



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:**

**Abilay 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)

**Bakhytzhan Alisherovich Duisembekov** — Candidate of Biological Sciences, Chairman of the Board of “Kazakh Research Institute of Plant Protection and Quarantine named after Zhazken Zhiembaev” LLP; (Scopus h-7)

**Erlan Bozanbayuly Dutbayev** — Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor at the “Department of Plant Protection and Quarantine”, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-9)

**Aigul Absultanovna Zhapparova** — Candidate of Agricultural Sciences, Professor at the “Department of Soil Science, Agrochemistry and Ecology”, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-6)

**Ashimkhan Toktasynovich Kanaev** — Doctor of Biological Sciences, Professor at the “Department of Soil Science, Agrochemistry and Ecology”, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-4)

**Fabián G.Fernández** — PhD, Professor, University of Minnesota, USA; (Scopus h-28)

**Elmira Saljnikov** — PhD, Professor, University of Belgrade, Serbia; Professor at the Institute of Multidisciplinary Research; (Scopus h-14)

**Askhat Khamitovich Naushabayev** — PhD, Associate Professor at the “Department of Soil Science, Agrochemistry and Ecology”, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-4)

**Wenfeng Liu** - PhD, Professor, China Agricultural University; (Scopus h-39)

**Mukhamadkhan Khamidov** — Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, Uzbekistan; (Scopus h-14)

**Ainur Yesirkepovna Aldiyarova** — PhD, Associate Professor, Kazakh National Agrarian Research University;

(Scopus h-4)

**Kanat Kurmanovich Anuarbekov** — PhD, Associate Professor, Kazakh National Agrarian Research University; (Scopus h-5)

**Azamat 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 СОҢҒЫ 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 желілері .....	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 ЖЕЛІЛЕРІНІҢ 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

**K. Kalym<sup>1</sup>\*, Sh.T. Duisenova<sup>2</sup>, D.S. Zauyrbekova<sup>2</sup>, A.K. Zhunusova<sup>2</sup>, D. Karaivanov<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Scientific production center of Agricultural Engineering, Almaty, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Gumarbek Daukeev Almaty university of energy and communications, NAO, Almaty, Kazakhstan;

<sup>3</sup>University of Chemical Technology and Metallurgy, Sofia.

E-mail: [abdirahim\\_334@mail.ru](mailto:abdirahim_334@mail.ru)

## INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE TEMPERATURE REGIME ON THE PARAMETERS OF POWER TRANSMISSION LINES

**Kalym Kabdyrakhim**, PhD, Scientific production center of Agricultural Engineering, 050005, Republic of Kazakhstan, Almaty, Raiymbek, 312

E-mail: [abdirahim\\_334@mail.ru](mailto:abdirahim_334@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0002-7465-8548>;

**Duisenova Sholpan Turanovna**, PhD, Senior lecturer of the Department of «Electric Power Networks», AUES named after G. Daukeev RK, 050013, Almaty, Baitursynova str., 126/1

E-mail: [sh.duisenova@aes.kz](mailto:sh.duisenova@aes.kz), <https://orcid.org/0000-0003-0820-7586>;

**Zhunusova Aiza Kadyrzhanqyzy**, Senior lecturer at the Department of «Electric Power Systems», AUES named after G. Daukeev, Kazakhstan, 050013, Almaty, Baitursynova str., 126/1

E-mail: [a.zhunusova@aes.kz](mailto:a.zhunusova@aes.kz), <https://orcid.org/0000-0003-1325-1311>;

**Damira Saparbekkyzy Zaurbekova**, lecturer at the Department of «Electric Power Systems», AUES named after G. Daukeev, Republic of Kazakhstan, 126/1 Baitursynova str., 050013, Almaty

E-mail: [d.zaurbekova@aes.kz](mailto:d.zaurbekova@aes.kz), <https://orcid.org/0009-0005-5044-4376>;

**Dimitar Karaivanov**, Doctor of Engineering, Associate Professor, Department of Applied Mechanics, University of Chemical Technology and Metallurgy, Sofia, Bulgaria

E-mail: [dipekabg@yahoo.com](mailto:dipekabg@yahoo.com), <https://orcid.org/0000-0002-1709-677X>.

