Ержан, А.К. Куришбаев, В.И. Кирюшин, Ж.С. Алманова АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ NDVI-ЗОН ПРОДУКТИВНОСТИ ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЁМОВ	74
М.М. Жанзаков, К.А. Мырзабек, К.Б. Бегалиев, Р.Д. Нурымова ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И РАЗМНОЖЕНИЯ БАНАНА КОРНЕВИЩАМИ В ПОЛИКАРБОНАТНОМ ТЕПЛИЧНОМ КОМПЛЕКСЕ	90
Г.Н. Каирова, Г.А. Сулейманова, А.Н. Махамбетов, Реджеп Ай, Г.Ж. Жолдасбек РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ И ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ВОСТОЧНОЙ ПЛОДОЖОРКИ (GRAPNOLITA MOLESTA (BUSCK)) НА ЮГО-ВОСТОКЕ КАЗАХСТАНА	104
М.Т. Кумарбаева, А.М. Кохметова, Ж.С. Кеншилов, А.І. Харіпжанова, Н.М. Коваленко ПОЛЕВАЯ ОЦЕНКА ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ КОЛЛЕКЦИИ ПШЕНИЦЫ КАСИБ В КАЗАХСТАНЕ	117
А.И. Сидорик, Г.А. Звягин, К.П. Бузовский, А.Д. Сидорик СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ОТКЛИКА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ НА ЛИСТОВЫЕ ОБРАБОТКИ В КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ ...	129

ВОДНЫЕ, ЗЕМЕЛЬНЫЕ И ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ

Ғ.Л. Ахилбеков, С.А. Конарова, Г.К. Исмаилова, А.Е. Алдиярова ГИС-ОЦЕНКА ПРОДУКТИВНОСТИ ОРОШАЕМЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ НА ОСНОВЕ ИНДИКАТОРОВ SENTINEL-2 NDVI, ESBK И FDEI: НА ПРИМЕРЕ САРЯГАШСКОГО РАЙОНА ТУРКЕСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ	146
Н.М. Әшімхан, А.К. Игембаева, А.Н. Жилдикбаева, Р. Пузиене АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	157
А.М. Ерменбай, А.Ж. Жакибаева, Г.Е. Тукешова, А.М. Джабасов, А.К. Алимгазина ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ КРУПНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОДОХРАНИЛИЩ В ЦЕНТРАЛЬНОМ КАЗАХСТАНЕ МЕТОДАМИ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПОЛНЕНИЯ ЗАПАСОВ	168
Б.И. Нурмухамбетова, Е.Ж. Муртазин, С.Р. Тажиев, М.Ж. Акынбаева ОБ ЭФФЕКТИВНОМ ИЗВЛЕЧЕНИИ ЛИТИЯ ИЗ ПРИРОДНЫХ РАССОЛОВ	179
А.С. Тангирбергенова, К.Е. Калиева, Ш.К. Капар, Ж.З. Жакупова ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА КОЛОДЕЗНОЙ ВОДЫ	191
Д.Ә. Тлеш, Б. Халхабай ПРИМЕНЕНИЕ МЕДЛЕННОЙ ПЕСЧАНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДОЙ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ	200

МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

К. Калым, Ш.Т. Дуйсенова, С.Т. Демесова, А.К. Жунусова ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СОЕВЫХ ЗЕРЕН С АКТИВНОЙ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ	208
Д.К. Карманов, Ж.Б. Жумагулов, Е. Саркынов, Р.М. Касимова ИНЖЕНЕРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РОТОРНОГО АГРЕГАТА ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ И ПОСЕВА СЕМЯН ДЛЯ ПОЧВ ЮЖНОГО РЕГИОНА КАЗАХСТАНА	221



D.E. Yerzhan¹, A.K. Kurishbayev², V.I. Kiryushin³, Zh.S. Almanova^{2*}

¹NJSC «S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University», Astana, Kazakhstan;

²NJSC «National Academy of Sciences of the Kazakhstan under the President of the Republic of Kazakhstan», Almaty, Kazakhstan;

³Federal Research Centre “V.V. Dokuchaev Soil Science Institute”, Moscow, Russian Federation.

E-mail: Yerzhan.Dilmurat@gmail.com

AGROECOLOGICAL VERIFICATION OF NDVI PRODUCTIVITY ZONES OF SOUTHERN CHERNOZEMS

Yerzhan Dilmurat Yerzhanuly, doctoral student, NJSC «S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University», Kazakhstan, 010000, Astana, 62, Zhenis Avenue

E-mail: Yerzhan.Dilmurat@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-8317-4087>;

Kurishbayev Akylbek Kazhigulovich, doctor of agricultural sciences, professor, academician, President of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan under the President of the Republic of Kazakhstan, Republic of Kazakhstan, 050010, Almaty, 29, Kurmangazy Street

E-mail: Akylbekkk_17@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0568-5964>;

Kiryushin Valery Ivanovich, doctor of biological sciences, professor, academician of the Russian Academy of Sciences, chief researcher at the Federal Research Centre «V.V. Dokuchaev Soil Science Institute», Russian Federation, 119017, Moscow, 7 Pyzhevsky Lane, building 2, near Tretyakovskaya and Polyanka metro stations

E-mail: vkiryushin@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3766-1932>;

Almanova Zhanna Sarsimbayevna, PhD, Head of the Center for Agrobioresources and Ecology Sciences, National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan under the President of the Republic of Kazakhstan, Kazakhstan, 050010, Almaty, 29, Kurmangazy Street

E-mail: Zhanna051218@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9396-9109>.

Abstract. *Introduction.* Sustainable agriculture in the grain-producing regions of Kazakhstan requires a transition from generalized technological solutions to agroecologically differentiated land resource management. In this context, verification of productivity zones identified by NDVI is of particular importance, since remote sensing indices reflect the spatial heterogeneity of crops but do not always explain its soil-landscape and biological causes. *Materials and methods.* The aim of the study was to perform agroecological verification of NDVI-based productivity zones through the analysis of microrelief, soil agrochemical status, and phenological indicators of agricultural crops. The study was conducted in 2024–2025 on the territory of Olzha-Sadchikovskoye LLP, Kostanay District, Kostanay Region, covering an area of 1,500 ha, including fields No. 18, No. 33, No. 67–71, and No. 90. The study used soil-landscape survey materials, SRTM data, NDVI images, satellite images with a resolution of 2.44–30 m, results of agrochemical analysis of the 0–20 cm soil layer, and field phenological records. *Results and discussion.* A three-level verification scheme was proposed: the remote sensing level — NDVI; the soil-landscape level — microrelief and agrochemical indicators; and the biological level — plant density and plant height. It was established that stable productivity zones are associated with relief, moisture availability, particle-size composition, and nutrient supply. The stable area of the zones was 72 % in field No. 67–71, 43 % in field No. 18, and 58 % in field No. 90. The content of available potassium increased from slopes to depressions, from 650 to 950 mg/kg. *Conclusion.* NDVI zones should be considered as a diagnostic layer requiring soil-agroecological and biological verification to substantiate differentiated crop management.

Keywords: NDVI, agroecological land assessment, microrelief, southern chernozems, phenological

response, agrochemical indicators

For citation: Yerzhan D.E., Kurishbayev A.K., Kiryushin V.I., Almanova Zh.S., Zvyagin G.A. (2026). Agroecological verification of NDVI productivity zones of southern chernozems // Research, results – Изденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 4. Number 112. Pp. 74–89. <https://doi.org/10.37884/4-2026/06> [In Russ.].

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

Funding: *The research was carried out within the framework of the programme-targeted funding project BR22885719, “Development and implementation of sustainable farming systems for profitable agricultural production under changing climate conditions for various soil and climatic zones of Kazakhstan”, under the project activity: “Agroecological land assessment and design of adaptive landscape farming systems based on GIS technologies to optimize soil fertility”, 2024–2026.*

Д.Е. Ержан¹, А.К. Куришбаев², В.И. Кирюшин³, Ж.С. Алманова^{2*}

¹«С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Астана, Қазақстан;

²Қазақстан Республикасы Президентінің жанындағы «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» КеАҚ, Алматы, Қазақстан;

³В.В. Докучаев атындағы Топырақтану институты» Федералдық зерттеу орталығы» Федералдық мемлекеттік бюджеттік ғылыми мекемесі, Мәскеу, Ресей Федерациясы.

