



ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ПРЕЗИДЕНТІНІҢ ЖАНЫНДАҒЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ  
АКАДЕМИЯСЫ

№02

ISSN 2304-3334  
№02(110)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 ПРЕЗИДЕНТИНІҢ ЖАНЫНДАҒЫ  
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ**

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

<b>Research, results</b>	<b>Ізденістер, нәтижелер</b>	<b>Исследования, результаты</b>
Published since 1999.	Издается с 1999 г. Том	Издается с 1999 г.
Volume 28. No.110. 2026	28. No.110. 2026	Том 28. No.110. 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:

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

### DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

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

### EDITORIAL TEAM:

**Abilai Ryspaevich Sansyzbay** — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kazakh National Agrarian Research University. (Scopus h-16)

**Nurzhan Biltebaikyzy Sarsembayeva** — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kazakh National Agrarian Research University. (Scopus h-8)

**Akhmetzhan Akievich Sultanov** — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Kazakh National Agrarian Research University, Director of the Department of Science; (Scopus h-12)

**Sobiech Przemyslaw Hubert** — Doctor of Veterinary Sciences, Professor, University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland; (Scopus h-12)

**Andrey Pavlinovich Bogoyavlensky** — Doctor of Biological Sciences, Professor, “Research and Production Center of Microbiology and Virology” LLP; (Scopus h-16)

**Iancu Ionica Mihaela** — Associate Professor, PhD, Faculty of Veterinary Medicine, Banat University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine “King Michael I of Romania”, 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)

**Bakhytzhан 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 Sansyrbayevich 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)

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

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

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

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

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

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

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

**Wenfeng Liu** — PhD, профессор. Қытай ауылшаруашылық университеті (China Agricultural University); (Scopus h-39)

**Хамидов Мухамадхан** — ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор. Ташкент суару және ауыл шаруашылығын механикаландыру инженерлері институты, Өзбекстан; (Scopus h-14)

**Алдиярова Айнур Есиркеповна** — PhD, қауымдастырылған профессор. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті; (Scopus h-4)

**Ануарбеков Канат Курманович** — PhD, қауымдастырылған профессор. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті; (Scopus h-5)

**Мадибеков Азамат Сансызбаевич** — PhD, қауымдастырылған профессор. «Гидрохимия және экологиялық токсикология» зертханасының жетекшісі, География және су қауіпсіздігі институты; (Scopus h-8)

**Сарсекова Дани Нургисаевна** — ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, профессор, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, «Орман шаруашылығы және жер ресурстары» факультетінің деканы; (Scopus h-8)

**Жилдикбаева Айжан Наскеновна** — PhD, Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, «Жер ресурстары және кадастр» кафедрасының қауымдастырылған профессоры; (Scopus h-7)

**Досманбетов Данияр Ахметович** — PhD, қауымдастырылған профессор, «Ә. Н. Бөкейхан атындағы орман шаруашылығы және агроорман шаруашылығы ғылыми-зерттеу институты» ЖШС Алматы филиалының жетекші ғылыми қызметкері; (Scopus h-10)

**Sezgin AYAN** — доктор профессор, Кастамону университеті, орман шаруашылығы факультеті, орман шаруашылығы бөлімінің меңгерушісі (Түркия); (Scopus h-14)

**Шульц Роман Владимирович** — PhD, профессор. Король Фадх атындағы Мұнай және минералдар университеті, Сауд Арабиясы; (Scopus h-11)

**Астанакулов Комил Дуллиевич** — техника ғылымдарының докторы. Өзбекстанның «Ташкент ирригация және ауыл шаруашылығын механикаландыру инженерлері институты» Ұлттық зерттеу университетінің «Ауыл шаруашылығы техникасы және технологиясы» кафедрасының меңгерушісі; (Scopus h-20)

**Нукешов Саяхат Оразович** — техника ғылымдарының докторы, профессор. С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті. «Техникалық механика» кафедрасының профессоры; (Scopus h-8)

**Хазимов Марат Жалелович** — техника ғылымдарының кандидаты. Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті, «Энергетика және электротехника» кафедрасының профессоры; (Scopus h-5)

**Daskalov Plamen** — PhD, профессор, Ангел Кънчев атындағы Русе Университеті, даму, үйлестіру және 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 плодоовощеводства»; (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 плодоовощеводства, защиты и карантина растений; (Scopus h-9)

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

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

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

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

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

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

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

- Алдиярова 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)
- Ливню 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**

<b>M.K. Aldabergenov, T. Abilzhanuly, M.Ya. Mikhov, N.M. Orynbayev</b> COMBINED SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF COMPLETE FEED BASED ON A BIOACTIVE MEDIUM USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE .....	9
<b>K.A. Iskakov, A.C. Katasheva, M.B. Kalmagambetov, B.T. Kulataev</b> STUDY OF THE PARAMETERS OF ECONOMICALLY USEFUL SIGNS OF THE QIGAI SHEEP BREED .....	24
<b>E. Razuan, A.M. Ombayev, S.A. Dauletov, S.T. Eshmuratova</b> AGE AND SEX-RELATED CHANGES IN LIVE BODY WEIGHT OF CAMEL .....	32

**AGRICULTURE, AGROCHEMICAL, FEED PRODUCTION, AGROECOLOGY**

<b>V.A. Volobaeva, V.I. Kobernitsky, I.A. Zhirnova</b> EVALUATION OF QUALITY TRAITS IN BUCKWHEAT DURING THE FINAL STAGES OF SELECTION IN NORTHERN KAZAKHSTAN .....	41
<b>Sh.Ye. Yelikbayeva, D.K. Molzhigitova, A.K. Kassen, Z. Kuzairova</b> EFFECTIVENESS OF THE USE OF GIS TECHNOLOGY IN THE TERRITORIAL PLANNING OF THE NORTH KAZAKHSTAN REGION .....	51
<b>M.Zh. Koshmagambetova, Zh.A. Tokbergenova, O.V. Karpova, S. Murat, Weixing Shan</b> ECOLOGICAL EVALUATION OF FOREIGN POTATO VARIETIES IN SOUTHEAST KAZAKHSTAN .....	61
<b>I.A. Nurpeisov, Zh.D. Kadyrbekova, R.Zh. Saparbaev</b> SPRINGWHEAT VARIETIES AND LINES FOR THE SOUTHERN REGIONS OF KAZAKHSTAN .....	75
<b>E.A. Ten, I.P. Oshergina, D.M. Pestova</b> EFFECTS OF CLIMATIC FACTORS ON PHENOLOGICAL ADAPTATION AND YIELD OF SPRING RAPESEED GENOTYPES (BRASSICA NAPUS) .....	87
<b>S.P. Makhmadjanov, O.A. Kostak, B.S. Asabaev, D.S. Makhmadjanov</b> COLLECTION AND STUDY OF FOREIGN AND DOMESTIC COTTON VARIETIES .....	97

**WATER, LAND AND FOREST RESOURCES**

<b>K. Abaeva, M. Shynybekov, B. Yessimbek, O. Adalkan, N. Tazhetdinov</b> STUDY OF THE GROWTH PROCESS OF SAXAUL IN THE SOUTH BALKHASH REGION .....	111
<b>Z. Adilbaeva, G. Myrzabaeva, A. Slambayeva, A. Igembaeva, T. Allambergenov</b> IMPROVEMENT OF THE SEED PROPAGATION METHOD OF SPRUCE SCHRENK USING GROWTH STIMULATORS .....	123
<b>S.Yu. Dolgopola, G.M. Ablaysanova, A.A. Aitkaliyeva, M.O. Aubakirova</b> HYDROCHEMICAL AND TOXICOLOGICAL REGIME OF THE MAIN LAKES OF THE BURABAY SNNP .....	139
<b>D.A. Dosmanbetov, R.S. Akhmetov, B.M. Zhumanov, E.M. Kaspakbayev, Ch. Feng</b> PROMISING TREE AND SHRUB SPECIES FOR LANDSCAPING IN WESTERN KAZAKHSTAN .....	148
<b>M.A. Kaygermazova, M.T. Sembekov, E.A. Shadenova</b> MORPHOLOGICAL VARIABILITY OF PAULOWNIA TOMENTOSA UNDER CONTROLLED CONDITIONS .....	161
<b>Zh. Shakenova, N. Ozeranskaya, G. Aitkhozhayeva, Yu. Rogatnev</b> TERRITORIAL ZONING OF AGRICULTURAL LANDS OF THE AKMOLA REGION ON AN AGROLANDSCAPE BASIS .....	173

**AGRICULTURE MECHANIZATION AND ELECTRIFICATION**

<b>D.A. Zinchenko, D.M. Alikhanov, A.K. Moldazhanov, A.A. Azizov, T.D. Georgieva</b> THE RESULTS OF THE STUDY OF A DIGITAL SYSTEM AND A MULTIFUNCTIONAL MACHINE FOR AUTOMATIC SORTING OF EGGS INTO CATEGORIES .....	184
<b>K. Kalym, Sh.T. Duisenova, D.S. Zauyrbekova, A.K. Zhunusova, D. Karaivanov</b> INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE TEMPERATURE REGIME ON THE PARAMETERS OF POWER TRANSMISSION LINES .....	195
<b>B.N. Nuralin, S.V. Oleinikov, I.M. Pavlov, M.S. Galiev, Ye.M. Janaliev</b> THE RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF A SYMMETRICAL DIAMOND-SHAPED BLADE .....	211
<b>D.B. Ordatayev, Ye.K. Auyelbek, Ye. Sarkynov, K. Zhanymkhan, A. Meshyk</b> A BENCH-MOUNTED SHAFT WELL FOR TESTING A MOBILE CLEANING AND DISINFECTION UNIT .....	225

**МАЗМҰНЫ**  
**МАЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ЖӘНЕ ВЕТЕРИНАРИЯ**

<b>М.К. Алдабергенов, Т. Абилжанулы, М.Я. Михов, Н.М. Орынбаев</b> ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, БИОАКТИВТІ ОРТА НЕГІЗІНДЕ ТОЛЫҚҚУНДЫ ЖЕМ ӨНДІРУДІҢ БІРІКТІРІЛГЕН ЖҮЙЕСІ .....	9
<b>К.А. Искаков, А.Ч. Каташева, М.Б. Калмагамбетов, Б.Т. Кулатаев</b> ЦИГАЙ ҚОЙ ТҰҚЫМЫНЫҢ ШАРУАШЫЛЫҚ-ПАЙДАЛЫ БЕЛГІЛЕРІНІҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ .....	24
<b>Е. Разуан, А.М. Омбаев, С.А. Дәулетов, С.Т. Ешмуратова</b> ТҮЙЕ ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ ТІРЛЕЙ САЛМАҒЫНЫҢ ЖАСЫНА ЖӘНЕ ЖЫНЫСЫНА БАЙЛАНЫСТЫ ӨЗГЕРУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ .....	32

**АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ, АГРОХИМИЯ, АЗЫҚ ӨНДІРУ, АГРОЭКОЛОГИЯ**

<b>В.А. Волобаева, В.И. Коберницкий, И.А. Жирнова</b> СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДА СЕЛЕКЦИЯНЫҢ СОҒҒЫ КЕЗЕҢДЕРІНДЕ ҚАРАҚҰМЫҚ САПАСЫНЫҢ БЕЛГІЛЕРІН БАҒАЛАУ .....	41
<b>Ш.Е. Еликбаева, Д.К. Молжигитова, Ә.Қ. Қасен, З.М. Құзаирова</b> СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫН АУМАҚТЫҚ ЖОСПАРЛАУДА ГАЖ- ТЕХНОЛОГИЯСЫН ҚОЛДАНУДЫҢ ТИІМДІЛІГІ .....	51
<b>М.Ж. Кошмагамбетова, Ж.А. Токбергенова, О.В. Карпова, С. Мұрат, Weixing Shan</b> ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫС ҚАЗАҚСТАН ЖАҒДАЙЫНДА ШЕТЕЛДІК КАРТОП СОРТУЛГІЛЕРІН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ .....	61
<b>И.А. Нурпеисов, Ж.Д. Кадырбекова, Р.Ж. Сапарбаев</b> ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК Өңірлеріне арналған жаздық бидайдың сорттары мен желшлері .....	75
<b>Е.А. Тен, И.П. Ошергина, Д.М. Пестова</b> ЖАЗДЫҚ РАПС ГЕНОТИПТЕРІНІҢ ФЕНОЛОГИЯЛЫҚ БЕЙІМДЕЛУІ МЕН ӨНІМДІЛІГІНЕ КЛИМАТТЫҚ ФАКТОРЛАРДЫҢ ӨСЕРІ (BRASSICA NAPUS) .....	87
<b>С.П. Махмаджанов, О.А. Костак, Б.С. Асабаев, Д.С. Махмаджанов</b> ШЕТЕЛДІК ЖӘНЕ ОТАНДЫҚ МАҚТА СОРТТАРЫН ЖИНАУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ .....	97

**СУ, ЖЕР ЖӘНЕ ОРМАН РЕСУРСТАРЫ**

<b>К.Т. Абаева, М.К. Шыныбеков, Б.Б. Есімбек, О. Адалқан, Н.Д. Тажетдинов</b> ОҢТҮСТІК БАЛҚАШ Өңірінде сексеуілдің өсу барысын зерттеу .....	111
<b>Ж.Б. Адилбаева, Г.А. Мырзабаева, А.Б. Сламбаева, А.К. Игембаева, Т.Д. Алламбергенов</b> ШРЕНК ШЫРШАСЫН ТҰҚЫММЕН КӨБЕЙТУ ӘДІСТЕМЕСІН ӨСУДІ ЖЕДЕЛДЕТКІШ СТИМУЛЯТОРЛАР АРҚЫЛЫ ЖЕТІЛДІРУ .....	123
<b>С.Ю. Долгополова, Г.М. Аблайсанова, А.А. Айткалиева, М.О. Аубакирова</b> БУРАБАЙ МЕМЛЕКЕТТІК ҰЛТТЫҚ ТАБИҒИ ПАРКІ (МҰТП) НЕГІЗГІ КӨЛДЕРІНІҢ ГИДРОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ТОКСИКОЛОГИЯЛЫҚ РЕЖИМІ .....	139
<b>Д.А. Досманбетов, Р.С. Ахметов, Б.М. Жуманов, Е.М. Каспакбаев, Ч. Фен</b> КӨҒАЛДАНДЫРУҒА АРНАЛҒАН БАТЫС ҚАЗАҚСТАННЫҢ ПЕРСПЕКТИВАЛЫ АҒАШ - БҰТА ТҮРЛЕРІ .....	148
<b>М.А. Кайгермазова*, М.Т. Сембеков, Е.А. Шаденова</b> RAULOWNIA TOMENTOSA-НЫҢ САЛЫСТЫРМАЛЫ МОРОФОЛОГИЯЛЫҚ ТАЛДАУЫ .....	161
<b>Ж.К. Шакенова, Н.Л. Озеранская, Г.С. Айтхожаева, Ю.М. Рогатнев</b> АҚМОЛА ОБЛЫСЫНЫҢ АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ЖЕРЛЕРІН АГРОЛАНДШАФТТЫҚ НЕГІЗДЕ АУМАҚТЫҚ АЙМАҚТАРҒА БӨЛУ .....	173

**АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫН МЕХАНИКАЛАНДЫРУ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРЛЕНДІРУ**

<b>Д.А. Зинченко, Д.М. Алиханов, А.К. Молдажанов, А.А. Азизов, Т.Д. Георгиева</b> САНАТТАҒЫ ЖҰМЫРТҚАЛАРДЫ АВТОМАТТЫ ТҮРДЕ СҰРЫПТАУҒА АРНАЛҒАН САНДЫҚ ЖҮЙЕ МЕН КӨП ФУНКЦИЯЛЫ МАШИНАНЫҢ ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ .....	184
<b>К. Калым, Ш.Т. Дуйсенова, Д.С. Зауырбекова, А.К. Жунусова, Д. Караиванов</b> ТЕМПЕРАТУРА РЕЖИМІНІҢ ЭЛЕКТР ЖЕЛШТЕРІНІҢ ПАРАМЕТРЛЕРІНЕ ӨСЕРІН ЗЕРТТЕУ .....	195
<b>Б.Н. Нуралин, С.В. Олейников, И.М. Павлов, М.С. Галиев, Е.М. Джаналиев</b> СИММЕТРИЯЛЫ РОМБ ТӘРІЗДІ ҚАЙЫРМАНЫҢ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЗЕРТТЕУ НӘТИЖЕЛЕРІ .....	211
<b>Д.Б. Ордатаев, Е.К. Әуелбек, Е. Саркынов, К. Жанымхан1, О.П. Мешик</b> ЖЫЛЖЫМАЛЫ ТАЗАЛАУ ЖӘНЕ ДЕЗИНФЕКЦИЯЛАУ ҚОНДЫРҒЫСЫН СЫНАУҒА АРНАЛҒАН СТЕНДТІК ШАХТАЛЫ ҚҰДЫҚ .....	225

## СОДЕРЖАНИЕ

## ЖИВОТНОВОДСТВО И ВЕТЕРИНАРИЯ

<b>М.К. Алдабергенов, Т. Абилжанулы, М.Я.Михов, Н.М. Орынбаев</b> КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОИЗВОДСТВА ПОЛНОРАЦИОННЫХ КОРМОВ НА ОСНОВЕ БИОАКТИВНОЙ СРЕДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИИ .....	9
<b>К.А. Искаков, А.Ч. Каташева, М.Б. Калмагамбетов, Б.Т. Кулатаев</b> ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ХОЗЯЙСТВЕННО-ПОЛЕЗНЫХ ПРИЗНАКОВ ЦИГАЙСКОЙ ПОРОДЫ ОВЕЦ .....	24
<b>Е. Рауан, А.М. Омбаев, С.А. Даулетов, С.Т. Ешмуратова</b> ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ЖИВОЙ МАССЫ ВЕРБЛЮДОВ РАЗЛИЧНЫХ ПОРОД В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА И ПОЛА .....	32

## ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, КОРМОПРОИЗВОДСТВО, АГРОЭКОЛОГИЯ

<b>В.А. Волобаева, В.И. Коберницкий, И.А. Жирнова</b> ОЦЕНКА ПРИЗНАКОВ КАЧЕСТВА ГРЕЧИХИ НА ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫХ ЭТАПАХ СЕЛЕКЦИИ В СЕВЕРНОМ КАЗАХСТАНЕ .....	41
<b>Ш.Е. Еликбаева, Д.К. Молжигитова, А.К. Касен, З.М. Кузаирова</b> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИИ В ТЕРРИТОРИАЛЬНОМ ПЛАНИРОВАНИИ СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ .....	51
<b>М.Ж. Кошмагамбетова, Ж.А. Токбергенова, О.В. Карпова, М. Сұңқар, Weixing Shan</b> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАРТОФЕЛЯ ЗАРУБЕЖНЫХ СОРТООБРАЗЦОВ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА КАЗАХСТАНА .....	61
<b>И.А. Нурпеисов, Ж.Д. Кадырбекова, Р.Ж. Сапарбаев</b> СОРТА И ЛИНИИ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ ДЛЯ ЮЖНЫХ РЕГИОНОВ КАЗАХСТАНА .....	75
<b>Е.А. Тен, И.П. Ошергина, Д.М. Пестова</b> ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФЕНОЛОГИЧЕСКУЮ АДАПТАЦИЮ И УРОЖАЙНОСТЬ ГЕНОТИПОВ ЯРОВОГО РАПСА (BRASSICA NAPUS) .....	87
<b>С.П. Махмаджанов, О.А. Костак, Б.С. Асабаев, Д.С. Махмаджанов</b> СБОР И ИЗУЧЕНИЕ ЗАРУБЕЖНЫХ И ОТЕЧЕСТВЕННЫХ СОРТОВ ХЛОПЧАТНИКА .....	97