**Annotation.** *Introduction.* Ensuring the reliable and efficient operation of electric power systems is one of the key tasks of modern energy. Of particular importance is the consideration of climatic factors, in particular the ambient temperature, which has a significant impact on the electrical parameters of overhead power lines. A change in temperature leads to a change in the active resistance of the conductors, which, in turn, affects power losses, voltage, and operating modes of electrical networks. Materials and methods. The paper uses computational and analytical methods and the RastrWin 3.0 software package for modeling electrical network modes. The object of the study is a section of the 110 kV Korgalzhyn – Krasnoznamenska electric grid. The calculations were carried out taking into account changes in ambient temperature in the range from  $-60^{\circ}\text{C}$  to  $+60^{\circ}\text{C}$ . The line parameters were determined based on reference data, followed by the calculation of active resistance, reactance and conductivity. Results and discussion. It has been found that an increase in ambient temperature leads to an increase in the active resistance of the conductors and, as a result, to an increase in power losses. The maximum losses are observed at a temperature of  $+60^{\circ}\text{C}$  and reach 3.95 %. When the temperature drops to  $-60^{\circ}\text{C}$ , the resistance of the conductors decreases, and the power loss decreases to 2.61 %. It was also revealed that the temperature factor affects the magnitude of the voltage drop and the load on the network elements. *Conclusions.* The results of the study confirm the need to take into account real temperature conditions when calculating the modes of electrical networks. The use of temperature-dependent models makes it possible to improve the accuracy of calculations, reduce power losses, and improve the reliability of power systems. The data obtained can be used in optimizing the operating modes of electrical networks and the introduction of Dynamic Line Rating technologies.

**Keywords:** electrical network, temperature, active resistance, power loss, overhead line, network mode, RastrWin 3.0

**For citation:** Kalym K., Duisenova Sh.T., Zauyrbekova D.S., Zhunusova A.K., Karaivanov D. (2026).

Investigation of the influence of the temperature regime on the parameters of power transmission lines // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Vol. 28. Is. 2. Number 110. Pp. 195–210. <https://doi.org/10.37884/2-2026/17> [In Russ.].

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

**Gratitude.** The research was conducted at Almaty University of Energy and Communications named after G. Daukeev. The authors would like to thank the scientific supervisors and the staff of the Department of Electric Power Systems for their methodological and technical support.

**К. Калым<sup>\*1</sup>, Ш.Т. Дуйсенова<sup>2</sup>, Д.С. Зауырбекова<sup>2</sup>, А.К. Жунусова<sup>2</sup>, Д.Караиванов<sup>3</sup>**

<sup>\*1</sup>«Агроинженерия» ғылыми-өндірістік орталығы ЖШС, Алматы, Қазақстан;

<sup>2</sup>Ғұмарбек Дәукеев атындағы алматы энергетика және байланыс университеті KEAҚ, Алматы, Қазақстан.

<sup>3</sup>Химиялық технологиялар және металлургия университеті, София, Болгария,  
E-mail: abdirahim\_334@mail.ru

## ТЕМПЕРАТУРА РЕЖИМІНІҢ ЭЛЕКТР ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ПАРАМЕТРЛЕРІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ

**Калым Қабдырахим**, PhD, «Агроинженерия» ғылыми-өндірістік орталығы ЖШС, 050005, Қазақстан, Алматы, Райымбек даңғылы, 312

E-mail: abdirahim\_334@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7465-8548>;

**Дуйсенова Шолпан Турановна**, PhD, «Электр энергетикалық жүйелер» кафедрасының аға оқытушысы, Қазақстан, Ғ. Дәукеев атындағы АЭЖБУ, 050013., Алматы, Байтұрсынов к-сі, 126/1

E-mail: sh.duisenova@au.es.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0820-7586>;

**Жунусова Айза Қадыржанқызы**, «Электр энергетикалық жүйелер» кафедрасының аға оқытушысы, ҚР Ғ. Дәукеев атындағы АЭЖБУ, 050013., Алматы қ., Байтұрсынов к-сі, 126/1