E-mail: Yerzhan.Dilmurat@gmail.com

ОҢТҮСТІК ҚАРА ТОПЫРАҚТАРДАҒЫ NDVI БОЙЫНША ӨНІМДІЛІК АЙМАҚТАРЫН АГРОЭКОЛОГИЯЛЫҚ ВЕРИФИКАЦИЯЛАУ

Ержан Ділмұрат Ержанұлы, докторант, «С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті» КеАҚ, Қазақстан, 010000, Астана, Жеңіс даңғылы, 62

E-mail: Yerzhan.Dilmurat@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-8317-4087>;

Куришбаев Ақылбек Қажығұлұлы, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, академик, Қазақстан Республикасы Президентінің жанындағы Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясының Президенті, Қазақстан, 050010, Алматы, Құрманғазы көшесі, 29

E-mail: Akylbekkk_17@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0568-5964>;

Кирюшин Валерий Иванович, биология ғылымдарының докторы, профессор, Ресей ғылым академиясының академигі, «В.В. Докучаев атындағы Топырақтану институты» Федералдық зерттеу орталығы» ФМБФМ бас ғылыми қызметкері, Ресей Федерациясы, 119017, Мәскеу, Пыжевский тұйық көшесі, 7-үй, 2-құрылыс, Третьяковская және Полянка метро станциялары

E-mail: vkiryushin@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3766-1932>;

Алманова Жанна Сарсимбайқызы, PhD докторы, Қазақстан Республикасы Президентінің жанындағы Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы Агробioresурстар және экология ғылымдары орталығының басшысы, Қазақстан, 050010, Алматы, Құрманғазы көшесі, 29

E-mail: Zhanna051218@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9396-9109>.

Аннотация. *Kipicne.* Қазақстанның астық өндіретін өңірлерінде тұрақты егіншілік орташа алынған технологиялық шешімдерден жер ресурстарын агроэкологиялық тұрғыдан сараланған басқаруға көшуді талап етеді. Осы тұрғыда NDVI бойынша бөлінген өнімділік аймақтарын верификациялау маңызды мәнге ие, өйткені қашықтан зондтау индекстері егістіктердің кеңістіктік әркелкілігін көрсеткенімен, оның топырақ-ландшафттық және биологиялық себептерін әрдайым түсіндіре бермейді. *Материалдар мен әдістер.* Зерттеудің мақсаты микрорельефті, топырақтың агрохимиялық жай-күйін және ауыл шаруашылығы дақылдарының фенологиялық көрсеткіштерін талдау негізінде NDVI бойынша өнімділік аймақтарын агроэкологиялық верификациялау болды. Зерттеулер 2024–2025 жж. Қостанай облысы Қостанай ауданы аумағындағы «Олжа-Садчиковское» ЖШС жерлерінде, №18, №33, №67–71 және №90 танаптарды қамтитын 1500 га алаңда жүргізілді. Топырақ-ландшафттық зерттеу материалдары, SRTM деректері, NDVI-суреттер, кеңістіктік ажыратымдылығы 2,44–30 м ғарыштық суреттер, 0–20 см қабаттың агрохимиялық талдау нәтижелері және далалық фенологиялық есепке алу деректері пайдаланылды. *Нәтижелер және талқылау.* Верификацияның үш деңгейлі схемасы ұсы-

нылды: қашықтан зондтау деңгейі – NDVI, топырақ-ландшафттық деңгей – микрорельеф және агрохимиялық көрсеткіштер, биологиялық деңгей — өсімдіктердің жиілігі мен биіктігі. Тұрақты өнімділік аймақтарының жер бедерімен, ылғалмен қамтамасыз етілуімен, гранулометриялық құрамымен және қоректік элементтермен байланысты екені анықталды. Аймақтардың тұрақты ауданы №67–71 танапта 72 %, №18 танапта 43 % және №90 танапта 58 % құрады. Жылжымалы калий мөлшері беткейлерден ойпаңдарға қарай 650-ден 950 мг/кг-ға дейін артты. *Қорытынды.* NDVI-аймақтарын егістікті саралап басқаруды негіздеу үшін топырақ-агроэкологиялық және биологиялық верификацияны талап ететін диагностикалық қабат ретінде қарастыру қажет.

Түйін сөздер: NDVI, жерлерді агроэкологиялық бағалау, микрорельеф, оңтүстік қара топырақтар, фенологиялық реакция, агрохимиялық көрсеткіштер

Дәйексөз үшін: Ержан Д.Е., Куришбаев А.К., Кирюшин В.И., Алманова Ж.С., Звягин Г.А. (2026). Оңтүстік қара топырақтардың NDVI бойынша өнімділік аймақтарын агроэкологиялық верификациялау. // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 4. Number 112. Pp. 74–89. <https://doi.org/10.37884/4-2026/06> [In Russ.].

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

Алғыс: ғылыми жұмыс BR22885719 «Қазақстанның әртүрлі топырақ-климаттық аймақтары үшін өзгермелі климат жағдайында ауыл шаруашылығы өнімін рентабельді өндіруге арналған тұрақты егіншілік жүйелерін әзірлеу және енгізу» бағдарламалық-нысаналы қаржыландыруы шеңберінде, жобалық іс-шара бойынша: «Топырақ құнарлылығын оңтайландыру жолдарын шешу үшін ГАЖ технологиялары негізінде жерлерді агроэкологиялық бағалау және адаптивті-ландшафттық егіншілік жүйелерін жобалау», 2024–2026 жж.

Д.Е. Ержан¹, А.К. Куришбаев², В.И. Кирюшин³, Ж.С. Алманова^{2*}

¹НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», Астана, Казахстан;

²НАО «Национальная академия наук Республики Казахстан при Президенте Республики Казахстан», Алматы, Казахстан;

³ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт имени В.В. Докучаева», Москва, Российская Федерация.
E-mail: Yerzhan.Dilmurat@gmail.com

АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ NDVI-ЗОН ПРОДУКТИВНОСТИ ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЁМОВ

Ержан Ділмұрат Ержанұлы, докторант НАО «Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина», Казахстан, 010000, Астана, проспект Женис, 62
E-mail: Yerzhan.Dilmurat@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-8317-4087>;

Куришбаев Акылбек Кажигулович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик, Президент Национальной академии наук РК при Президенте Республики Казахстан, Казахстан, 050010, Алматы, ул. Курмангазы, 29
E-mail: Akylbekkk_17@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0568-5964>;

Кирюшин Валерий Иванович, доктор биологических наук, профессор, академик Российской академии наук, главный научный сотрудник ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В.В. Докучаева», РФ, 119017, Москва, Пыжевский пер., д.7, стр.2 Ст/М Третьяковская, Полянка
E-mail: vkiryushin@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3766-1932>;

Алманова Жанна Сарсимбаевна, доктор PhD, руководитель центра наук об агробиоресурсах и экологии Национальной академии наук РК при Президенте Республики Казахстан, Казахстан, 050010, Алматы, ул. Курмангазы, 29
E-mail: Zhanna051218@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9396-9109>.

Аннотация. Введение. Устойчивое земледелие в зернопроизводящих регионах Казахстана требует перехода от усреднённых технологических решений к агроэкологически дифференцированному управлению земельными ресурсами. В этом контексте важное значение имеет верификация зон продуктивности, выделенных по NDVI, поскольку дистанционные индексы отражают пространственную

неоднородность посевов, но не всегда объясняют её почвенно-ландшафтные и биологические причины. *Материалы и методы.* Целью исследования являлась агроэкологическая верификация NDVI-зон продуктивности на основе анализа микрорельефа, агрохимического состояния почв и фенологических показателей сельскохозяйственных культур. Исследования проведены в 2024–2025 гг. на территории ТОО «Олга-Садчиковское» Костанайского района Костанайской области на площади 1500 га, включающей поля №18, №33, №67–71 и №90. Используются материалы почвенно-ландшафтного обследования, данные SRTM, NDVI-снимки, космические снимки разрешением 2,44–30 м, результаты агрохимического анализа слоя 0–20 см и полевые фенологические учёты. *Результаты и обсуждение.* Предложена трёхуровневая схема верификации: дистанционный уровень — NDVI, почвенно-ландшафтный уровень — микрорельеф и агрохимические показатели, биологический уровень — густота стояния и высота растений. Установлено, что устойчивые зоны продуктивности связаны с рельефом, влагообеспеченностью, гранулометрическим составом и элементами питания. Стабильная площадь зон составила 72 % на поле №67–71, 43 % на поле №18 и 58 % на поле №90. Содержание подвижного калия увеличивалось от склонов к понижениям с 650 до 950 мг/кг. *Заключение.* NDVI-зоны следует рассматривать как диагностический слой, требующий почвенно-агроэкологической и биологической верификации для обоснования дифференцированного управления посевами.

Ключевые слова: NDVI, агроэкологическая оценка земель, микрорельеф, южные чернозёмы, фенологическая реакция, агрохимические показатели

Для цитирования: Ержан Д.Е., Куришбаев А.К., Кирюшин В.И., Алманова Ж.С., Звягин Г.А. (2026). Агроэкологическая верификация NDVI-зон продуктивности южных чернозёмов // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 4. Number 112. Pp. 74–89. <https://doi.org/10.37884/4-2026/06> [In Russ.].