## ВОДНЫЕ, ЗЕМЕЛЬНЫЕ И ЛЕСНЫЕ РЕСУРСЫ

<b>К.Т. Абаева, М.К. Шыныбеков, Б.Б. Есімбек, О. Адалкан, Н.Д. Тажетдинов</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РОСТА САКСАУЛА В ЮЖНО-БАЛХАШСКОМ РЕГИОНЕ.....	111
<b>Ж.Б. Адилбаева, Г.А. Мырзабаева, А.Б. Сламбаева, А.К. Игембаева, Т.Д. Алламбергенов</b> УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА СЕМЕННОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ЕЛИ ШРЕНКА С ПОМОЩЬЮ СТИМУЛЯТОРОВ РОСТА.....	123
<b>С.Ю. Долгополова, Г.М. Аблайсанова, А.А. Айткалиева, М.О. Аубакирова</b> ГИДРОХИМИЧЕСКИЙ И ТОКСИКОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ОСНОВНЫХ ОЗЕР ГНПП «БУРАБАЙ» .....	139
<b>Д.А. Досманбетов, Р.С. Ахметов, Б.М. Жуманов, Е.М. Каспакбаев, Ч. Фен</b> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫЕ ВИДЫ ДЛЯ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ЗАПАДНОГО КАЗАХСТАНА .....	148
<b>М.А. Кайгермазова, М.Т. Сембеков, Е.А. Шаденова</b> МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ВАРИАБЕЛЬНОСТЬ PAULOWNIA TOMENTOSA В КОНТРОЛИРУЕМЫХ УСЛОВИЯХ .....	161
<b>Ж.К. Шакинова, Н.Л. Озеранская, Г.С. Айтхожаева, Ю.М. Рогатнев</b> ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ ЗОНИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ АКМОЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ НА АГРОЛАНДШАФТНОЙ ОСНОВЕ .....	173

## МЕХАНИЗАЦИЯ И ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

<b>Д.А. Зинченко, Д.М. Алиханов, А.К. Молдажанов, А.А. Азизов, Т.Д. Георгиева</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ И МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СОРТИРОВКИ ЯИЦ НА КАТЕГОРИИ .....	184
<b>К. Калым, Ш.Т. Дуйсенова, Д.С. Зауырбекова, А.К. Жунусова, Д. Караиванов</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА ПАРАМЕТРЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ .....	195
<b>Б.Н. Нуралин, С.В. Олейников, И.М. Павлов, М.С. Галиев, Е.М. Джаналиев</b> РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СИММЕТРИЧНОГО РОМБОВИДНОГО ОТВАЛА.....	211
<b>Д.Б. Ордатаев, Е.К. Әуелбек, Е. Саркынов, К. Жанымхан, О.П. Мешик</b> СТЕНДОВЫЙ ШАХТНЫЙ КОЛОДЕЦ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ПЕРЕДВИЖНОЙ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ.....	225

## STOCK-RAISING AND VETERINARY

## МАЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ ЖӘНЕ ВЕТЕРИНАРИЯ

## ЖИВОТНОВОДСТВО И ВЕТЕРИНАРИЯ

RESEARCH, RESULTS – ИЗДЕНИСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР – ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ

ISSN 2304-3334 (print)

Vol. 28. Is. 2. Number 110 (2026). Pp.9–23

Journal homepage: <https://journal.kaznaru.edu.kz>

<https://doi.org/10.37884/2-2026/01>

FTAXP / МРНТИ / IRSTI 68.39.15.



*M.K. Aldabergenov<sup>1</sup>, T. Abilzhanuly<sup>1</sup>, M.Ya. Mikhov<sup>2</sup>, N.M. Orynbayev<sup>1\*</sup>*

<sup>1</sup>Scientific Production Center of Agricultural Engineering, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection “Nikola Pushkarov”,

Agricultural Academy of Bulgaria, Sofia, Bulgaria.

E-mail: [nmaratovich999@gmail.com](mailto:nmaratovich999@gmail.com)

### COMBINED SYSTEM FOR THE PRODUCTION OF COMPLETE FEED BASED ON A BIOACTIVE MEDIUM USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

**M.K. Aldabergenov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Ecology, Leading Researcher, Scientific Production Center of Agricultural Engineering, Almaty, 050005, Kazakhstan

E-mail: [marat.algabergenov.spcae@yandex.kz](mailto:marat.algabergenov.spcae@yandex.kz), <https://orcid.org/0000-0001-6421-2668>;

**Tokhtar Abilzhanuly**, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, Scientific Production Center of Agricultural Engineering, Almaty, 050005, Kazakhstan

E-mail: [Tokh-tar.abilzhanuly.spcae@yandex.kz](mailto:Tokh-tar.abilzhanuly.spcae@yandex.kz), <https://orcid.org/0000-0002-9513-1702>;

**Miho Yankov Mihov**, Doctor, Professor, Institute of Soil Science, Agrotechnologies and Plant Protection “Nikola Pushkarov”, Agricultural Academy of Bulgaria, Sofia

E-mail: [n.mihov@abv.bg](mailto:n.mihov@abv.bg), <https://orcid.org/0009-0001-8740-9452>;

**N.M. Orynbayev**, PhD Candidate, Senior Researcher, Scientific Production Center of Agricultural Engineering, Almaty, 050005, Kazakhstan

E-mail: [nmaratovich999@gmail.com](mailto:nmaratovich999@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0003-1819-3480>.

**Abstract.** The relevance of this study is determined by the need to improve feed production efficiency under arid climatic conditions and limited natural resources, which is particularly important for livestock farming in the Republic of Kazakhstan. One of the most promising approaches to solving this problem is the implementation of automated hydroponic systems for producing complete green fodder, enabling year-round production of highly nutritious biomass with minimal water and land consumption. The aim of this study is to develop and scientifically substantiate a combined automated system for hydroponic complete feed production based on a spropel-derived bioactive medium using artificial intelligence algorithms for predictive control of cultivation parameters. The study employed engineering design methods, mathematical modeling of ultraviolet water disinfection and lighting processes, and experimental evaluation of spropel concentration effects on hydroponic green fodder productivity. A container-based automated production unit with a capacity of up to 500 kg/day was developed, equipped with an intelligent monitoring and control system for microclimate, lighting, irrigation, and nutrient medium parameters. It was established that the optimal spropel concentration in the nutrient solution is 2.0 %, at which the maximum hydroponic biomass yield of 29.8 kg/m<sup>2</sup> is achieved, exceeding control values by 35.4 %. The optimal photosynthetic photon flux density was determined to be 300 μmol/m<sup>2</sup>·s. Implementation of predictive artificial intelligence algorithms reduced water consumption by 31.2 % and energy consumption by 28.7 %. The developed system reduces feed production costs by 30–40 % and can be recommended for industrial implementation in arid regions.

**Keywords:** hydroponic green fodder; sapropel; artificial intelligence; predictive control; agricultural automation; bioactive medium; resource efficiency; feed production

**For citation:** M.K. Aldabergenov, T. Abilzhanuly, M.Ya. Mikhov, N.M. Orynbayev (2026). Combined system for the production of complete feed based on a bioactive medium using artificial intelligence // Research, results – Изденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 2. Number 110. Pp. 9–23. <https://doi.org/10.37884/2-2026/01> [In Russ.].

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

**Acknowledgment / Funding.** This research was carried out within the framework of the project AR23488562 “Development of a combined system for the production of complete feed based on a bioactive medium in the Chatuyev farm,” funded by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (grant funding).

**М.К. Алдабергенов<sup>1</sup>, Т. Абилжанулы<sup>1</sup>, М.Я. Михов<sup>2</sup>, Н.М. Орынбаев<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>«НПЦ Агроинженерии», Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup>Институт «Почвоведения, агротехнологий и защиты растений» имени Николая Пушкирева, Сельскохозяйственная академия Болгарии, София, Болгария.

E-mail: nmaratovich999@gmail.com

## ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, БИОАКТИВТІ ОРТА НЕГІЗІНДЕ ТОЛЫҚҚУНДЫ ЖЕМ ӨНДІРУДІҢ БІРІКТІРІЛГЕН ЖҮЙЕСІ

**Алдабергенов М.К.**, т.ғ.к., экология кафедрасының доценті, Агроинженерия ғылыми-практикалық орталығының жетекші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан

E-mail: marat.aldabergenov.spcae@yandex.kz, <https://orcid.org/0000-0001-6421-2668>;

**Абилжанулы Т.**, т.ғ.д., «Агроинженерия ғылыми-өндірістік орталығының» бас ғылыми қызметкері, Алматы қ., Қазақстан

E-mail: Tokh-tar.abilzhanuly.spcae@yandex.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9513-1702>;

**Михов Михо Янков**, Николай Пушкирев атындағы Топырақтану, агротехнологиялар және өсімдіктерді қорғау институтының докторы, профессоры, Болгария Ауыл шаруашылығы академиясы, София, Болгария;

E-mail: n.mihov@abv.bg, <https://orcid.org/0009-0001-8740-9452>;

**Орынбаев Н.М.**, PhD докторанты, «Агроинженерия ғылыми-өндірістік орталығының аға ғылыми қызметкері», Алматы, Қазақстан.

E-mail: nmaratovich999@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1819-3480>.

**Аннотация.** Зерттеудің өзектілігі аридті аймақтар жағдайында және табиғи ресурстардың шектеулілігі кезінде жемшөп өндірісінің тиімділігін арттыру қажеттілігімен негізделеді, бұл Қазақстан Республикасының мал шаруашылығы үшін ерекше маңызды. Аталған мәселені шешудің перспективалы бағыттарының бірі су мен жер ресурстарын минималды пайдалана отырып, жоғары қоректік құндылығы бар жемшөп биомассасын жыл бойы өндіруге мүмкіндік беретін толыққұнды гидропондық жасыл жем өндірудің автоматтандырылған жүйелерін енгізу болып табылады. Осы зерттеудің мақсаты – сапропель негізіндегі биоактивті орта мен өсіру параметрлерін болжамды басқаруға арналған жасанды интеллект алгоритмдерін пайдалана отырып, гидропондық толыққұнды жем өндірудің біріктірілген автоматтандырылған жүйесін әзірлеу және ғылыми негіздеу. Жұмыста инженерлік жобалау әдістері, ультракүлгін сумен залалсыздандыру және жарықтандыру процестерін математикалық модельдеу, сондай-ақ сапропель концентрациясының гидропондық жасыл жем өнімділігіне әсерін эксперименттік бағалау қолданылды. Тәулігіне 500 кг дейін өнім өндіруге қабілетті, микроклимат, жарықтандыру, суару және қоректік ортаның параметрлерін интеллектуалды бақылау және басқару жүйесімен жабдықталған контейнерлік автоматтандырылған кешен әзірленді. Қоректік ерітіндідегі сапропельдің оңтайлы концентрациясы 2,0% екендігі анықталды, бұл жағдайда гидропондық биомассаның ең жоғары өнімділігі 29,8 кг/м<sup>2</sup> құрап, бақылау нұсқасынан 35,4 %-ға жоғары болды. Фотосинтетикалық фотон ағынының оңтайлы тығыздығы 300 мкмоль/м<sup>2</sup>·с деңгейінде анықталды. Жасанды интеллекттің болжамды алгоритмдерін енгізу су шығынын 31,2 %-ға және энергия тұтынуын 28,7 %-ға төмендетуге мүмкіндік берді.