E-mail: a.zhunussova@au.es.kz, <https://orcid.org/0000-0003-1325-1311>;

**Заурбекова Дамира Сапарбекқызы**, «Электр энергетикалық жүйелері» кафедрасының оқытушысы, ҚР Ғ. Дәукеев атындағы АЭЖБУ, 050013, Алматы, Байтұрсынов к-сі, 126/1

E-mail: d.zaurbekova@au.es.kz, <https://orcid.org/0009-0005-5044-4376>;

**Димитар Караиванов**, қолданбалы механика кафедрасының доценті, инженерия докторы, Химиялық технологиялар және металлургия университеті, София, Болгария

E-mail: dipekabg@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0002-1709-677X>.

**Аннотация.** *Kipicne.* Электр энергетикалық жүйелердің сенімді және тиімді жұмысын қамтамасыз ету қазіргі заманғы энергетиканың негізгі міндеттерінің бірі болып табылады. Ауа желілерінің электр параметрлеріне айтарлықтай әсер ететін Климаттық факторларды, атап айтқанда қоршаған ортаның температурасын ескеру ерекше маңызға ие. Температураның өзгеруі өткізгіштердің белсенді кедергісінің өзгеруіне әкеледі, бұл өз кезегінде электр желілерінің қуатының жоғалуына, кернеуіне және жұмыс режиміне әсер етеді. *Материалдар мен әдістер.* Жұмыста электр желісінің режимдерін модельдеу үшін RastrWin 3.0 есептеу-аналитикалық әдістері мен бағдарламалық кешені қолданылды. Зерттеу объектісі 110 кВ Қорғалжын-Краснознаменка электр желісінің учаскесі болып табылады. Есептеулер  $-60^{\circ}\text{C}$ -тан  $+60^{\circ}\text{C}$ -қа дейінгі диапазондағы қоршаған орта температурасының өзгеруін ескере отырып жүргізілді. *Нәтижелер және талқылау.* Қоршаған орта температурасының жоғарылауы өткізгіштердің белсенді кедергісінің жоғарылауына және нәтижесінде қуат шығынының өсуіне әкелетіні анықталды. Максималды шығындар  $+60^{\circ}\text{C}$  температурада байқалады және 3,95% жетеді. Температура  $-60^{\circ}\text{C}$  дейін төмендеген кезде өткізгіштердің кедергісі төмендейді, ал қуат шығыны 2,61% дейін төмендейді. Сондай-ақ, температура факторы кернеудің төмендеуіне және желі элементтерінің жүктемесіне әсер ететіні анықталды. *Қорытындылар.* Зерттеу нәтижелері электр желілерінің режимдерін есептеу кезінде нақты температура жағдайларын ескеру қажеттілігін растайды. Температураға тәуелді модельдерді қолдану есептеулердің дәлдігін арттыруға, электр энергиясының жоғалуын азайтуға және электр желілерінің сенімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Алынған деректер электр желілерінің жұмыс режимдерін оңтайландыру және динамикалық желі рейтингі (dynamic Line Rating) технологияларын

енгізу кезінде пайдаланылуы мүмкін.

**Түйін сөздер:** электр желісі, температура, белсенді қарсылық, қуат жоғалту, әуе желісі, Желі режимі, RastrWin 3.0

**Дәйексөз үшін:** Калым К., Дуйсенова Ш.Т., Зауырбекова Д.С., Жунусова А.К., Караиванов Д. (2026). Температуралық режимнің электр желілерінің қуаты мен параметрлерінің жоғалуына әсері (110 кВ желісінің мысалында Қорғалжын-Краснознаменка) // Research, results – Ізденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 2. Number 110. Pp. 195–210. <https://doi.org/10.37884/2-2026/17> [In Russ.].