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Благодарность: Научная работа выполнена в рамках ПЦФ BR22885719 «Разработать и внедрить устойчивые системы земледелия для рентабельного производства сельскохозяйственной продукции в условиях изменяющегося климата для различных почвенно-климатических зон Казахстана» по проектному мероприятию: «Агроэкологическая оценка земель и проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия на основе ГИС технологий для решения путей оптимизации плодородия почв», 2024–2026 гг.

Введение.

Современное земледелие степной зоны Казахстана развивается в условиях выраженной пространственной неоднородности почвенного покрова, нестабильного влагообеспечения, усиления деградационных процессов и необходимости повышения эффективности использования пахотных земель. Для Северного Казахстана эта проблема имеет особое значение, поскольку регион относится к основной зоне зернового и масличного производства, где продуктивность сельскохозяйственных культур определяется не только агротехническим уровнем хозяйства, но и соответствием культуры, технологии и сорта конкретным почвенно-ландшафтным условиям. В этих условиях универсальная технологическая схема, рассчитанная на «среднее поле», снижает точность агрономических решений и не учитывает внутривидовую изменчивость влаги, гумуса, элементов питания, гранулометрического состава, солонцеватости и эрозийной опасности.

Методологической основой перехода от усредненного земледелия к пространственно дифференцированному управлению является адаптивно-ландшафтная система земледелия. Её сущность состоит в согласовании структуры посевов, обработки почвы, удобрений, защиты растений и почвозащитных мероприятий с агроэкологическими свойствами конкретных участков. В рамках данного подхода агроэкологическая оценка земель рассматривается не как разовая инвентаризация почвенного покрова, а как инструмент выявления лимитирующих факторов продуктивности и проектирования технологических решений для различных агроэкологических групп и видов земель [Kiryushin & Ivanov, 2005; Kiryushin и др., 2021; Chebykina и др., 2024].

В последние годы в аграрной науке усилилось значение геоинформационных систем, дистанционного зондирования Земли и вегетационных индексов при оценке состояния сельскохозяйственных угодий. Нормализованный разностный вегетационный индекс NDVI широко применяется для анализа состояния посевов, выделения зон продуктивности, оценки внутривидовой неоднородности и прогно-

зирования урожайности [Skakun и др., 2021; Yli-Heikkilä и др., 2022; Tiruneh и др., 2023]. Вместе с тем, NDVI представляет собой интегральный спектральный сигнал, отражающий состояние растительного покрова, но не раскрывающий самостоятельно причины формирования высокой или низкой продуктивности. Одни и те же значения NDVI могут быть связаны с различными факторами: влагообеспеченностью, переувлажнением, засолением, солонцеватостью, эрозийным сносом гумусового горизонта, гранулометрическим составом, обеспеченностью азотом, фосфором и калием, а также фенологической фазой культуры [Bhatti и др., 2024; Khutuev и др., 2024; Fadl и др., 2024].

Мировые исследования показывают, что наиболее надежная интерпретация зон продуктивности достигается при комплексном использовании NDVI, почвенных показателей, цифровых моделей рельефа, данных электропроводности почв, исторической урожайности и наземной верификации [Ali и др., 2022; Serrano и др., 2022; Vanderlinden и др., 2024; Dogar и др., 2025]. Такой подход позволяет перейти от описательного картирования неоднородности к выделению управленческих зон, для которых могут быть обоснованы различные режимы обработки почвы, удобрения, орошения, защиты растений и размещения культур. Развитие моделей, объединяющих дистанционные данные и свойства почв, подтверждает, что пространственная изменчивость плодородия и рельефа является одним из ключевых факторов формирования продуктивности агроландшафтов [Ormanci & Dengiz, 2025; Zhang и др., 2025].

Для Казахстана применение дистанционного зондирования и ГИС в аграрной сфере становится одним из направлений цифровизации земледелия. Современные исследования в республике подтверждают эффективность Sentinel-2 и других спутниковых данных для классификации культур, оценки пастбищ, анализа почвенного плодородия, мониторинга климатически обусловленных изменений и пространственной диагностики сельскохозяйственных угодий [Arystanov и др., 2025; Kabzhanova и др., 2025; Shaimerdenova и др., 2026; Tokbergenova и др., 2025]. Однако для условий северной степной зоны Казахстана сохраняется недостаточная разработанность подходов, связывающих многолетние NDVI-зоны продуктивности с микрорельефом, агрохимическими показателями и фактической фенологической реакцией культур в системе адаптивно-ландшафтного земледелия.

В ранее выполненных исследованиях по ТОО «Олга-Садчиковское» были разработаны электронные карты агроэкологической оценки земель, картограммы содержания гумуса, нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия, pH и серы, а также карты пригодности земель под основные сельскохозяйственные культуры. По материалам исследования установлено, что продуктивные и малопродуктивные зоны на полях сохраняют относительную устойчивость в течение нескольких лет, а их пространственное распределение связано с элементами рельефа, влагообеспеченностью, почвенным покровом и агрохимическим состоянием пахотного слоя. В ходе исследования было выявлено, что по полю №67–71 стабильная площадь зон низкой и высокой продуктивности составила 72 %, причем низкие зоны продуктивности часто совпадали с положительными формами рельефа, испытывающими дефицит влаги, тогда как отрицательные формы рельефа характеризовались более благоприятными условиями роста за счет дополнительного увлажнения. По полю №18 стабильная площадь зон продуктивности составила 43 %, при этом были выделены зоны с положительным, средним и отрицательным потенциалом урожайности.

Научная проблема настоящего исследования заключается в необходимости агроэкологической верификации NDVI-зон продуктивности. Для проектирования адаптивно-ландшафтной системы земледелия недостаточно определить, где расположены зоны высокой или низкой продуктивности. Необходимо объяснить, почему они сформировались: за счет микрорельефа, аккумуляции влаги, содержания гумуса, азотного режима, обеспеченности калием, гранулометрического состава или биологической реакции конкретной культуры. Такая постановка позволяет перевести NDVI из формального дистанционного индикатора в диагностический слой, пригодный для агрономического планирования.

Научная новизна исследования заключается в разработке и апробации трехуровневой схемы агроэкологической верификации NDVI-зон продуктивности, основанной на сопряжении дистанционных данных, микрорельефа, агрохимических показателей пахотного слоя и фенологической реакции культур.

Цель исследования – провести агроэкологическую верификацию зон продуктивности, выделенных по NDVI, на основе сопряжения данных микрорельефа, агрохимического состояния почв и фенологической реакции сельскохозяйственных культур в условиях южных чернозёмов Костанайской

области.

Для достижения цели решались следующие задачи: систематизировать многолетние данные NDVI по исследуемым полям; сопоставить зоны продуктивности с элементами микрорельефа; охарактеризовать агрохимическое состояние пахотного слоя; оценить фенологическую реакцию суданской травы, яровой пшеницы и льна масличного по густоте стояния и высоте растений; обосновать возможность использования верифицированных NDVI-зон как основы для дифференциации агротехнологий в адаптивно-ландшафтной системе земледелия.

Материалы и методы.

Исследование выполнено на территории ТОО «Олга-Садчиковское» села Садчиковка Костанайского района Костанайской области. Объект расположен в резко континентальном климате степной зоны на южных чернозёмах. Исследования охватывали четыре производственных поля общей площадью 1500 га: поле №18–171 га, поле №33–337 га, поле №67–71–794 га, поле №90–117 га. Данные поля были выбраны как участки с различной выраженностью рельефа, почвенного покрова и агроэкологических ограничений (таблица 1).

Таблица 1. Объект исследования и площадь полей

Поле	Площадь, га	Культура в фенологических учетах 2025 г.	Агроэкологическая характеристика
№18	171	Лён масличный	Южные чернозёмы, участки со средней расчлененностью, неоднородность продуктивности
№33	337	Суданская трава	Солонцеватость, легкий гранулометрический состав, опесчаненные покровные суглинки с глубины 60–70 см
№67–71	794	Яровая пшеница	Средняя расчлененность, выраженная неоднородность рельефа и продуктивности
№90	117	Лён масличный	Южные чернозёмы, промежуточные условия по расчлененности, неоднородная влагообеспеченность

Методологическая схема исследования включала четыре взаимосвязанных блока: почвенно-ландшафтное обследование, агрохимическую диагностику пахотного слоя, ГИС- и NDVI-анализ, а также фенологическую верификацию зон продуктивности. Такой порядок позволил рассматривать NDVI не как самостоятельный итоговый показатель, а как дистанционный индикатор, требующий сопоставления с почвенными, рельефными и биологическими данными.

Почвенно-ландшафтное обследование проводилось с учетом методических положений агроэкологической оценки земель и проектирования адаптивно-ландшафтных систем земледелия. В 2024 году на исследуемых полях были заложены почвенные разрезы глубиной 100–120 см на различных элементах рельефа. Почвенные образцы отбирались из генетических горизонтов, а также из пахотного слоя 0–20 см по элементарным участкам агрохимической сетки размером 25 га. В 2025 году полевые изыскания проводились с апреля по октябрь почвенной экспедицией. Обследование включало заложение почвенных выработок с GPS-привязкой, отбор почвенных проб, бурение скважин до 4 м для определения уровня грунтовых вод и смены почвообразующих пород, а также разработку АгроГИС в масштабе 1:10 000.