Өзірленген жүйе жемшөп өндірісіне жұмсалатын шығындарды 30–40 %-ға төменде-теді және аридті аймақтар жағдайында өнеркәсіптік енгізуге ұсынылуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** гидропондық жасыл жем; сапропель; жасанды интеллект; болжамды басқару; агроөнеркәсіпті автоматтандыру; биоактивті орта; ресурсты үнемдеу; жемшөп өндірісі

**Дәйексөз үшін:** М.К. Алдабергенов, Т. Абилжанулы, М.Я. Михов, Н.М. Орынбаев (2026). Жасанды интеллект технологияларын қолдана отырып, биоактивті орта негізінде толыққұнды жем өндірудің біріктірілген жүйесі // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 2. Number 110. Pp. 9–23. <https://doi.org/10.37884/2-2026/01> [In Russ.].

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

**Алғыс / Қаржыландыру.** Бұл зерттеу AR23488562 «Чатуев атындағы шаруа қожалығында биоактивті орта негізінде толық құнарлы жем өндіруге арналған біріктірілген жүйені құру» жобасы аясында жүзеге асырылды. Жоба Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің гранттық қаржыландыруы (ГҚ) шеңберінде қаржыландырылды.

**М.К. Алдабергенов<sup>1</sup>, Т. Абилжанулы<sup>1</sup>, М.Я. Михов<sup>2</sup>, Н.М. Орынбаев<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>«НПЦ Агроинженерии», Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Институт «Почвоведения, агротехнологий и защиты растений» имени Николая Пушкирева, Сельскохозяйственная академия Болгарии, София, Болгария.

E-mail: nmaratovich999@gmail.com

## КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОИЗВОДСТВА ПОЛНОРАЦИОННЫХ КОРМОВ НА ОСНОВЕ БИОАКТИВНОЙ СРЕДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИИ

**Алдабергенов М.К.**, кандидат технических наук, доцент экологии, ведущий научный сотрудник «НПЦ Агроинженерии», Алматы, Қазақстан

E-mail: marat.aldabergenov.spcae@yandex.kz, <https://orcid.org/0000-0001-6421-2668>;

**Абилжанулы Т.**, д.т.н., главный научный сотрудник «НПЦ Агроинженерии», Алматы, Қазақстан

E-mail: Tokh-tar.abilzhanuly.spcae@yandex.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9513-1702>;

**Михо Янков Михов**, доктор, профессор, Институт «Почвоведения, агротехнологий и защиты растений» имени Николая Пушкирева, Сельскохозяйственная академия Болгарии, г.София, Болгария

E-mail: n.mihov@abv.bg, <https://orcid.org/0009-0001-8740-9452>;

**Орынбаев Н.М.**, докторант, старший научный сотрудник «НПЦ Агроинженерии», Алматы, Қазақстан

E-mail: nmaratovich999@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-1819-3480>.

**Аннотация.** Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения эффективности кормопроизводства в условиях аридных регионов и ограниченности природных ресурсов, что особенно актуально для животноводства Республики Казахстан. Одним из перспективных направлений решения данной задачи является внедрение автоматизированных гидропонных систем производства полнорационных зеленых кормов, обеспечивающих круглогодичное получение высокопитательной кормовой биомассы при минимальном потреблении воды и земельных ресурсов. Целью настоящего исследования является разработка и научное обоснование комбинированной автоматизированной системы производства гидропонных полнорационных кормов на основе биоактивной среды сапропелевого происхождения с применением алгоритмов искусственного интеллекта для предиктивного управления технологическими параметрами выращивания. В работе использованы методы инженерного проектирования, математического моделирования процессов ультрафиолетовой дезинфекции и светотехнического обеспечения, а также экспериментальные исследования влияния концентрации сапропеля на продуктивность гидропонного зеленого корма. Разработан контейнерный автоматизированный комплекс производительностью до 500 кг/сутки, оснащенный интеллектуальной системой мониторинга и управления параметрами микроклимата, освещения, полива и питательной среды. Установлено, что оптимальная концентрация сапропеля в питательном растворе составляет 2,0 %, при которой достигается максимальная урожайность гидропонной биомассы 29,8 кг/м<sup>2</sup>, что на 35,4 % превышает контрольные значения. Оптимальная плотность фотосинтетического потока определена на уровне 300 мкмоль/м<sup>2</sup>·с. Внедрение предиктивных алгорит-

мов искусственного интеллекта позволило снизить расход воды на 31,2 % и энергопотребление на 28,7 %. Разработанная система обеспечивает снижение затрат на кормопроизводство на 30–40 % и может быть рекомендована для промышленного внедрения в условиях аридных регионов.

**Ключевые слова:** гидропонный зеленый корм, сапропель, искусственный интеллект, предиктивное управление, автоматизация АПК, биоактивная среда, ресурсосбережение, кормопроизводство

**Для цитирования:** М.К. Алдабергенов, Т. Абилжанулы, М.Я.Михов, Н.М. Орынбаев (2026). Комбинированная система производства полнорационных кормов на основе биоактивной среды с применением ИИ // Research, results – Изденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 2. Number 110. Pp. 9–23. <https://doi.org/10.37884/2-2026/01> [In Russ.].

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Благодарность / финансирование:** данное исследование выполнено в рамках проекта AR23488562 «Создание комбинированной системы для производства полнорационных кормов на основе биоактивной среды в крестьянском хозяйстве имени Чатуева», финансируемого Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан (грантовое финансирование, ГФ).

### Введение.

В условиях глобального роста численности населения, изменения климата, деградации земельных ресурсов и возрастающего дефицита пресной воды обеспечение устойчивого кормопроизводства становится одной из ключевых задач современного агропромышленного комплекса. По оценкам международных организаций, к 2050 году мировой спрос на продукцию животноводства существенно возрастет, что потребует одновременного увеличения объемов производства кормов, повышения их качества и снижения ресурсной нагрузки на окружающую среду [Farvardin et al., 2024; Grazia Pastorelli и др., 2024: 645–656].

В связи с этим особую актуальность приобретают технологические решения, основанные на принципах ресурсосбережения, автоматизации, цифрового мониторинга и управляемого производства биомассы.

Для Республики Казахстан проблема формирования устойчивой кормовой базы имеет стратегическое значение ввиду высокой доли аридных и полуаридных территорий, выраженной климатической контрастности регионов, ограниченности водных ресурсов, а также сезонной зависимости традиционного полевого кормопроизводства. В ряде регионов страны природно-климатические условия ограничивают стабильное получение зеленой кормовой массы в течение года, что отрицательно влияет на себестоимость продукции животноводства и эффективность использования производственных мощностей. Государственные программы модернизации агропромышленного комплекса предусматривают внедрение цифровых технологий, интеллектуальных систем управления и энергоэффективного оборудования, направленных на повышение производительности сельского хозяйства [Послание Главы государства Касым-Жомарта Токаева народу Казахстана «Казахстан в эпоху искусственного интеллекта: актуальные задачи и их решения через цифровую трансформацию»].

Одним из наиболее перспективных направлений решения указанной проблемы является технология производства гидропонного зеленого корма, позволяющая получать высокопитательную биомассу в контролируемых условиях независимо от сезона, погодных факторов и качества почвенного покрова. По сравнению с традиционным кормопроизводством гидропонные системы характеризуются значительно меньшим потреблением воды, сокращением земельных площадей, ускоренным циклом выращивания, снижением потерь при хранении и возможностью полной автоматизации технологического процесса [Farvardin и др., 2024; Farvardin и др., 2024; Grazia Pastorelli и др., 2024: 645–656].

Дополнительным преимуществом является возможность размещения подобных комплексов непосредственно вблизи животноводческих хозяйств, что уменьшает транспортные расходы и повышает оперативность кормообеспечения.

В последние годы опубликован ряд исследований, посвященных оценке эффективности гидропонного выращивания различных зерновых культур для получения кормовой массы. Установлено, что использование ячменя, кукурузы, сорго и других культур позволяет получать стабильный урожай зеленой биомассы при коротком производственном цикле и высокой усвояемости корма животными

[Upreti и др., 2022: 27–33; Ma и др., 2024; Annisa Hakim и др., 2024]. Вместе с тем большинство существующих решений ориентированы преимущественно на базовое проращивание зерна и не обеспечивают комплексной интеграции интеллектуального управления, биостимуляции роста растений и замкнутого ресурсного цикла.

Несмотря на значительные преимущества, действующие гидропонные комплексы имеют ряд технологических ограничений. К наиболее существенным относятся риск микробиологического загрязнения оборотной воды, высокие затраты электроэнергии на освещение и поддержание микроклимата, ограниченная гибкость традиционных таймерных систем управления, а также недостаточная адаптация режимов выращивания к текущему состоянию растений. При промышленной эксплуатации перечисленные факторы способны существенно снизить экономическую эффективность технологии, особенно в удаленных районах с ограниченной энергетической инфраструктурой [Farvardin и др., 2024; Elmulthum и др., 2023].

Одним из перспективных направлений повышения эффективности гидропонного кормопроизводства является применение алгоритмов искусственного интеллекта, обеспечивающих переход от статического управления к предиктивному регулированию технологических параметров. Использование систем, основанных на анализе данных датчиков в режиме реального времени, позволяет оптимизировать режимы полива, освещения, вентиляции и температуры, снижать расход воды и электроэнергии, а также повышать стабильность производственного процесса [Emin и др., 2022]. Подобный подход соответствует современным тенденциям развития Smart Farming и цифровизации аграрного сектора.

Дополнительный научный и практический интерес представляет использование природных биоактивных компонентов в составе питательной среды. В данной работе в качестве такого компонента рассматривается сапропель — органоминеральное донное образование пресноводных водоемов, содержащее гуминовые вещества, аминокислоты, микроэлементы и биологически активные соединения. По данным ряда исследований, сапропель способен стимулировать рост растений, активизировать обменные процессы, улучшать доступность элементов питания и повышать биологическую ценность растительной продукции [Кирдан, 2000: 130]. Однако его применение в автоматизированных гидропонных системах кормового назначения исследовано недостаточно полно.

Научная проблема заключается в отсутствии комплексных инженерно-технологических решений, объединяющих в единой системе автоматизированное гидропонное производство кормов, биоактивную стимуляцию роста природными компонентами и интеллектуальное управление ресурсными потоками. Решение данной проблемы позволит повысить устойчивость кормопроизводства, снизить себестоимость продукции и расширить возможности круглогодичного обеспечения животноводческих хозяйств качественным кормом.