**Мүдделер қақтығысы:** авторлар мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

**Алғыс:** зерттеу жұмысы Алматы энергетика және байланыс университетінде орындалды. *Г. Даукеева. Авторлар әдістемелік және техникалық қолдау көрсеткені үшін «электр энергетикалық жүйелер» кафедрасының ғылыми жетекшілері мен ұжымына алғыстарын білдіреді.*

**К. Калым<sup>\*1</sup>, Ш.Т. Дуйсенова<sup>2</sup>, Д.С. Зауырбекова<sup>2</sup>, А.К. Жунусова<sup>2</sup>, Д.Караиванов<sup>3</sup>**

<sup>\*1</sup> ТОО Научно-производственный центр агроинженерии, Алматы, Казахстан;

<sup>2</sup> Алматинский университет энергетике и связи имени Гумарбека Даукеева НАО, Алматы, Казахстан;

<sup>3</sup> Университет химической технологии и металлургии, София, Болгария

E-mail: abdirahim\_334@mail.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА НА ПАРАМЕТРЫ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

**Калым Кабдырахим**, PhD, ТОО Научно-производственный центр агроинженерии, Казахстан, 050005, Алматы, пр. Райымбека, 312

E-mail: abdirahim\_334@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7465-8548>;

Дуйсенова Шолпан Турановна, PhD, старший преподаватель кафедры «Электроэнергетические сети», АУЭС имени Г. Даукеева, Казахстан, 050013., Алматы, ул. Байтурсынова, 126/1

E-mail: sh.duisenova@aes.kz, <https://orcid.org/0000-0003-0820-7586>;

Жунусова Айза Қадыржанқызы, старший преподаватель кафедры «Электроэнергетические системы», АУЭС имени Г. Даукеева, Казахстан, 050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126/1

E-mail: a.zhunussova@aes.kz, <https://orcid.org/0000-0003-1325-1311>;

Заурбекова Дамира Сапарбекқызы, преподаватель кафедры «Электроэнергетические системы», АУЭС имени Г. Даукеева, Казахстан, 050013., Алматы, ул. Байтурсынова, 126/1

E-mail: d.zaurbekova@aes.kz, <https://orcid.org/0009-0005-5044-4376>;

Караиванов Димитар, кафедра прикладной механики, университет химической технологии и металлургии, София, Болгария

E-mail: dipekabg@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0002-1709-677X>.

**Аннотация.** *Введение.* Обеспечение надежной и эффективной работы электроэнергетических систем является одной из ключевых задач современной энергетики. Особое значение приобретает учет климатических факторов, в частности температуры окружающей среды, оказывающей существенное влияние на электрические параметры воздушных линий электропередачи. Изменение температуры приводит к изменению активного сопротивления проводников, что, в свою очередь, влияет на потери мощности, напряжение и режимы работы электрических сетей. *Материалы и методы.* В работе использованы расчетно-аналитические методы и программный комплекс RastrWin 3.0 для моделирования режимов электрической сети. Объектом исследования является участок электрической сети 110 кВ Қорғалжын – Краснознаменка. Расчеты проводились с учетом изменения температуры окружающей среды в диапазоне от  $-60^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$ . Определение параметров линии выполнено на основе справочных данных с последующим расчетом активного сопротивления, реактивного сопротивления и проводимости. *Результаты и обсуждение.* Установлено, что повышение температуры окружающей среды приводит к увеличению активного сопротивления проводников и, как следствие, к росту потерь мощности. Максимальные потери наблюдаются при температуре  $+60^{\circ}\text{C}$  и достигают 3,95%. При снижении температуры до  $-60^{\circ}\text{C}$  сопротивление проводников уменьшается, а потери мощности

снижаются до 2,61%. Также выявлено, что температурный фактор оказывает влияние на величину падения напряжения и загрузку элементов сети. *Выводы.* Результаты исследования подтверждают необходимость учета реальных температурных условий при расчетах режимов электрических сетей. Использование температурно-зависимых моделей позволяет повысить точность расчетов, снизить потери электроэнергии и повысить надежность работы энергосистем. Полученные данные могут быть использованы при оптимизации режимов работы электрических сетей и внедрении технологий динамического рейтинга линий (Dynamic Line Rating).