Для лабораторной диагностики использовались образцы пахотного слоя и генетических горизонтов почвенного профиля. Агрохимическая характеристика включала определение нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия, гумуса, pH почвенной среды и подвижной серы. Гумус определяли по методу Тюрина в модификации ЦИНАО; подвижные формы фосфора и калия – по методу Мачигина в модификации ЦИНАО; подвижную серу — по методу ЦИНАО; pH и показатели водной вытяжки – по действующим стандартным методикам. В 2025 году дополнительно учитывался гранулометрический состав почв пипеточным методом по ГОСТ 12536–2014.

ГИС-анализ выполнялся с использованием программной среды QuantumGIS. В состав пространственной базы входили электронные карты рельефа, крутизны и экспозиции склонов, гранулометрического состава, почвообразующих пород, микроструктур почвенного покрова, солонцовых земель, агроэкологических групп и видов земель, а также картограммы содержания гумуса, нитратного азота, подвижного фосфора, обменного калия, pH и серы. В 2025 году дополнительно были разработаны агроэкологические карты возделывания яровой пшеницы, льна масличного, суданской травы, ярового ячменя, донника, кукурузы на силос, а также карта севооборотов и производственных участков.

Для дистанционной оценки продуктивности использовались данные NDVI и космические снимки с пространственным разрешением 2,44; 10; 15 и 30 м, а также цифровая модель рельефа SRTM. Нормализованный разностный вегетационный индекс рассчитывался по стандартному соотношению отражения в ближнем инфракрасном и красном диапазонах: $NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$. Для анализа зон продуктивности использовались многолетние ряды снимков: по полю №67–71 – за 2018–2024 гг., по полю №18 – за 2018–2024 гг., по полю №33 – за 2018–2024 гг., по полю №90 – за 2018–2024 гг. Для построения карт продуктивности отбирались снимки с наиболее выраженными значениями NDVI в период активной вегетации.

Морфометрическая оценка рельефа выполнялась по классам уклонов: $\leq 1^\circ$, $1-2^\circ$, $2-3^\circ$ и $\geq 3^\circ$. Для каждого поля определялась площадь по классам уклонов, средневзвешенный уклон и класс расчлененности территории. Микрорельеф учитывался через выделение водоразделов, склонов и понижений. Эти элементы использовались как основа для сопоставления зон NDVI, агрохимических показателей и фенологических параметров растений. Поле №33 характеризуется низкой расчлененностью, поля №67–70 и №18 – средней расчлененностью, поле №90 занимает промежуточное положение между низкой и средней расчлененностью.

Фенологическая верификация зон продуктивности проводилась по материалам учета густоты стояния и высоты растений. Густота стояния определялась путем подсчета количества растений на площади 1 м^2 в трех повторностях. Учет проводился по элементам рельефа: водораздел, понижение, склон. В наблюдения включались суданская трава на поле №33, яровая пшеница на поле №67–71, лен масличный на полях №18 и №90. Средняя густота стояния составила 32,4 шт./ м^2 для суданской травы, 74 шт./ м^2 – для пшеницы, 122,5 шт./ м^2 – для льна масличного, на поле №18 и 96,4 шт./ м^2 – для льна масличного на поле №90.

Высота растений также оценивалась по элементам рельефа и использовалась как показатель морфометрической реакции культуры на условия микроландшафта. Сопоставление густоты стояния, высоты растений и NDVI-зон позволило выполнить биологическую проверку дистанционно выделенных зон продуктивности. Такой подход соответствует принципу наземной верификации данных дистанционного зондирования и снижает риск ошибочной интерпретации NDVI как прямого показателя урожайности без учета почвенно-ландшафтных факторов.

Агрохимические показатели интерпретировались не изолированно, а в связи с положением участка в рельефе и уровнем вегетационной активности. Содержание подвижного калия закономерно распределялось по элементам рельефа: на водоразделах оно составляло около 800 мг/кг, на склонах – 650 мг/кг, в понижениях – 950 мг/кг. Такое распределение объяснялось эрозионным сносом на склонах и аккумуляцией илестых частиц и органических остатков в понижениях.

Для комплексной интерпретации использовалась логическая схема «NDVI-зона – элемент рельефа – агрохимическое состояние – фенологическая реакция культуры». Были выделены три интерпретационные группы: эрозионные склоны с содержанием гумуса менее 2 % и NDVI менее 0,4; средние по плодородию участки с содержанием гумуса 2,5–3,5 % и NDVI 0,5–0,6; высокопродуктивные зоны с содержанием гумуса более 3,5 % и NDVI более 0,7. Оптимальная зона фотосинтетической активности соответствовала содержанию гумуса 3,5–4,0 % и нитратного азота 7–9 мг/кг.

Статистическая обработка включала расчет средних значений, стандартных отклонений, сравнительную оценку показателей по полям и элементам рельефа, а также корреляционный анализ связи между содержанием гумуса и нитратного азота. Для описания нелинейной зависимости между NDVI, гумусом и азотом использовалась параболическая аппроксимация. Построение самостоятельной прогнозной модели урожайности в рамках данной статьи не выполнялось.

Результаты.

NDVI-анализ показал, что продуктивность исследуемых полей имеет устойчивую пространственную структуру. На поле №67–71 для построения карты продуктивности были использованы снимки с максимальными значениями NDVI за 2018–2024 гг.; стабильная площадь зон низкой и высокой продуктивности составила 72 %. Было выявлено, что низкие зоны продуктивности часто совпадают с положительными элементами рельефа – водоразделами и вершинами, испытывающими дефицит влаги. Отрицательные формы рельефа с лугово-чернозёмными почвами характеризовались более благоприятными условиями роста за счет дополнительного увлажнения (рисунок 1).

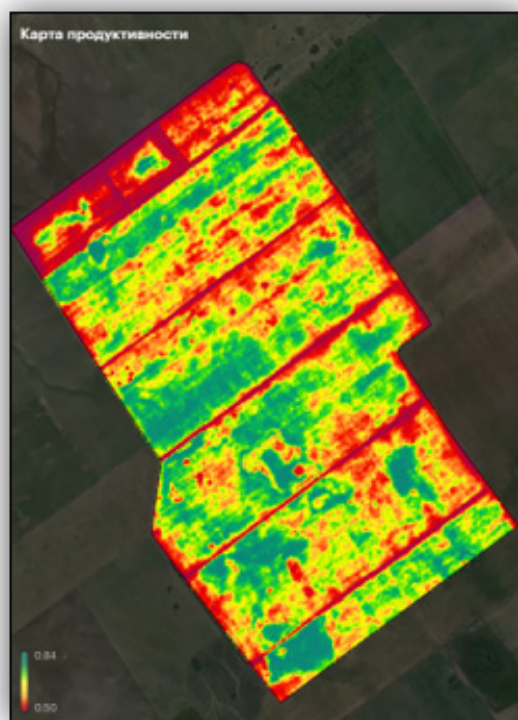


Рис. 1. Усредненная карта продуктивности поля №67–71 на основе данных индекса NDVI за 2018–2024 гг.

[Fig. 1. Average field productivity map for Fields No. 67–71 based on NDVI data for 2018–2024]

Для поля №18 использованы снимки NDVI за 2018–2024 гг. Стабильная площадь поля составила 43 %. Зона 3 занимала 40,9 га, или 23,6 %, и характеризовалась положительным потенциалом урожайности +9,0 %. Зона 2 занимала 99,2 га, или 57,1 %, и отнесена к среднему потенциалу. Зона 1 занимала 33,4 га, или 19,2 %, с потенциалом урожайности –5,0 % (рисунок 2).

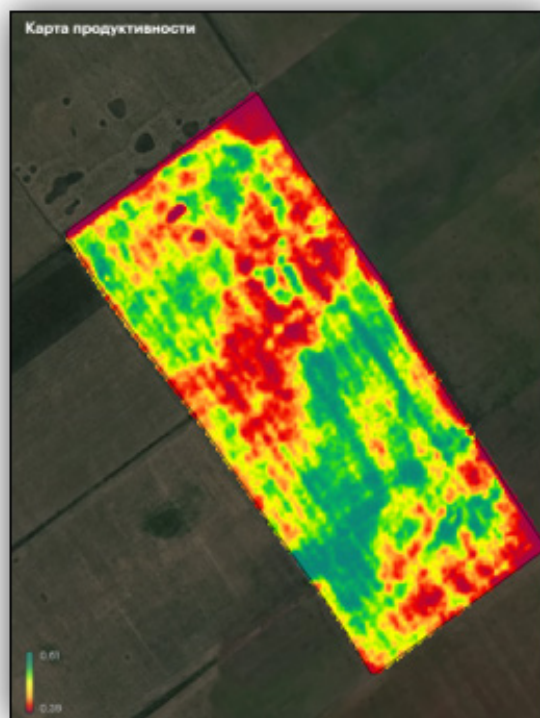


Рис. 2. Усредненная карта продуктивности поля №18 на основе данных индекса NDVI за 2018–2024 гг.