Целью настоящего исследования является разработка, научное обоснование и экспериментальная оценка комбинированной автоматизированной системы производства полнорационных гидропонных кормов на основе биоактивной среды сапропелевого происхождения с применением алгоритмов искусственного интеллекта для предиктивного управления технологическими процессами выращивания. Задачи исследования включали разработку конструктивной схемы комплекса, моделирование основных технологических процессов, определение рациональных параметров освещения и биоактивной среды, а также оценку ресурсной эффективности внедряемой системы.

### **Материалы и основные методы.**

Объект исследования и конструктивная схема установки.

Объектом исследования являлась экспериментальная комбинированная автоматизированная установка контейнерного типа, предназначенная для круглогодичного производства полнорационных гидропонных зеленых кормов в условиях ограниченности земельных и водных ресурсов. Установка разработана в рамках научного проекта AR23488562 и ориентирована на применение в животноводческих хозяйствах малой и средней мощности.

Конструктивно комплекс выполнен в виде автономного теплоизолированного контейнерного модуля вертикального типа с размещением технологического оборудования внутри производственной камеры (рис 1,2). Контейнерная архитектура обеспечивает мобильность системы, возможность быстрого монтажа на площадке хозяйства, снижение капитальных затрат на строительство отдельного производственного здания, а также эксплуатацию в различных климатических условиях.

Технологическая компоновка установки включает: накопительный резервуар поливной воды объемом 5 м<sup>3</sup>; систему насосного оборудования циркуляционного типа; модуль выращивания с двумя независимыми технологическими блоками; 16 вертикальных стеллажных секций; 32 лотка выращивания из коррозионностойкой нержавеющей стали; индивидуальные блоки вентиляции для каждой зоны выращивания; светодиодные фитолампы полного спектра; систему капельного и аэрозольного орошения; климатическую установку кондиционирования воздуха; систему отвода и рециркуляции дренажной воды; блок ультрафиолетовой дезинфекции; аэрационную систему насыщения раствора кислородом; интеллектуальный контроллер технологического управления.



Рис. 1. Общий вид автоматизированного контейнерного комплекса ГЗК  
[Fig. 1. General view of the automated container complex of the GFC].

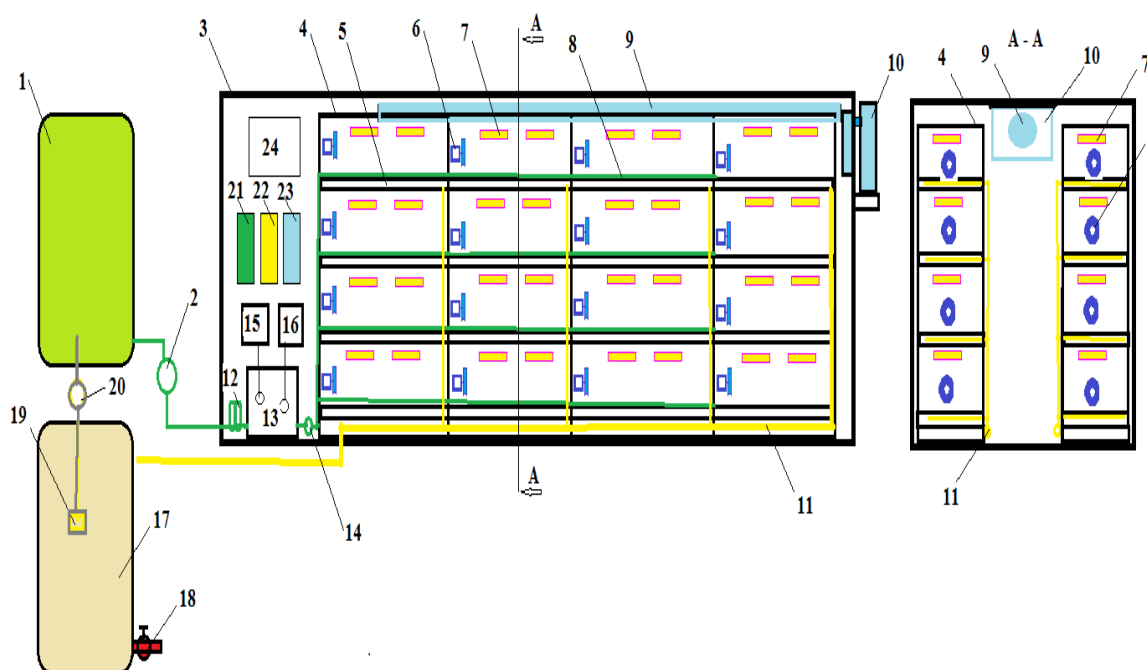


Рис. 2. Технологическая схема оборудования производства концентрированных кормов в биоактивной среде.  
[Fig. 2. Process flow diagram of equipment for producing concentrated feed in a bioactive medium].

Экспликация систем (согласно Рис. 2) 1 – бак 5 куб для поливной воды, 2 – насос, 3 – контейнер внутри которого 2 блока, 4 – стеллаж по полки водном блоке, 5 – лоток из нерж стали (16 шт в одном блоке), 6 – вентилятор по одной на лотках (16 шт в блоке), 7 – фитолампы по две шт на лотках (32 шт в блоке), 8 – система полива, 9 – система кондиционирования воздуха, 10 – кондиционер, 11 – система канализации (отвода), 12 – фильтр, 13 – бак 1 куб полив воды, 14 – насос систем полива, 15 – УФ-дезинфекции поливной воды, 16 – система аэрации, 17 – бак 5 куб для отводящей воды, 18 – кран для слива, 19 – фильтр, 20 – насос для переливания, 21 – автоматика контроля поливных систем, 22 – система контроля светового потока, 23 – система контроля температурой воздуха, 24 – интеллектуальный контроллер управления.

Принцип функционирования комплекса основан на циклическом выращивании зернового сырья в гидропонной среде в течение 5–10 суток с автоматическим поддержанием параметров микроклимата и питательной среды.

Последовательная загрузка лотков по производственному циклу обеспечивает непрерывный выход готовой зеленой кормовой массы и равномерную загрузку технологических узлов комплекса. Контейнерное исполнение установки позволяет размещать оборудование непосредственно на территории животноводческого хозяйства, снижая транспортные затраты и повышая оперативность кормообеспечения.

Биоактивная среда и экспериментальный материал.

В качестве биоактивного компонента питательной среды использовался сапропель органоминерального происхождения, добытый из озер Алматинской области Республики Казахстан.

Химический состав сапропеля характеризуется следующим содержанием биологически активных компонентов:

- сырой протеин: 6,5–9,7 %;
- кальций: 3,5–8,3 %;
- фосфор: 0,2–0,3 %;
- гуминовые вещества: до 18 %;
- аминокислотный комплекс: 16 незаменимых и заменимых аминокислот [Кирдан, 2000: 130];
- витамины групп А, В, С, D, Е.

Наличие указанных компонентов способствует активизации физиолого-биохимических процессов прорастания зерна, усилению корнеобразования, ускорению накопления зеленой массы и повышению общей биологической ценности кормовой продукции [Кирдан, 2000: 130].

Для определения рациональной концентрации биоактивной среды проводились экспериментальные исследования с содержанием сапропеля в питательном растворе:

0 %; 0,5 %; 1,0 %; 1,5 %; 2,0 %; 2,5 %; 3,0 %; 3,5 %.

Система интеллектуального управления на базе искусственного интеллекта.

Интеллектуальная система управления реализована на базе предиктивного алгоритма, использующего элементы искусственных нейронных сетей для адаптивного регулирования технологических параметров выращивания.

Входными параметрами модели являлись:

температура воздуха внутри контейнера; относительная влажность воздуха; концентрация CO<sub>2</sub>; рН питательного раствора; электропроводность раствора; стадия прорастания; концентрация биоактивной среды; уровень фотосинтетически активной радиации.

Выходными управляющими воздействиями являлись:

длительность и частота циклов полива; интенсивность вентиляции; режим работы системы кондиционирования; мощность и продолжительность освещения; дозировка биоактивной среды.

Применение интеллектуального алгоритма позволило перейти от статического временного управления к адаптивному предиктивному регулированию параметров технологического процесса на основании текущего состояния биомассы и накопленных эмпирических данных. Использование элементов искусственного интеллекта обеспечивает возможность самообучения системы на основе накопленных эксплуатационных данных, что повышает точность регулирования параметров выращивания и снижает влияние человеческого фактора на производственный процесс [Емин и др., 2022].

Математическое моделирование процесса ультрафиолетовой дезинфекции.

Для обеспечения санитарно-микробиологической безопасности оборотной поливной воды применялась система ультрафиолетового обеззараживания с длиной волны 253,7 нм.

Расчет требуемого бактерицидного потока выполнялся на основании модели экспоненциального затухания УФ-излучения в жидкой среде:

$$\Phi_B = \frac{Q_{\text{час}} \cdot \alpha \cdot k \cdot \lg(P/P_0)}{\eta_{\text{п}} \eta_0}, \quad (1)$$

где  $Q_{\text{час}}$  – расчетный расход обеззараживаемой воды в м<sup>3</sup>/ч;

$\alpha$  – коэффициент поглощения облучаемой воды в см<sup>-1</sup>, равный: для бесцветных подземных вод,

получаемых из глубоких подземных горизонтов,  $0,1 \text{ см}^{-1}$ ; для родниковой, грунтовой и инфильтрационной воды  $0,15 \text{ см}^{-1}$ ; для обработанной воды поверхностных источников водоснабжения  $0,3 \text{ см}^{-1}$ ; принимаем  $\alpha = 0,3 \text{ см}^{-1}$ ;

$k$  – коэффициент сопротивляемости микроорганизмов ультрафиолетовому излучению, принимаемый равным  $2500 \text{ мкВт/сек/см}^2$ ;

$P_0$  – концентрация бактерий (коли-индекс) до обработки, в расчетах принято  $P_0 = 1000$ ;

$P$  – концентрация бактерий после обработки, принимаемая  $P = 3$ ;

$\eta_n$  – коэффициент использования бактерицидного потока, для установок с погруженным источником излучения принимается равным  $0,9$ ;

$\eta_0$  – коэффициент использования бактерицидного излучения, учитывающий физико-химические свойства среды и конструкцию установки, принимается равным  $0,9$ .