**Ключевые слова:** электрическая сеть, температура, активное сопротивление, потери мощности, воздушная линия, режим сети, RastrWin 3.0

**Для цитирования:** Калым К., Дуйсенова Ш.Т., Зауырбекова Д.С., Жунусова А.К., Караиванов Д. (2026). Исследование влияния температурного режима на параметры линий электропередачи // Research, results – Изденістер, нәтижелер – Исследования, результаты. Т. 28. Is. 2. Number 110. Pp. 195–210. <https://doi.org/10.37884/2-2026/17> [In Russ.].

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

**Благодарность:** *Исследовательская работа выполнена в Алматинском университете энергетики и связи им. Г. Даукеева. Авторы выражают благодарность научным руководителям и коллективу кафедры «Электроэнергетические системы» за оказанную методическую и техническую поддержку.*

## Введение.

В современной мировой экономике электроэнергетика является стратегически важной и базовой инфраструктурной отраслью. Электроэнергия рассматривается как основной ресурс, обеспечивающий все направления промышленности, транспортные системы, связь и информационные технологии, а также бытовые потребности населения [Yusov, 2021]. Поэтому надежность, эффективность и устойчивость электроэнергетических систем считаются важнейшей составляющей экономической безопасности любого государства [Kim & Overbye, 2019]. В последние десятилетия спрос на электроэнергию неуклонно растет. Это связано с усилением процесса урбанизации, развитием промышленности и широким внедрением цифровых технологий [Gustavsen, 2017]. В таких условиях возрастает и нагрузка на электроэнергетические системы, возникает необходимость оптимизации режимов их работы. Особенно большое значение имеет эффективность и надежность сетей передачи и распределения электроэнергии [CIGRÉ, 2014]. Транспортировка электроэнергии осуществляется по линиям электропередачи. Эти сети являются основным звеном, обеспечивающим поток энергии от источников генерации к потребителям [Ahmed & Singh, 2018]. В таких государствах с обширной территорией, как Казахстан, особую роль играют воздушные линии электропередачи, поскольку они простираются на сотни километров и проходят через различные климатические зоны. Такие условия приводят к тому, что на режим работы сетей влияет множество внешних факторов [Zhou et al., 2021]. Эффективность работы линий электропередачи зависит не только от технических параметров, но и от климатических условий окружающей среды. Среди них важное место занимают такие факторы, как температура воздуха, скорость ветра, солнечная радиация, влажность и оледенение [Saparov, 2020]. Эти факторы напрямую влияют на электрические, механические и тепловые свойства проводников.

Температура является одним из основных факторов, влияющих на режим работы линий электропередачи. При изменении температуры проводников изменяется и их электрическое сопротивление. Физически это явление объясняется движением свободных электронов в проводящих материалах [Li et al., 2020]. При повышении температуры колебания атомов усиливаются, а сопротивление движению электронов увеличивается. В результате сопротивление проводника увеличивается. А когда температура падает, происходит обратный процесс [Black & Strbac, 2016]. Изменение электрического сопротивления проводника влияет на основные параметры электрической сети. Во-первых, увеличивается падение напряжения, что влияет на качество энергии, поставляемой потребителям. Во-вторых, затраты на активную электроэнергию увеличиваются, потому что часть электроэнергии теряется в виде тепла. В-третьих, снижается общая эффективность сети. Поэтому учет температурных факторов очень важен при проектировании и эксплуатации электрических сетей [Holmgren & Söder, 2019]. Климатические условия Республики Казахстан характеризуются изменением температуры в широком диапазоне. Зимой температура опускается до -40 -60 °С, летом