[Fig. 2. Average field productivity map for Field No. 18 based on NDVI data for 2018–2024]

На поле №90 стабильная площадь зон низкой и высокой продуктивности составила 58 %. Зона 3 занимала 37,3 га, или 30,5 %, и характеризовалась потенциалом урожайности +16,0 %. Зона 2 занимала 51,4 га, или 42,0 %. Зона 1 занимала 33,5 га, или 27,4 %, с потенциалом урожайности –9,0 %. Было отмечено, что положительные формы рельефа совпадают с красными зонами карты продуктивности, тогда как отрицательные элементы рельефа формируют более высокую продуктивность за счет дополнительного увлажнения и накопления растительной биомассы (рисунок 3).

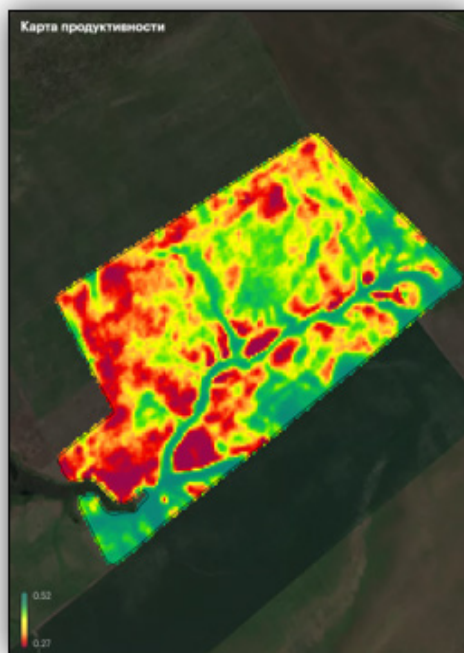


Рис. 3. Усредненная карта продуктивности поля №90 на основе данных индекса NDVI за 2018–2024 гг.
[Fig. 3. Average field productivity map for Field No. 90 based on NDVI data for 2018–2024]

Для построения карт продуктивности поля №33 были отобраны и проанализированы снимки за 2018–2024 гг. Стабильная площадь зон продуктивности на поле №33 составила 43 % (рисунок 4).

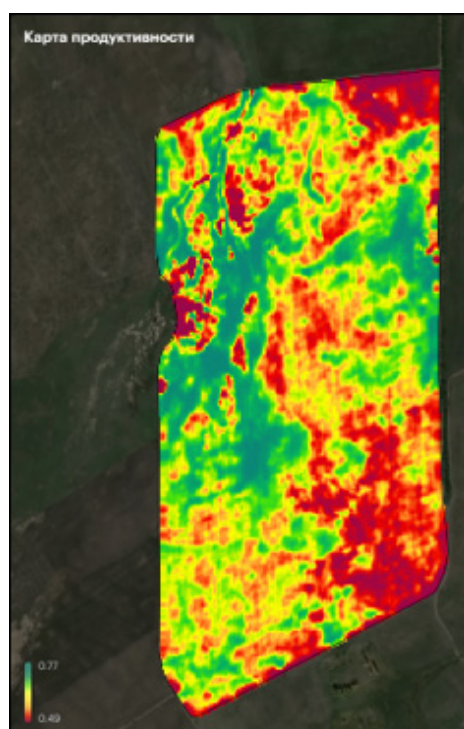


Рис. 4. Усредненная карта продуктивности поля №33 на основе данных индекса NDVI за 2018–2024 гг.
[Fig. 4. Average field productivity map for Field No. 33 based on NDVI data for 2018–2024]

Полученные данные показывают, что NDVI-зоны не являются случайным результатом одного года. Их устойчивость указывает на наличие стабильных почвенно-рельефных факторов, влияющих на продуктивность культур.

Морфометрические данные подтверждают технологическую значимость рельефа (рисунок 5). Поле №33 имеет низкую расчлененность со средним уклоном $0,83^\circ$. Поля №67–71 и №18 имеют средний уклон $1,20^\circ$ и относятся к среднерасчлененным территориям. Поле №90 характеризуется средним уклоном $1,08^\circ$. Было отмечено, что поля №67–70 и №18 имеют значительную долю склонов $1-2^\circ$ и $2-3^\circ$, около 40 %, что требует применения почвозащитных технологий.

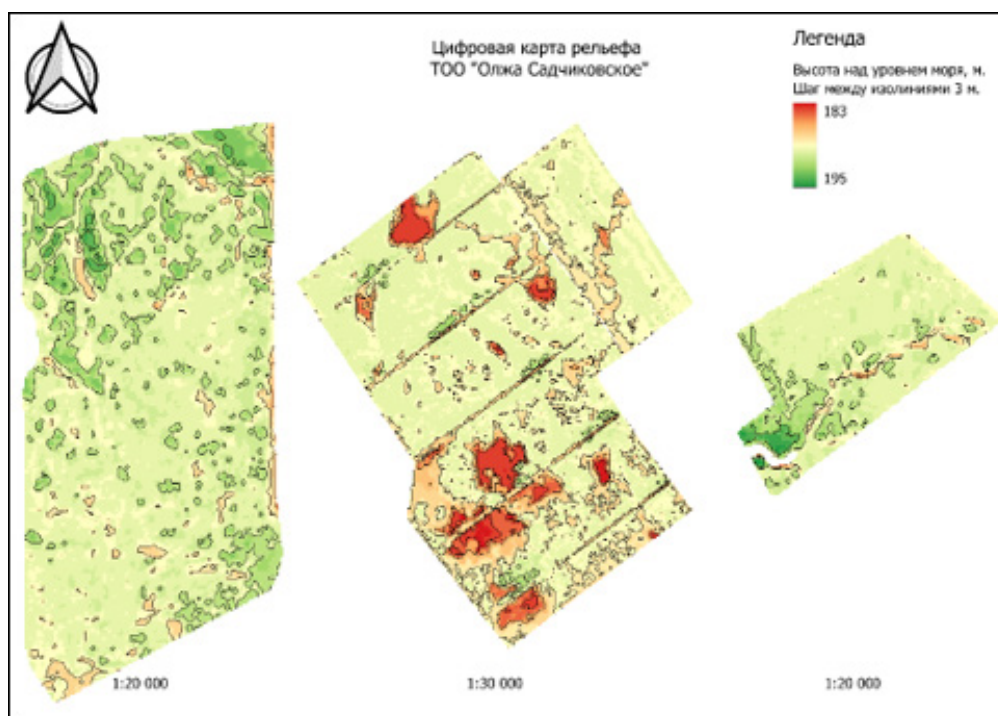


Рис. 5. Цифровая карта рельефа
[Fig. 5. Digital elevation map]

Связь NDVI с рельефом наиболее четко проявилась на полях №67–71 и №90. На положительных формах рельефа NDVI снижался из-за дефицита влаги, тогда как пониженные элементы рельефа обеспечивали лучшие условия для накопления биомассы. Это подтверждает, что микрорельеф выступает не фоновым, а диагностическим фактором при интерпретации зон продуктивности (таблица 2).

Таблица 2. Морфометрическая характеристика исследуемых полей

Поле	Средний уклон S, °	Класс расчлененности	Агроэкологическая интерпретация
№33	0,83	Низкая	Минимальный риск эрозии, но выражены ограничения, связанные с солонцеватостью и легким гранулометрическим составом
№67–70	1,20	Средняя	Необходимость почвозащитной обработки и учета склоновых процессов
№18	1,20	Средняя	Риск внутривершинной дифференциации влаги и питательных веществ
№90	1,08	Низкая–средняя	Промежуточное положение, локальные ограничения по влаге и микрорельефу

Почвенно-агрохимический анализ показал выраженную неоднородность плодородия (таблица 3). Содержание гумуса на большей территории хозяйства варьирует от 2 до 4 %, содержание нитратного азота на всех исследуемых полях относится к очень низкому и низкому уровням: менее 6 мг/кг и 6–9 мг/кг. Подвижный фосфор распределен пестро: поля №67–71 и №18 имеют преимущественно повышенную и высокую обеспеченность, тогда как на других полях отмечается более низкая обеспеченность. Обменный калий на всех полях находится на очень высоком уровне, что связано с минералогическим составом почв и почвообразующих пород.