Полученная модель позволяет определить требуемую интенсивность УФ-излучения для достижения заданного уровня обеззараживания и обеспечивает снижение бактериальной нагрузки до нормативных значений [Gümüş и др., 2024: 65–72]. Применение ультрафиолетовой дезинфекции особенно важно для замкнутых гидропонных систем, где повторное использование воды без обеззараживания может приводить к накоплению патогенной микрофлоры и снижению санитарной безопасности производственного цикла

Для оценки энергетической эффективности процесса обеззараживания оценивается через удельный расход электроэнергии:

$$W_{об} = \frac{N \cdot n}{Q_{час}}, \quad (2)$$

где  $W_{об}$  – удельный расход энергии,  $\text{Вт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$ ;

$N$  – мощность одной лампы,  $\text{Вт}$  ( $40 \text{ Вт}$ );

$n$  – количество ламп;

$Q_{час}$  – расход воды.

Снижение  $W_{об}$  достигается за счет оптимизации числа ламп и повышения эффективности использования излучения.

*Моделирование светотехнических параметров выращивания.*

Для обеспечения максимальной интенсивности фотосинтеза использовались LED фитолампы специализированного спектра:

– синий диапазон:  $420\text{--}460 \text{ нм}$ ;

– красный диапазон:  $610\text{--}690 \text{ нм}$ .

Оптимизация светового режима осуществлялась по параметру плотности фотосинтетического потока фотонов (PPFD) в диапазоне  $200\text{--}400 \text{ мкмоль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ . [James et al., 2015; Jung et al., 2000; A'risya A'ina Abdullah et al., 2023: 368–377].

Требуемый световой поток ( $F$ ),  $\text{лм}$ , определяется по зависимости:

$$F = \frac{E \cdot S}{K_{II}} \quad (3)$$

Где  $E$  – требуемая освещенность,  $\text{лк}$ ;

$S$  – площадь освещаемой поверхности,  $\text{м}^2$ ;

$K_{II}$  – коэффициент использования светового потока, учитывающий конструктивные особенности осветительной системы и отражающие свойства среды (принимается в диапазоне  $0,4\text{--}0,8$ ).

Исследования выполнялись при трех режимах освещения:

–  $200 \text{ мкмоль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ;

–  $300 \text{ мкмоль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ;

–  $400 \text{ мкмоль}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ .

Выбранный диапазон интенсивности освещения соответствует современным исследованиям по выращиванию гидропонной биомассы в закрытых системах и позволяет оценить влияние светового потока на продуктивность растений, расход воды и энергопотребление оборудования [James и др., 2015; A'risya A'ina Abdullah и др., 2023: 368–377].

*Методика экспериментальных исследований.*

Экспериментальные исследования проводились в течение полного цикла выращивания гидропонного зеленого корма продолжительностью  $10$  суток.

В ходе испытаний определялись:

- Динамика расхода воды;
- Динамика энергопотребления;
- Урожайность зеленой массы;
- Линейный рост растений;
- Изменение удельной продуктивности при различных концентрациях сапропеля.

Обработка экспериментальных данных выполнялась методами регрессионного анализа с использованием коэффициента детерминации  $R^2$  для оценки достоверности полученных моделей. Полученные статистические зависимости использовались для последующего формирования рекомендаций по рациональным режимам работы автоматизированного комплекса и оптимизации ресурсопотребления.

### Результаты исследования.

#### *Оптимизация светового режима и анализ ресурсопотребления системы.*

В ходе экспериментальных исследований проведена оценка влияния плотности фотосинтетического потока фотонов (PPFD) на динамику потребления воды и электрической энергии в процессе 10-суточного цикла выращивания гидропонного зеленого корма. Исследования выполнялись при трех уровнях освещенности: 200, 300 и 400 мкмоль/м<sup>2</sup>·с. Сравнительный анализ показал, что изменение уровня освещенности оказывает комплексное влияние не только на интенсивность роста растений, но и на эксплуатационные показатели установки, включая расход воды, нагрузку на систему вентиляции и суммарное энергопотребление. Это подтверждает необходимость выбора рационального светового режима с учетом биологических и экономических критериев.

Установлено, что увеличение интенсивности светового потока сопровождается закономерным ростом энергопотребления системы, однако прирост урожайности при переходе от 300 к 400 мкмоль/м<sup>2</sup>·с не является пропорциональным увеличению энергозатрат, что указывает на снижение энергетической эффективности процесса при чрезмерной интенсификации освещения. Результаты экспериментальных исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты замера расхода электрической энергии и воды при различных потоках света (ПС) в пределах от 200 до 400 (мкмоль/м<sup>2</sup>/с)

Дни в суток	ПС - 200		ПС - 300		ПС - 400	
	Расход эл.энерг в кВт·ч	Расход воды в л/час	Расход эл.энерг в кВт·ч	Расход воды в л/час	Расход эл.энерг в кВт·ч	Расход воды в л/час
1	0,008	7,8	0,009	7,6	0,01	7
2	0,009	7,4	0,011	7,2	0,012	6,4
3	0,01	6,8	0,012	6,4	0,014	5,8
4	0,012	6,4	0,014	5,8	0,016	5
5	0,014	6	0,016	5,1	0,018	4,2
6	0,017	5,2	0,018	4,6	0,02	3,6
7	0,021	4,4	0,022	3,8	0,024	3,2
8	0,023	3,8	0,024	3,4	0,026	2,8
9	0,025	3,2	0,026	2,8	0,027	2,6
10	0,026	2,8	0,027	2,6	0,028	2,4

Анализ динамики расхода воды показал устойчивое снижение водопотребления в течение цикла проращивания. Это связано с постепенной стабилизацией транспирационных процессов и формированием развитой корневой системы растений, способной более эффективно использовать доступную влагу. Снижение расхода воды по мере развития растений объясняется стабилизацией водообмена, увеличением эффективности использования влаги корневой системой и уменьшением потерь при испарении раствора в более поздние периоды вегетационного цикла.

Одновременно с этим отмечен рост энергопотребления установки по мере увеличения продолжительности проращивания, что обусловлено возрастанием потребности в искусственном освещении и интенсификацией воздухообмена вследствие увеличения биомассы растений.

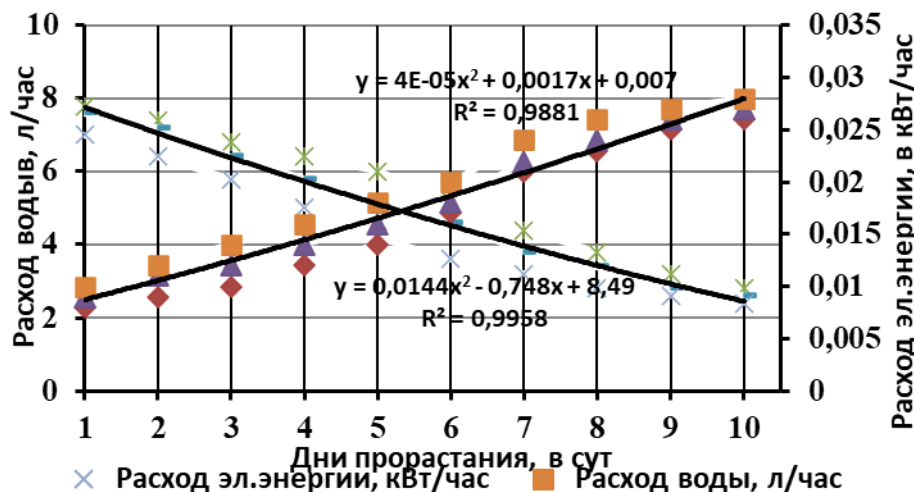


Рис. 3. Динамика изменения расхода воды и электроэнергии в процессе прорастания [Fig. 3. Dynamics of water and electricity consumption during germination].

Как видно из рис. 3, с увеличением продолжительности прорастания наблюдается снижение расхода воды, что обусловлено стабилизацией водопотребления растениями и формированием корневой системы. При этом энергопотребление возрастает вследствие увеличения нагрузки на систему освещения и вспомогательное оборудование.

По результатам аппроксимации экспериментальных данных получены регрессионные зависимости, описывающие изменение расхода воды и энергопотребления в функции времени проращивания:

$$Q_{в} = 0,0144T^2 - 0,748T + 8,49 \quad (R^2=0,9958) \quad (4)$$

$$W = 4 \cdot 10^{-5}T^2 + 0,0017T + 0,007 \quad (R^2=0,9881) \quad (5)$$

где  $T$  – время прорастания, сутки;

$Q_{в}$  – расход воды, л/ч;

$W$  – потребление электроэнергии, кВт·ч.

Высокие значения коэффициентов детерминации ( $R^2 = 0,9958$  и  $R^2 = 0,9881$ ) свидетельствуют о высокой адекватности разработанных математических моделей и подтверждают возможность их применения для прогнозирования ресурсопотребления в интеллектуальной системе управления.

Сравнительный анализ показал, что оптимальным режимом освещения является PPFD = 300 мкмоль/м<sup>2</sup>·с, при котором достигается наилучшее соотношение между урожайностью и удельными энергетическими затратами [James и др., 2015; A’risya A’ina Abdullah и др., 2023: 368–377]. Данный результат согласуется с исследованиями Weber et al. и Abdullah et al., установившими аналогичный диапазон оптимального светового потока для интенсивного выращивания гидропонной биомассы

*Влияние концентрации сапропеля на продуктивность гидропонного зеленого корма.*

Экспериментальная оценка влияния концентрации сапропелевой биоактивной среды на продуктивность гидропонного зеленого корма показала выраженный нелинейный характер зависимости урожайности от степени минерализации питательного раствора. Результаты экспериментальных исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Урожайность ГЗК в зависимости от концентрации сапропеля

Концентрация сапропеля в (%)	Удельная урожайность в кг/м <sup>2</sup>	Рост растений в (см)
0	22	0,25
0,5	24,5	1,3
1	27,1	2,6
1,5	28,8	3,6
2	29,8	4,2
2,5	29	4,3
3	27,5	4,4
3,5	25	4,3

Установлено, что увеличение концентрации сапропеля от 0 до 2,0 % сопровождается устойчивым ростом урожайности гидропонной массы с 22 до 29,8 кг/м<sup>2</sup>, что соответствует увеличению продуктивности на 35,4 %. Полученный результат свидетельствует о выраженном стимулирующем дей-

ствии сапропеля как биоактивного компонента питательной среды. Вероятно, положительный эффект обусловлен наличием гуминовых веществ, микроэлементов и органических соединений, активизирующих обменные процессы в проростках.