поднимается до  $+40..+50$  °С. Такие отклонения существенно влияют на режим работы проводников электрических сетей. В связи с этим расчеты, сделанные без учета конкретных климатических условий, могут не дать полностью точных результатов. В традиционных инженерных расчетах часто сопротивление проводников принимается постоянным или определяется стандартной температурой. Однако такой подход не полностью описывает конкретные условия труда. В результате возникает разница между фактической нагрузкой и расчетными значениями электрических сетей. Эта ситуация может поставить под угрозу надежность сети. В настоящее время в электроэнергетике широко применяются методы динамического моделирования. Эти методы позволяют учитывать параметры в реальном времени. В том числе технология Dynamic Line Rating позволяет определять фактическую пропускную способность линий электропередачи в зависимости от температуры [Fernandez et al., 2017]. Этот метод позволяет повысить эффективность сети и увеличить пропускную способность без строительства дополнительной инфраструктуры [Wang et al., 2022]. Учет температурных факторов важен не только для снижения энергозатрат, но и для повышения надежности электросетей. Чрезмерный нагрев проводников снижает их механическую прочность и увеличивает провисание. Это, в свою очередь, увеличивает риск возникновения аварийных ситуаций. А при низких температурах свойства материалов изменяются, и увеличивается вероятность механических повреждений [Zhang & Li, 2016]. Современное развитие электроэнергетических систем тесно связано с процессом цифровизации. Технологии интеллектуальных сетей (Smart Grid) позволяют управлять электрическими системами в режиме реального времени. В этих системах температура, нагрузка и другие параметры постоянно контролируются. Такие подходы позволяют повысить эффективность электросетей и снизить затраты.

Целью настоящей исследовательской работы является комплексное исследование влияния температурных факторов в линиях электропередачи на их электрическое сопротивление, затраты на мощность и режим напряжения. Также на примере конкретной электросети предусматривается проведение расчетов в различных температурных сценариях.

В исследовании используются методы теоретического анализа, математического моделирования и программного моделирования. Полученные результаты имеют практическое значение при проектировании и эксплуатации электроэнергетических систем.

Таким образом, учет температурных факторов играет важную роль в повышении эффективности и надежности электрических сетей. Данная исследовательская работа направлена на решение научных и инженерных задач в данном направлении.

Актуальность исследования также тесно связана с усложнением современных энергетических систем. Увеличение нагрузок на электрические сети и расширение их региональной структуры требует более точного и глубокого проведения системного анализа. Из-за высокой изменчивости параметров, особенно на дальнемагистральных воздушных линиях, их описание с фиксированными значениями не может полностью изобразить реальные физические процессы. По этой причине использование температурно-зависимых моделей имеет важное значение как с научной, так и с инженерной точки зрения.

Изучение работы электрических сетей в условиях Казахстана имеет особое значение, так как климатические условия носят очень континентальный характер. В регионах с очень холодной зимой и жарким летом температурный диапазон проводников меняется с очень широкими интервалами. Это состояние влияет не только на электрическое сопротивление, но и на механические напряжения. Дополнительные факторы, такие как ветер, ледяная нагрузка и солнечная радиация, усложняют фактическое рабочее состояние проводников. Поэтому в инженерных расчетах недостаточно полагаться только на номинальные значения.

Также в настоящее время в электроэнергетике идет процесс цифровой трансформации. Технологии интеллектуальных сетей, автоматизированные системы мониторинга и возможности обработки данных в режиме реального времени проложили путь к переходу на новый уровень управления электрическими сетями. Эти технологии позволяют непрерывно контролировать температуру, ток, напряжение и другие параметры. В результате появляется возможность динамически регулировать пропускную способность сети с учетом ее фактической нагрузки. Анализ научной литературы показывает, что, хотя часть современных исследований посвящена тепловому режиму проводников, большинство из них основано на идеализированных условиях. А в реальных сетевых системах одновременно действуют многие факторы. Учет взаимосвязи этих факторов требует сложных

математических моделей. В связи с этим возрастает роль вычислительных программ и симуляционных инструментов.

Научная новизна данной работы заключается в моделировании реальных условий работы электрической сети с учетом температурного режима проводников. Такой подход позволяет оценить энергетическую эффективность сети и точно рассчитать затраты. Также полученные результаты помогут обосновать инженерные решения при проектировании электрических сетей. Методы, использованные в исследовании, основаны на принципах расчета параметров электрических сетей, построения эквивалентных схем и моделирования различных температурных сценариев. С помощью этих подходов выявляются закономерности изменения сопротивления, падения напряжения и потерь мощности в линиях электропередачи. Полученные результаты позволяют сделать рекомендации, направленные на оптимизацию функционирования энергетических систем.

С практической точки зрения учет температурных факторов способствует увеличению пропускной способности электрических сетей и продлению срока их службы. Кроме того, такой подход позволяет снизить затраты на электроэнергию и повысить общую надежность системы. Таким образом, исследовательская работа соответствует современным тенденциям развития электроэнергетики и является важным научным вкладом, направленным на повышение ее эффективности.