Таблица 3. Агрохимическая характеристика пахотного горизонта по полям

Поле	n	N-NO ₃ , мг/кг	P ₂ O ₅ , мг/кг	K ₂ O, мг/кг	Гумус, %	pH
№18	30	5,37 ± 2,50	32,89 ± 10,91	825,50 ± 174,20	2,89 ± 0,60	7,52 ± 0,72
№33	19	4,41 ± 3,88	35,18 ± 18,34	575,00 ± 178,64	1,84 ± 0,24	7,02 ± 0,61
№67–71	47	8,29 ± 2,30	38,33 ± 20,16	715,43 ± 174,50	3,09 ± 0,41	7,99 ± 0,59
№90	12	5,83 ± 2,29	23,04 ± 7,96	708,83 ± 183,22	3,17 ± 1,14	8,20 ± 0,66
Всего	108	6,52 ± 3,10	34,57 ± 17,09	720,56 ± 192,38	2,83 ± 0,73	7,71 ± 0,74

Поле №33 выделяется как наиболее ограниченное по агрохимическим и водно-физическим условиям. Низкие показатели плодородия поля №33 связаны с солонцеватостью, легким гранулометрическим составом и подстиланием опесчаненной почвообразующей породой с глубины 60–70 см, что снижает влагоудерживающую способность почв.

В ходе исследований также установлено, что на суглинистых и глинистых почвах NDVI стабильно выше и достигает 0,6–0,7, тогда как на легких по гранулометрическому составу участках наблюдается дефицит калия. Пространственная мозаичность NDVI согласуется с распределением обменного калия. В понижениях, где происходит аккумуляция гумуса и элементов питания, отмечены более высокие и стабильные значения NDVI – 0,65–0,75. Для связи NDVI с гумусом и азотом применялась параболическая аппроксимация; оптимальная зона определена при содержании гумуса 3,5–4,0 % и азота 7–9 мг/кг.

По результатам исследований был проведен анализ корреляционной зависимости между гумусом и азотом в черноземных почвах на разных элементах рельефа. В 2024 году зависимость носила положительный характер: при увеличении гумуса до 4–4,5 % содержание азота возрастало ($r = +0,19$). Параболическая аппроксимация показала нелинейный рост азота при низких значениях гумуса и стабилизацию на высоких. В 2025 году наблюдалась слабая отрицательная корреляция ($r = -0,31$). Это связано с более неблагоприятными климатическими условиями (усиление минерализации, вымывание азота, денитрификация), а также с перераспределением органического вещества по рельефу. При этом максимум азота фиксировался при содержании гумуса около 3,5–4,0 %, после чего рост был незначительным (рисунок 6).

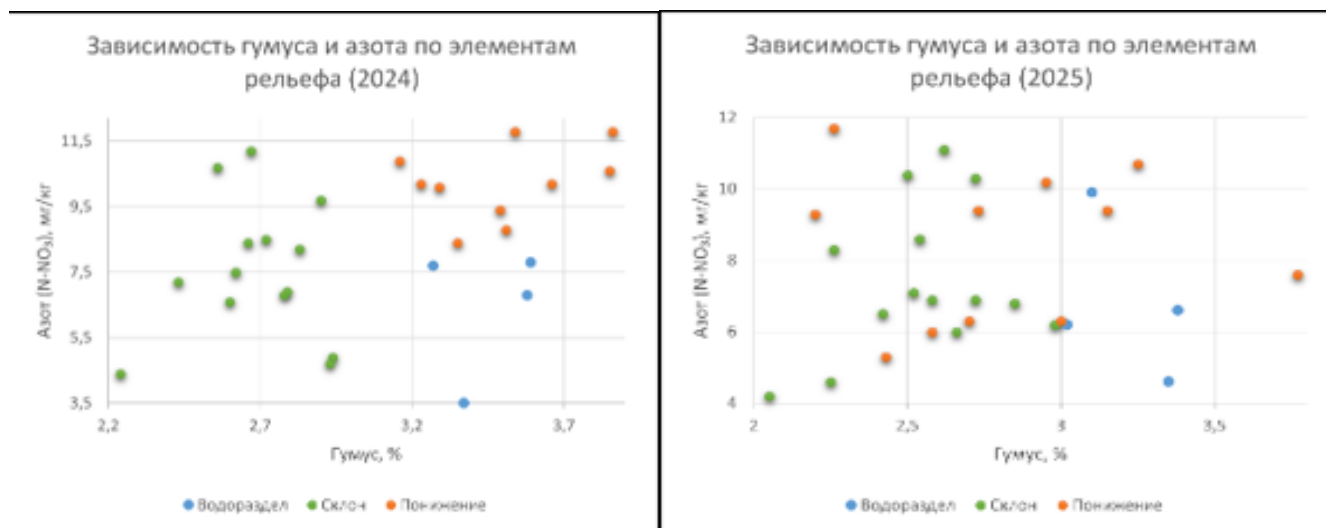


Рис. 6. Корреляционная зависимость между гумусом и азотом на разных элементах рельефа
[Fig. 6. Correlation between humus and nitrogen across different relief elements]

В целом корреляционная зависимость между содержанием гумуса и нитратного азота имеет слабый и умеренно выраженный характер, что объясняется комплексным влиянием геоморфологических условий, агроэкологических групп и видов земель, агрохимических, физико-химических, водно-физических и агротехнических факторов.

Анализ данных за 2024 и 2025 гг. показал, что содержание гумуса закономерно варьирует в зависимости от геоморфологических условий и агроэкологических групп и видов земель. На водо-

разделах (плакорные земли) гумус стабилен и находится на уровне 3,0–3,5 %, что отражает хорошее состояние гумусового горизонта. На склонах 1–3° (эрозионные земли) гумус снижается до 2,2–2,9 % вследствие смыва и деградации верхних горизонтов. В понижениях рельефа (полугидроморфные и гидроморфные земли) отмечается более высокий уровень гумуса - 3,0–3,5 % и выше, за счёт аккумуляции органического материала и влаги.

Данные полевой влажности подтверждают различия между полями. В июне достаточные запасы влаги были характерны для полей №18 и №67–71, где показатели достигали 22–28 %. На поле №90 влажность удерживалась на уровне 15–27 %. На поле №33 условия были менее благоприятными: влажность составляла 10–12 %, что связано с легким гранулометрическим составом и опесчаненными породами. В июле на всех полях произошло резкое снижение влажности, особенно в слое 0–40 см; влажность снижалась до 7–10 %, что совпало с критическим периодом вегетации.

Эти данные объясняют различия в NDVI и фенологической реакции культур. Высокая продуктивность пониженных элементов рельефа связана не только с накоплением элементов питания, но и с лучшими условиями водообеспечения. Наоборот, положительные формы рельефа и склоны, особенно при легком гранулометрическом составе, сильнее подвержены иссушению.

Фенологические учеты показали, что реакция культур на микрорельеф неодинакова. Суданская трава на поле №33 характеризовалась наименьшей густотой всходов среди изученных культур: среднее значение составило 32,4 шт./м². Минимальная густота зафиксирована в понижении — 14 шт./м², максимальная на склоне – 63 шт./м². Это связано с подстиланием опесчаненных покровных суглинков с глубины около 60 см и слабым засолением почвенных горизонтов (таблица 4).

Таблица 4. Густота стояния сельскохозяйственных культур по элементам рельефа, шт./м²

Повторность и элемент рельефа	Суданская трава, поле №33	Пшеница, поле №67–71	Лён масличный, поле №18	Лён масличный, поле №90
Водораздел	21	100	103	93
	39	94	94	83
	27	96	91	152
Понижение	27	33	112	83
	25	50	128	98
	14	47	125	138
Склон	63	71	152	99
	21	98	142	44
	55	77	156	78
Среднее	32,4	74,0	122,5	96,4

Пшеница на поле №67–71 имела среднюю густоту 74 шт./м². Наиболее благоприятные условия для формирования всходов отмечены на водоразделах – 94–100 шт./м². В понижениях густота снижалась до 33–50 шт./м². Наиболее равномерные всходы пшеницы сформировались на водораздельных поверхностях и склонах до 1°.

Лён масличный на поле №18 показал высокую густоту стояния – 122,5 шт./м². Максимальные значения отмечены на склонах – до 156 шт./м², минимальные на водоразделах – 91–103 шт./м². Лён масличный на поле №90 имел среднюю густоту 96,4 шт./м², с диапазоном от 44 шт./м² на склоне до 152 шт./м² на водоразделе.

Фенологические данные подтверждают, что NDVI-зоны продуктивности необходимо интерпретировать с учетом биологии конкретной культуры. Для суданской травы дополнительное увлажнение понижений усиливало рост в высоту, но не всегда обеспечивало максимальную густоту стояния. Для пшеницы более благоприятными оказались водоразделы и слабые склоны. Для льна масличного реакция была неоднородной и зависела от поля: на поле №18 максимальная густота отмечалась на склонах, а на поле №90 высокая изменчивость проявилась между склонами и водоразделами.