Одновременно зафиксировано увеличение линейного роста растений с 0,25 до 4,2 см, что свидетельствует об интенсификации физиологических и биохимических процессов в растительной ткани. Рост линейных размеров растений сопровождался формированием более развитой корневой системы и повышением однородности зеленой массы, что имеет важное значение для получения стабильного по качеству кормового продукта

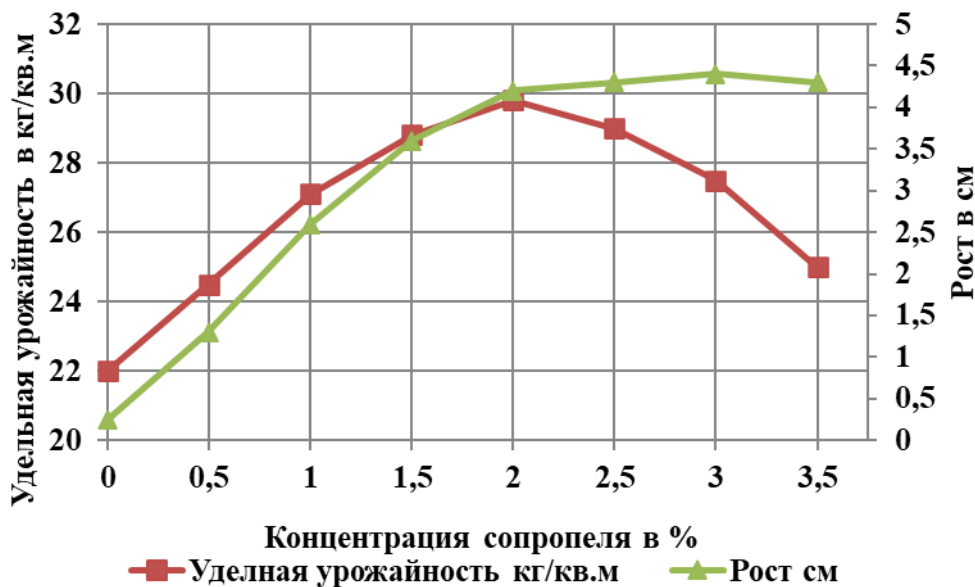


Рис. 4. Зависимость удельной урожайности от концентрации сапропеля  
[Fig. 4. Dependence of specific yield on sapropel concentration].

При дальнейшем увеличении концентрации сапропеля свыше 2,0 % наблюдается снижение урожайности до 25 кг/м<sup>2</sup> при сохранении высокой скорости линейного роста растений. Данный эффект указывает на возникновение физиологического перенасыщения питательной среды минеральными компонентами, что приводит к ухудшению условий осмотического обмена и снижению эффективности усвоения питательных веществ.

Таким образом, оптимальной концентрацией биоактивной среды является 2,0 %, обеспечивающая максимальную продуктивность системы без признаков ингибирования роста.

#### *Эффективность интеллектуального предиктивного управления.*

Внедрение интеллектуального алгоритма предиктивного управления позволило реализовать адаптивную корректировку режимов полива, освещения и вентиляции на основании текущего состояния биомассы и параметров окружающей среды.

Сравнение статического и интеллектуального режимов управления показало:

- снижение суммарного потребления воды на 31,2 %;
- снижение энергопотребления на 28,7 %;
- повышение стабильности микроклимата в зоне выращивания на 22,4 %;
- сокращение отклонений pH и ЕС питательной среды на 18,9 %.

Полученные результаты подтверждают, что использование интеллектуального управления позволяет одновременно решать задачи ресурсосбережения и стабилизации технологического процесса. Особенно важно это для автономных хозяйств и удаленных производственных площадок, где стоимость воды и электроэнергии оказывает существенное влияние на себестоимость продукции.

#### **Обсуждение результатов.**

Полученные экспериментальные данные подтверждают высокую эффективность интеграции биоактивной сапропелевой среды и интеллектуального предиктивного управления в технологию гидропонного производства полнорационных кормов. Следует отметить, что положительный эффект достигается не за счет отдельного технологического фактора, а вследствие комплексного взаимодействия нескольких подсистем: рационального светового режима, стабилизированного микроклимата, управляемого полива, биоактивной стимуляции роста растений и адаптивного регулирования ресурсных потоков. Такой системный подход обеспечивает более высокий совокупный результат по сравнению с

использованием отдельных решений по отдельности.

Установленный в работе прирост урожайности на 35,4 % при использовании сапропелевой среды сопоставим, а в ряде случаев превышает результаты зарубежных исследований, посвященных применению органоминеральных стимуляторов в гидропонных системах. Так, Farvardin et al. показали, что использование биоактивных добавок в гидропонных установках позволяет увеличить продуктивность зеленой массы в среднем на 18–27 % в зависимости от вида культуры и состава применяемого стимулятора [Farvardin et al., 2024; Farvardin и др., 2024; Elmulthum и др., 2023].

Полученный в настоящем исследовании более высокий эффект может быть обусловлен специфическим гуминовым, аминокислотным и минеральным составом используемого сапропеля.

С практической точки зрения выявленный рост урожайности означает возможность увеличения выхода кормовой массы без расширения производственных площадей и без существенного роста эксплуатационных затрат. Для хозяйств с ограниченными земельными ресурсами и высокой стоимостью кормов это имеет особое значение, поскольку позволяет повысить автономность кормообеспечения и снизить зависимость от сезонных поставок.

Следует отметить, что выявленный экстремальный характер зависимости урожайности от концентрации сапропеля соответствует фундаментальным закономерностям физиологии растений. Аналогичные нелинейные зависимости ранее были установлены в исследованиях, где показано, что чрезмерная минерализация питательной среды приводит к осмотическому стрессу, нарушению водобмена и снижению эффективности фотосинтетического аппарата растений [Jung et al., 2000]. Это подтверждает необходимость точного дозирования биоактивных компонентов в автоматизированных системах выращивания. Использование избыточных концентраций не только не повышает продуктивность, но и может приводить к снижению экономической эффективности процесса.

Определенный в исследовании оптимальный диапазон освещенности 300 мкмоль/м<sup>2</sup>·с также согласуется с международными данными. В работах Abdullah et al. и Weber et al. установлено, что при интенсивном выращивании гидропонной биомассы повышение PPFД свыше 300–350 мкмоль/м<sup>2</sup>·с сопровождается ростом энергозатрат без пропорционального увеличения продуктивности растений [Jamesi др., 2015; A'risya A'ina Abdullah и др., 2023: 368–377].

Следовательно, чрезмерная световая нагрузка не всегда является экономически оправданной.

Полученные данные имеют прикладное значение при проектировании новых гидропонных комплексов, поскольку позволяют выбирать светотехническое оборудование не по максимальной установленной мощности, а по критерию оптимального соотношения биологической эффективности и удельных энергетических затрат. Это особенно важно в условиях роста стоимости электроэнергии и необходимости снижения себестоимости кормовой продукции.

Особый научный интерес представляет применение интеллектуального управления в системе гидропонного кормопроизводства. В отличие от традиционных таймерных систем, используемых во многих коммерческих установках, предложенный подход обеспечивает динамическую адаптацию параметров технологического процесса на основе анализа многопараметрических входных данных. Это позволяет оперативно изменять режимы полива, вентиляции, освещения и кондиционирования в зависимости от стадии роста растений и текущего состояния среды.

В условиях цифровизации сельского хозяйства такие системы могут быть интегрированы в единую информационную инфраструктуру предприятия с возможностью удаленного мониторинга, централизованного анализа данных, архивирования параметров работы оборудования и оперативного принятия управленческих решений [Emin и др., 2022]. В перспективе это создает основу для формирования полностью автономных модулей кормопроизводства.

С инженерной точки зрения разработанная система демонстрирует высокую степень интеграции технологических подсистем: водоподготовки, освещения, микроклимата, биостимуляции и интеллектуального управления. Такой комплексный подход выгодно отличает предложенную установку от большинства существующих решений, которые, как правило, реализуют лишь отдельные элементы автоматизации без полноценной координации всех процессов.

Контейнерное исполнение дополнительно расширяет возможности внедрения технологии, поскольку допускает размещение комплекса непосредственно вблизи животноводческих объектов. Это снижает логистические издержки, сокращает потери зеленой массы при транспортировке и повышает независимость хозяйства от внешних поставщиков кормов.

Отдельного внимания заслуживает экологический аспект разработанной технологии. Использование замкнутого водооборота, снижение потерь кормов при хранении, сокращение транспортной

составляющей и рациональное энергопотребление позволяют уменьшить совокупную нагрузку на окружающую среду и соответствуют принципам устойчивого агропроизводства.

Несмотря на полученные положительные результаты, следует отметить ряд ограничений исследования. Во-первых, испытания проводились на ограниченном наборе кормовых культур и в рамках одного технологического объекта, что требует дальнейшей проверки результатов в различных агроклиматических условиях. Во-вторых, для окончательного подтверждения универсальности алгоритмов искусственного интеллекта необходима дополнительная апробация на расширенной выборке эксплуатационных данных. В-третьих, перспективным направлением дальнейших исследований является внедрение технологий компьютерного зрения для визуального мониторинга биомассы и автоматической оценки стадий роста растений.

К дополнительным направлениям дальнейших исследований следует отнести изучение влияния различных зерновых культур, оптимизацию режимов проращивания в зависимости от сезона, оценку кормовой ценности получаемой биомассы при разных составах биоактивной среды, а также проведение длительных производственных испытаний в условиях действующих животноводческих предприятий.

Таким образом, результаты исследования подтверждают, что предложенная комбинированная система обладает высоким потенциалом промышленного внедрения в хозяйствах Казахстана и других стран с аридным климатом, обеспечивая повышение устойчивости кормопроизводства, снижение ресурсной нагрузки, рост производственной эффективности и улучшение качества кормовой базы.

### **Заключение.**

В результате проведенного исследования разработана и научно обоснована комбинированная автоматизированная система контейнерного типа для круглогодичного производства полнорационных гидропонных зеленых кормов на основе биоактивной среды сапропелевого происхождения с применением алгоритмов искусственного интеллекта для управления технологическими процессами. Предложенная установка представляет собой интегрированный инженерно-технологический комплекс, объединяющий подсистемы подготовки и рециркуляции воды, ультрафиолетовой дезинфекции, регулируемого освещения, микроклиматического обеспечения, автоматизированного полива, биоактивной минерализации и интеллектуального предиктивного управления параметрами выращивания.