Особое внимание также требует вопрос обеспечения надежности электроэнергетических систем. Поскольку современная энергетическая инфраструктура имеет сложную структуру, любое модальное отклонение может повлиять на стабильность всей системы. Увеличение сопротивления, вызванное температурными изменениями, способствует не только энергозатратам, но и работе систем релейной защиты. Это связано с тем, что при изменении параметров тока и напряжения в сети меняются и условия срабатывания защитных устройств. При проектировании линий электропередачи заранее рассчитываются пределы безопасности. Но эти пределы часто основываются на самых неблагоприятных обстоятельствах. При реальной эксплуатации во многих случаях сеть не работает при полной нагрузке, а температурные условия отклоняются от расчетных значений. Поэтому статические подходы к проектированию не всегда точно отражают реальную ситуацию. По этой причине методы динамического моделирования широко используются в инженерной практике.

Материалы и основные методы. В настоящем исследовании совместно применялись методы теоретического моделирования, инженерных расчетов и численного моделирования с целью комплексного анализа влияния температурного режима проводников в линиях электропередачи на их электрические, энергетические и режимные параметры [CIGRÉ, 2014]. В качестве объекта исследования выбрана конкретная Коргалжинско – Краснознаменская линия электропередачи напряжением 110 кВ Республики Казахстан. Поскольку эта сеть работает в широком диапазоне климатических условий, она является репрезентативной моделью, позволяющей точно оценить влияние температурных факторов. На рассматриваемой территории имеется 7 подстанций. Электрическая схема сети показана на рисунке 1. Рассматриваемый участок питается от шины 110 кВ понижающей подстанции ЦГПП – 500/220/110 кВ и Жалтыр – 220/110/10 кВ по одноцепным линиям № 21 и № 22.

Сведения о линиях электропередачи и подстанциях электрической сети приведены в таблицах 1.

Таблица 1 – Данные по линиям электропередачи рассматриваемого участка

Участок линии	Напряжение, кВ	Длина линии	М а р к а проволоки	С е ч е н и е провода, мм <sup>2</sup>	Количество цепей линии
ЦГПП-Воздвиженка	110	23	АС	150	одноцепной
Воздвиженка-Акмола	110	21	АС	150	одноцепной
Акмола-Мыльная	110	40	АС	150	одноцепной
Мыло-Жантеке	110	31	АС	120	двухконтурный
Жантеке-Коргалжын	110	27	АС	120	одноцепной
К о р г а л ж ы н - Краснознаменка	110	82	АС	95	одноцепной

1. Принципиальная схема участка рассматриваемой электрической сети представлена на рисунке

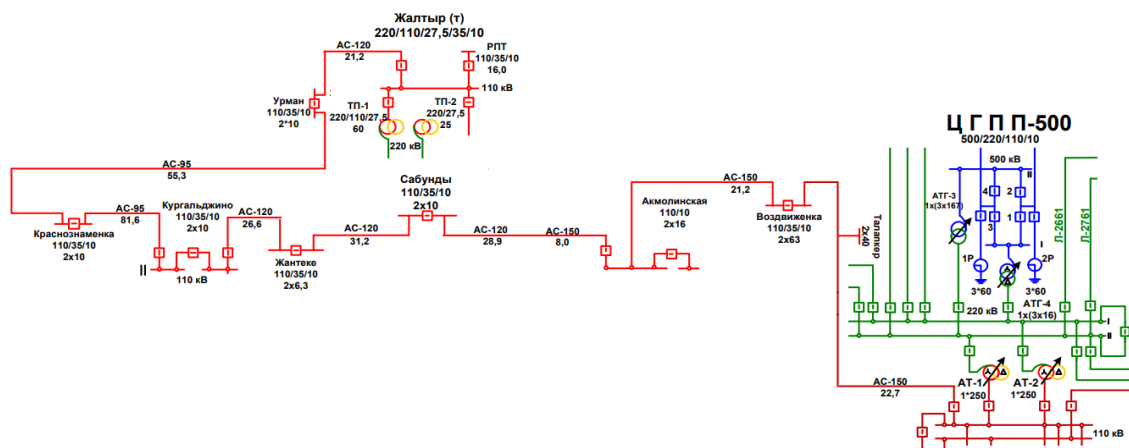


Рис. 1. принципиальная схема сетевого раздела  
[Fig. 1. Schematic diagram of the network section]