Высота растений также отражала видоспецифическую реакцию культур. Суданская трава имела среднюю высоту 154 см; максимум отмечен в понижениях – до 207 см, минимум на водоразделе – 99 см. Это указывает на высокую отзывчивость культуры на дополнительное увлажнение. Пшеница имела среднюю высоту 67,8–67,9 см; самые высокие растения сформировались на водоразделе и склоне – до 86 и 76 см, тогда как в понижениях высота снижалась до 52–64 см. Лён масличный на поле №18 имел среднюю высоту 55,6–55,7 см, без выраженных различий по элементам рельефа; на поле №90

средняя высота составила 60,5–60,6 см, максимум в понижениях –74 см, минимум на склонах – 44 см (таблица 5).

Таблица 5. Высота сельскохозяйственных культур по элементам рельефа, см

Повторность и элемент рельефа	Суданская трава, поле №33	Пшеница, поле №67–71	Лён масличный, поле №18	Лён масличный, поле №90
Водораздел	127	86	46	59
	130	65	54	61
	99	69	62	69
Понижение	183	52	55	52
	207	76	53	61
	203	64	65	74
Склон	146	64	52	44
	130	76	56	61
	161	59	58	64
Среднее	154,0	67,8	55,6	60,5

Сопряжение NDVI, рельефа, агрохимии и фенологии позволяет выделить три типа агроэкологической интерпретации зон продуктивности (таблица 6).

Таблица 6. Агроэкологическая верификация NDVI-зон

Тип зоны	NDVI-признак	Почвенно-рельефное объяснение	Фенологическое проявление	Технологическое следствие
Высокопродуктивная	Стабильно высокие значения NDVI	Понижения, аккумуляция влаги, гумуса и элементов питания	Увеличение высоты суданской травы до 207 см; повышение биомассы	Использование потенциала зоны при контроле переувлажнения и уплотнения
Среднепродуктивная	Средние значения NDVI	Водоразделы и слабые склоны, умеренное влагообеспечение	Равномерные всходы пшеницы на водоразделах — 94–100 шт./м ²	Влагосбережение, рациональное удобрение, поддержание структуры
Низкопродуктивная	Низкие значения NDVI	Склоны, эрозионный снос, опесчаненность, солонцеватость	Снижение густоты и высоты растений, высокая вариабельность	Почвозащитная обработка, мелиоративно-адаптивный режим, ограничение интенсивных технологий

Первый тип – высокопродуктивные зоны аккумулятивного характера. Они чаще связаны с пониженными элементами рельефа, где формируются лучшие условия влагонакопления, повышенное содержание гумуса и элементов питания. Для таких зон характерны более высокие NDVI-значения, диапазоны 0,65–0,75.

Второй тип – среднепродуктивные зоны водораздельного и слабосклонового положения. Эти участки могут обеспечивать равномерные всходы пшеницы и льна, но при недостатке влаги или низком содержании азота их продуктивность ограничивается. Для таких зон требуется сохранение влаги, рациональное питание и минимизация механической нагрузки.

Третий тип – низкопродуктивные зоны склонов, опесчаненных и солонцеватых участков. Они связаны с эрозионным сносом, низкой влагоемкостью, снижением гумуса и питательных элементов. Эрозионные склоны характеризуются низким содержанием гумуса менее 2 % и NDVI менее 0,4.

Обсуждение.

Полученные результаты подтверждают, что NDVI-зоны продуктивности в условиях южных чернозёмов Костанайской области формируются под воздействием комплекса факторов, среди которых ведущими, являются микрорельеф, влагообеспеченность, агрохимическое состояние пахотного слоя и биологические особенности культуры. NDVI в данном случае выступает не конечным результатом исследования, а интегральным индикатором, который требует агроэкологического объяснения.

Наиболее важный методический результат состоит в том, что одни и те же элементы релье-

фа по-разному проявляются в зависимости от культуры. Понижения обеспечивали высокую высоту суданской травы, что связано с дополнительным увлажнением. Однако для пшеницы понижения не были однозначно благоприятными: густота стояния снижалась до 33–50 шт./м², а высота растений в понижениях составляла 52–64 см. Это указывает на то, что дополнительное увлажнение может быть положительным фактором для кормовых культур, но не всегда оптимально для зерновых, особенно при переувлажнении верхних горизонтов, уплотнении или неблагоприятном воздушном режиме.

Связь между NDVI и агрохимическими показателями также имеет сложный характер. На участках с более высоким содержанием гумуса и азота фотосинтетическая активность возрастает до определенного оптимума, после чего зависимость стабилизируется. Оптимальная зона определена при содержании гумуса 3,5–4,0 % и азота 7–9 мг/кг. Это важно для практики, поскольку простое увеличение доз удобрений не гарантирует линейного роста NDVI и продуктивности. Эффект питания реализуется только при благоприятном сочетании влаги, структуры почвы, рельефа и культуры.

Поле №33 представляет особый интерес как пример ограниченно пригодных земель. Низкое содержание гумуса, более низкое содержание обменного калия, легкий гранулометрический состав, солонцеватость и подстиление опесчаненных пород с глубины 60–70 см формируют устойчивые ограничения для продуктивности. Применение мелиоранта на солонцовом участке способствовало увеличению содержания органического вещества на 0,2–0,3 %, частичному замещению Na⁺ в почвенно-поглощающем комплексе, улучшению структурного состояния, активизации минерализации органического азота и нитрификации, что сопровождалось увеличением содержания азота на 3–4 мг/кг и повышением продуктивности суданской травы. Это подтверждает, что для таких земель приоритетом является не повышение технологической интенсивности, а адаптивно-мелиоративный режим использования.

Сравнение NDVI-зон с морфометрическими параметрами показывает, что поля средней расчлененности требуют особого внимания к почвозащитной организации. На полях №67–70 и №18 значительная доля склонов 1–2° и 2–3° указывает на риск перераспределения влаги и питательных веществ. На таких участках интенсивная механическая обработка может усиливать эрозионный снос и снижать устойчивость агроландшафта.

Теоретическая значимость исследования заключается в уточнении методологии агроэкологической интерпретации NDVI. В отличие от подхода, при котором NDVI используется только для выделения зон высокой и низкой продуктивности, предложенная логика включает четыре последовательных уровня: дистанционный сигнал, рельефно-почвенное объяснение, агрохимическое подтверждение и биологическую верификацию через растение. Такой подход соответствует принципам адаптивно-ландшафтного земледелия, где технологическое решение принимается не по среднему полю, а по агроэкологически однородным участкам.

Практическая значимость состоит в возможности использования верифицированных NDVI-зон для проектирования управленческих зон внутри поля. Высокопродуктивные зоны могут использоваться для реализации потенциала культуры при контроле переувлажнения и уплотнения. Среднепродуктивные зоны требуют поддерживающей технологии: влагосбережения, сбалансированного питания, сохранения структуры почвы. Низкопродуктивные зоны требуют почвозащитной обработки, ограничения интенсивного рыхления, сохранения стерни, мелиоративных мероприятий или изменения культуры.

Ограничением исследования является отсутствие единой координатно связанной базы, в которой каждой точке NDVI соответствовали бы значения гумуса, N-NO₃, P₂O₅, K₂O, влажности, густоты стояния, высоты растений и урожайности. Поэтому выполненная верификация имеет сравнительно-агроэкологический характер, а построение прогнозной модели требует расширения базы наблюдений.

Выводы.

Проведенная агроэкологическая верификация показала, что зоны продуктивности, выделенные по NDVI на полях ТОО «Олга-Садчиковское», имеют устойчивую пространственную структуру и отражают влияние стабильных почвенно-рельефных факторов, а не только погодных условий отдельного года: стабильная площадь зон продуктивности составила 72 % на поле №67–71, 43 % на поле №18 и 58 % на поле №90. Одним из ведущих факторов формирования продуктивности выступает микрорельеф: положительные формы рельефа чаще характеризуются дефицитом влаги, тогда как пониженные элементы обеспечивают дополнительное увлажнение, аккумуляцию растительной биомассы и более высокие значения NDVI. Агрохимическое состояние пахотного слоя существенно различалось между