Разработанная система ориентирована на эксплуатацию в условиях ограниченности земельных и водных ресурсов, сезонной нестабильности кормопроизводства и необходимости круглогодичного обеспечения животноводческих хозяйств свежей зеленой кормовой массой. Контейнерный принцип исполнения обеспечивает мобильность комплекса, возможность размещения непосредственно на территории сельскохозяйственного предприятия и снижение затрат, связанных с транспортировкой и хранением традиционных кормов.

В ходе исследования сформирован комплекс математических и расчетных моделей, описывающих процессы обеззараживания поливной воды, светотехнического обеспечения, а также динамику ресурсопотребления установки. Полученные зависимости характеризуются высокой степенью достоверности и могут быть использованы для прогнозирования технологических параметров, оптимизации режимов эксплуатации оборудования и последующей интеграции в цифровые системы управления гидропонными комплексами.

Экспериментально установлено, что рациональным режимом светового облучения для выращивания гидропонного зеленого корма является плотность фотосинтетического потока  $300 \text{ мкмоль/м}^2 \cdot \text{с}$ . Указанный режим обеспечивает оптимальное соотношение между интенсивностью накопления биомассы и удельными энергетическими затратами. Повышение освещенности свыше данного уровня сопровождается ростом энергопотребления без сопоставимого увеличения урожайности, что свидетельствует о наличии технологического и экономического предела дальнейшей интенсификации процесса.

Одним из ключевых результатов работы является установление оптимальной концентрации сапропелевой биоактивной среды на уровне 2,0 %. При данной концентрации достигается максимальная урожайность гидропонного зеленого корма  $29,8 \text{ кг/м}^2$ , что на 35,4 % превышает контрольный вариант без применения биоактивной добавки. Установлено, что дальнейшее увеличение содержания сапропеля в питательном растворе приводит к снижению продуктивности вследствие перенасыщения среды минеральными компонентами и ухудшения условий усвоения питательных веществ растениями.

Показано, что использование сапропеля способствует активизации физиолого-биохимических процессов проращивания, улучшению корнеобразования, ускорению накопления зеленой массы и по-

вышению биологической ценности получаемого корма. Наличие в его составе гуминовых веществ, аминокислот, макро- и микроэлементов позволяет рассматривать сапропель как перспективный природный биоактивный компонент для применения в ресурсосберегающих технологиях кормопроизводства.

Важным научно-практическим результатом является подтверждение эффективности применения алгоритмов искусственного интеллекта в системе управления комплексом. Использование предиктивного подхода позволило перейти от статического временного регулирования к адаптивному управлению технологическими параметрами на основе анализа текущих данных датчиков и состояния производственного процесса. Интеллектуальная система обеспечивает динамическую корректировку режимов полива, освещения, вентиляции и микроклимата в режиме реального времени.

Внедрение интеллектуального управления позволило снизить суммарный расход воды на 31,2 % и энергопотребление на 28,7 % при сохранении высокой урожайности и стабильности параметров выращивания. Это подтверждает высокую эффективность цифровых методов управления для замкнутых гидропонных систем и открывает возможности дальнейшей автоматизации производственных процессов в аграрном секторе.

Практическая апробация разработанной установки показала, что производительность комплекса до 500 кг/сутки позволяет обеспечить кормовую потребность животноводческих хозяйств малой и средней мощности, а также использовать систему как дополнительный источник свежих кормов в периоды сезонного дефицита. Внедрение технологии обеспечивает снижение совокупных затрат на кормопроизводство за счет уменьшения расхода воды, электроэнергии, транспортных издержек и потерь при хранении кормов.

Научная новизна работы заключается в комплексном объединении в рамках единой технологической платформы биоактивной сапропелевой среды, автоматизированного гидропонного выращивания, математически обоснованного ресурсного моделирования и интеллектуального предиктивного управления. В отличие от существующих решений, предложенная система ориентирована не только на получение кормовой биомассы, но и на оптимизацию всего производственного цикла с учетом ресурсных, экономических и технологических факторов.

Практическая значимость результатов определяется возможностью промышленного внедрения разработанного комплекса в хозяйствах Республика Казахстан, а также в других регионах с аридными и полуаридными климатическими условиями. Технология может быть востребована в удаленных сельских районах, где наблюдается ограниченность пастбищных ресурсов, нестабильность погодных условий и высокая стоимость завозимых кормов.

Экологическая значимость разработки выражается в снижении водопотребления, рациональном использовании энергии, сокращении транспортной нагрузки и уменьшении потерь органической массы по сравнению с традиционными схемами кормообеспечения. Это соответствует современным принципам устойчивого развития агропромышленного комплекса и ресурсосберегающего производства.

Перспективы дальнейших исследований связаны с расширением перечня выращиваемых культур, адаптацией системы к различным климатическим зонам, совершенствованием алгоритмов машинного обучения, внедрением технологий компьютерного зрения для мониторинга роста растений и созданием цифровых платформ дистанционного управления комплексом.

Таким образом, разработанная комбинированная система производства полнорационных кормов на основе биоактивной среды с применением искусственного интеллекта представляет собой эффективное инженерно-технологическое решение для модернизации кормопроизводства, повышения устойчивости животноводства и дальнейшей цифровизации сельского хозяйства. Полученные результаты подтверждают высокую перспективность внедрения подобных комплексов в условиях современного агропромышленного производства.

## REFERENCES

- Address of the Head of State Kassym-Jomart Tokayev to the People of Kazakhstan. “Kazakhstan in the Era of Artificial Intelligence: Current Challenges and Their Solutions through Digital Transformation.” <https://www.akorda.kz/ru/poslanie-glavy-gosudarstva-kasym-zhomarta-tokaeva-narodu-kazahstana-kazahstan-v-epohu-iskusstvennogo-intellekta-aktualnye-zadachi-i-ih-resheniya-cherez-cifrovuyu-transformaciyu-885145>
- Annisa Hakim, Nur Rachmy Fazriyah, Tera Fit Rayani, Pria Sembada and Sulassih (2024). The effect of different harvest ages on the productivity of maize and sorghum green fodder //E3S Web of Conferences 577, 02009 (2024) *ICAS 2024*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202457702009>
- A'risya A'ina Abdullah, Chu-Liang Lee, Sew-Kin Wong, Ahmad Farimin Ahmad Osman, Zhi-Lin Sum, Kah-Yoong Chan (2023). The Effect of LED Grow Light Photoperiods on Indoor Hydroponic Lettuce Farming //Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology 32. Issue 1 (2023). 368–377 <https://doi.org/10.37934/araset.32.1.368377>
- Elmulthum N.A., Zeineldin F.I., Al-Khateeb S.A., Al-Barrak K.M., Mohammed T.A., Sattar M.N., Mohmand A.S. (2023). Water Use Efficiency and Economic Evaluation of the Hydroponic versus Conventional Cultivation Systems for Green Fodder Production in Saudi Arabia. *Sustainability* 2023. 15. 822. <https://doi.org/10.3390/su15010822>.
- Emin M., Waseem M. (2022). Investigation and analysis of effective approaches, opportunities, bottlenecks and future potential capabilities for digitalization of energy systems and sustainable development goals, *Elec. Power Syst. Res.* 211 (2022). <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2022.108251>.
- Farvardin M., Taki M., Gorjian S., Shabani E., Sosa-Savedra J.C. (2024). Assessing the Physical and Environmental Aspects of Greenhouse Cultivation: A Comprehensive Review of Conventional and Hydroponic Methods. *Sustainability* 2024. 16. 1273. <https://doi.org/10.3390/su16031273>
- Green Fodder. <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/10602>
- Gümüş H., Kowalczyk-Vasilev E. (2024). Effect of different sowing densities on biomass production and nutritive value of barley green fodder grown in hydroponic system. *Agron. Sci.* 79(3). 65–72. <https://doi.org/10.24326/as.2024.5400>
- Grazia Pastorelli, Valentina Serra, Lauretta Turin (2024). Everaldo Attard Hydroponic fodders for livestock production – a review *Ann. Anim. Sci.*, Vol. 24. No. 3 (2024). 645–656. <https://doi.org/10.2478/aoas-2023-0075>
- Kirdan E.N. (2000). Energy-Saving Technology and Mechanization Tools for the Production of Hydroponic Green Fodder: PhD dissertation in Technical Sciences / KGAU. Simferopol, 2000.130 p.
- Ma Y., Guo T., Zhang Z., Amat G., Jing Y., Tuo Y. and Hou L. (2024). Effect of feeding hydroponic barley seedlings to lactating ewes on blood biochemical indexes and growth performance of lambs. *Front. Vet. Sci.* 10:1280544. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1280544>
- James A. Weber, John D. Tenhunen, David M. Gates, Otto L. Lange (2015). The effect of photosynthetic photon flux density on cucumber and tomato transplants assimilative indices // *Proceedings of the 7th International Scientific Conference Rural Development*. 2015
- Jung S., Kim J.S., Cho K.Y., Tae G.S., Kang B.G. (2000). Antioxidant responses of cucumber (*Cucumis sativus*) to photoinhibition and oxidative stress induced by norflurazon under high and low PPFs // *Screening Research Division, Korea Research Institute of Chemical Technology*. P.O. Box 107. Yusung. Taejon. — South Korea. *Plant Sci.* 2000. Apr 25. 153 (2).
- Upreti, S., Ghimire, R.P., & Banskota, N. (2022). Comparison of different cereals for hydroponic fodder production in locally constructed polyhouse at Khumaltar, — Lalitpur, Nepal. *Journal of Agriculture and Natural Resources*, 15(1). 27–33. <https://doi.org/10.3126/janr.v5i1.50378>.

# RESEARCH, RESULTS

SCIENTIFIC JOURNAL

# ІЗДЕНІСТЕР, НӘТИЖЕЛЕР

ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛ

# ИССЛЕДОВАНИЯ, РЕЗУЛЬТАТЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

## Құрылтайшысы және баспагері:

«Қазақ ұлттық аграрлық зерттеу университеті» КЕАҚ «Қазақстан Республикасы Президентінің жанындағы Қазақстан Республикасының Ұлттық Ғылым академиясы» КЕАҚ

## Бас редактор

Күрішбаев Ақылбек Қажығұлұлы

## Жауапты редактор

Мрзабаева Раушан Жалиевна

## Компьютерде беттеген

Асанова Жадыра Миримхановна

Редакция мен баспаның мекен-жайы:

050010, Қазақстан Республикасы, Алматы қ., Абай даңғылы, 8

Журнал сайты: <https://journal.kaznaru.edu.kz/>

30.04.2026 ж.