полями; наиболее выраженные ограничения установлены на поле №33, где содержание гумуса составило $1,84 \pm 0,24$ %, обменного калия — $575,00 \pm 178,64$ мг/кг, что связано с солонцеватостью, легким гранулометрическим составом и подстиланием опесчаненными породами с глубины 60–70 см, тогда как более благоприятные показатели плодородия отмечены на полях №18, №67–71 и №90. Рельефо-обусловленное перераспределение элементов питания подтверждается содержанием подвижного калия: на склонах оно составило 650 мг/кг, на водоразделах — 800 мг/кг, в понижениях — 950 мг/кг, что указывает на роль склоновых процессов, аккумуляции тонкодисперсных частиц и органического вещества в формировании агрохимической неоднородности. Фенологическая реакция культур подтвердила необходимость биологической верификации NDVI-зон: суданская трава проявила высокую отзывчивость на дополнительное увлажнение понижений, достигая высоты до 207 см, пшеница формировала наиболее равномерные всходы на водоразделах и слабых склонах, а лен масличный демонстрировал выраженную изменчивость густоты и высоты растений в зависимости от поля и микрорельефа. Полученные результаты показывают, что NDVI-зоны продуктивности не могут использоваться как самостоятельный агрономический диагноз; их практическая ценность возникает при сопряжении с данными рельефа, агрохимического анализа, влажности почвы и фенологической реакции культур. Для условий южных чернозёмов Костанайской области верифицированные NDVI-зоны целесообразно использовать как основу для выделения управленческих участков в адаптивно-ландшафтной системе земледелия: в высокопродуктивных зонах необходимо реализовывать потенциал культуры при контроле переувлажнения и уплотнения, в среднепродуктивных — применять влагосберегающие и поддерживающие технологии, в низкопродуктивных — использовать почвозащитную обработку, мелиоративно-адаптивные мероприятия и корректировку структуры культур. Дальнейшие исследования в Республике Казахстан должны быть направлены на формирование единой координатно связанной базы данных, включающей NDVI, цифровую модель рельефа, агрохимические показатели, влажность почвы, урожайность и фенологические параметры, что позволит перейти от описательной агроэкологической верификации к прогнозным моделям управления продуктивностью пашни.

REFERENCES

- Aghaloo, K., & Sharifi, A. (2023). A GIS-based agroecological model for sustainable agricultural production in arid and semi-arid areas: The case of Kerman Province. — Iran. *Current Research in Environmental Sustainability*. 6. 100230. <https://doi.org/10.1016/j.crsust.2023.100230>
- Arystanov, A., Sagin, J., Karabkina, N., Arystanova, R., Yermekov, F., Kabzhanova, G., Bekseitova, R., Aktymbayeva, A., & Kutymova, N. (2025). Automatic classification of agricultural crops using Sentinel-2 data in the rainfed zone of Southern Kazakhstan. *Agronomy*, 15(9), 2040. <https://doi.org/10.3390/agronomy15092040>
- Ali, A., Rondelli, V., Martelli, R., Falsone, G., Lupia, F., & Barbanti, L. (2022). Management zones delineation through clustering techniques based on soils traits, NDVI data, and multiple year crop yields. *Agriculture*. 12(2). 231. <https://doi.org/10.3390/agriculture12020231>
- Bhatti, M.T., Gilani, H., Ashraf, M., Iqbal, M.S. & Munir, S. (2024). Field validation of NDVI to identify crop phenological signatures. *Precision Agriculture*. 25. 2245–2270. <https://doi.org/10.1007/s11119-024-10165-6>
- Chebykina, E.Y., Bykova, G.S. & Karmanov, I.I. (2024). Agroecological assessment of arable lands in the Leningrad Region of Russia under the influence of climate change. *Agronomy*. 14(9). 2113. <https://doi.org/10.3390/agronomy14092113>
- Dogar, S.S., Brogi, C., O'Leary, D., Hernández-Ochoa, I.M., Donat, M., Vereecken, H., & Huisman, J.A. (2025). Combining electromagnetic induction and satellite-based NDVI data for improved determination of management zones for sustainable crop production. *SOIL*. 11. 655–679. <https://doi.org/10.5194/soil-11-655-2025>
- Fadl, M.E., AbdelRahman, M.A.E., El-Desoky, A.I., & Sayed, Y.A. (2024). Assessing soil productivity potential in arid region using remote sensing vegetation indices // *Journal of Arid Environments*. 222. 105166. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2024.105166>
- Kiryushin, V.I. & Ivanov, A.L. (Eds.). (2005). *Agroekologicheskaya otsenka zemel', proektirovanie adaptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya i agrotekhnologii* [Agroecological land assessment, design of adaptive landscape farming systems and agrotechnologies]. — M.: Rosinformagrotekh. [in Russ.].
- Kiryushin, V.I., Dubachinskaya, N.N., & Yurova, A. Yu. (2021). Comprehensive assessment of agricultural land by the example of the Southern Urals. *Eurasian Soil Science*. 54(11). 1721–1731. <https://doi.org/10.1134/S1064229321110089>
- Khutuev, A.M., Zanirov, A.Kh., Tutukova, D.A., & Savin, I.Yu. (2024). NDVI posevov kak distantsionnyi indikator kachestva pakhotnykh pochv [NDVI of crops as a remote indicator of arable soils quality]. *Dokuchaev Soil Bulletin*. 121. 70–85. [in Russ.]. <https://doi.org/10.19047/0136-1694-2024-121-70-85>
- Kabzhanova, G., Arystanova, R., Bissembayev, A., Arystanov, A., Sagin, J., Nasyiev, B., & Kurmasheva, A. (2025). Remote sensing applications for pasture assessment in Kazakhstan. *Agronomy*. 15(3). 526. <https://doi.org/10.3390/agronomy15030526>
- Ormanci, I.F., & Dengiz, O. (2025). Establishing and verifying soil quality index model based on GIS and remote sensing for cultivated lands under semi-humid terrestrial ecosystem // *International Soil and Water Conservation Research*. 13(2). 379–394. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2024.10.004>
- Skakun, S., Kalecinski, N.I., Brown, M.G.L., Johnson, D.M., Vermote, E.F., Roger, J.C., & Franch, B. (2021). Assessing within-field corn and soybean yield variability from WorldView-3, Planet, Sentinel-2, and Landsat 8 satellite imagery. *Remote Sensing*. 13(5). 872. <https://doi.org/10.3390/rs13050872>
- Serrano, J., Shahidian, S., Paixão, L., da Silva, J.M., & Moral, F. (2022). Management zones in pastures based on soil apparent electrical conductivity and altitude: NDVI, soil and biomass sampling validation. *Agronomy*. 12(4). 778. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040778>
- Shaimerdenova, A., Abdireimov, S., Ashimkhan, N., Zhumakan, A., Auesbekov, N., Kaisanova, A., Vagapova, A., Stepanova, D., Satvaldiyev, B., Ussarov, U., Bektanov, B., & Kenzhalieva, G. (2026). Spatial assessment of soil fertility using GIS and remote sensing: A case

study of Southern Kazakhstan // SABRAO Journal of Breeding and Genetics. 58(1). 474–485. <https://doi.org/10.54910/sabrao2026.58.1.44>

Tokbergenova, A., Kaliyeva, D., Zulpykharov, K., Taukebayev, O., Salmurzauly, R., Assanbayeva, A., Mukhtarov, U., Bilalov, B., & Tokkozhayev, D. (2025). Spatiotemporal assessment of climate change impacts on pasture ecosystems in Central Kazakhstan using remote sensing and spatial analysis. *Sustainability*. 17(22). 10331. <https://doi.org/10.3390/su172210331>

Tiruneh, G.A., Meshesha, D.T., Adgo, E., Tsunekawa, A., Haregeweyn, N., Fenta, A.A., Alemayehu, T.Y., Mulualet, T., Fekadu, G., Demissie, S. & Reichert, J.M. (2023). Mapping crop yield spatial variability using Sentinel-2 vegetation indices in Ethiopia // *Arabian Journal of Geosciences*. 16. 631. <https://doi.org/10.1007/s12517-023-11754-x>

Vanderlinden, K., Martínez, G., Ramos, M., et al. (2024). Relevance of NDVI, soil apparent electrical conductivity and topography for variable rate irrigation zoning in an olive grove. *Precision Agriculture*. 25. 3086–3108. <https://doi.org/10.1007/s11119-024-10191-4>

Yli-Heikkilä, M., Wittke, S., Luotamo, M., Puttonen, E., Sulkava, M., Pellikka, P., Heiskanen, J., & Klami, A. (2022). Scalable crop yield prediction with Sentinel-2 time series and temporal convolutional network. *Remote Sensing*. 14(17). 4193. <https://doi.org/10.3390/rs14174193>

Zhang, X., Ma, Y., Ma, S., Qin, C., Wang, Y., Liu, H., Chen, L., & Zhu, X. (2025). Mapping soil available nitrogen using crop-specific growth information and remote sensing. *Agriculture*, 15(14), 1531. <https://doi.org/10.3390/agriculture15141531>

Ержан Ділмұрат Ержанұлы — разработка методологии исследования, сбор экспериментальных данных, подготовка обзора литературы, статистический анализ, обработка материала, написание текста статьи.

Куришбаев Акылбек Кажигулович — разработка методологии исследования, формулировка целей и задач исследования.

Киришин Валерий Иванович — разработка методологии исследования, формулировка целей и задач исследования.

Алманова Жанна Сарсимбаевна — разработка методологии исследования, формулировка целей и задач исследования, статистический анализ, обработка материала, написание текста статьи.

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/>

29.08.2026 ж.