Объект исследования и исходные данные. В качестве исходных материалов исследования использованы технические и эксплуатационные характеристики линии электропередачи [Ahmed & Singh, 2018]. К ним относятся марки проводников (AC-95, AC-120, AC-150), их поперечные сечения, длины линий, количество цепей, а также удельно-активные и реактивные сопротивления. Эти параметры взяты из нормативных документов и технических справочников по энергетическим системам. Общая структура сети состоит из нескольких промежуточных подстанций, что позволяет моделировать различные режимы нагрузки. Каждый участок сети рассматривался как отдельный электрический элемент, а его параметры рассчитывались индивидуально. Такой подход повысил точность модели и позволил получить результат, близкий к реальной эксплуатационной ситуации [Zhou et al., 2021].

Климатические параметры. В исследовании рассматривался широкий диапазон температур: от  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Этот диапазон в полной мере характеризует континентальные климатические особенности Казахстана. Температурные режимы были разделены на три основных сценария: низкотемпературный режим ( $-60\text{.}-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); нормальный режим ( $-10\text{.}+30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); высокотемпературный режим ( $+30\text{.}+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Для каждого сценария были пересчитаны электрические параметры проводника. Тепловая модель проводника. Температура проводника определялась на основе уравнения теплового баланса. Эта модель описывает энергетический баланс между нагревом и охлаждением проводника [Kurbanov, 2019]. Принято считать, что температура проводника зависит от следующих основных факторов: силы тока, температуры окружающей среды, скорости ветра и солнечной радиации. В качестве инженерного приближения использовалась следующая формула:

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{в}} + k \cdot I^2 / F \quad (1)$$

где:

$t_{\text{пр}}$  -рабочая температура проводника;

$t_{\text{в}}$  -температура окружающей среды;

$I$  -сила тока;

$F$  -поперечное сечение проводника;

$k$  -тепловой коэффициент.

Эта модель широко используется для первоначальной инженерной оценки уровня нагрева проводника и является стандартным методом в электроэнергетике. Зависимость электрического сопротивления от температуры [Saparov, 2020].

Поскольку электрическое сопротивление проводников изменяется в зависимости от температуры, в исследовании использовалась линейная температурная модель. Эта модель основана на проводящих свойствах металлов. Сопротивление определяли по следующей формуле:

$$R = R_0 [1 + \alpha (t_{\text{пр}} - 20)] \quad (2)$$

где:

$R$  - сопротивление при температуре  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;  
 $\alpha$  - температурный коэффициент ( $0.004\text{ }1 / ^{\circ}\text{C}$ );  
 $T$  - температура проводника.

Эта формула показывает, что сопротивление увеличивается с увеличением температуры и уменьшается с уменьшением. Это явление объясняется изменением атомных колебаний кристаллической решетки металлов [IEEE Power & Energy Society, 2018]. Математическая модель электрической сети. Для расчета режимных параметров линии электропередачи использовалась эквивалентная схема. Каждый участок сети моделировался как пассивный электрический элемент [Black & Strbac, 2016]. Основные параметры определены по следующим формулам [Holmgren & Söder, 2019]:

Активное сопротивление:

$$R = r_0 \cdot l / n \quad (3)$$

Реактивное сопротивление:

$$X = x_0 \cdot l / n \quad (4)$$

$$B = b_0 \cdot l / (2n) \quad (5)$$

Проводимость:

где:

$r_0, x_0, b_0$  - параметрлеры доли;

$l$  - длина линий;

$n$  - количество цепи.

Эта модель позволила создать полностью электрический эквивалент сети. Все точные значения  $r_0, x_0, b_0$  определяются из справочников в зависимости от типа провода [Li et al., 2020]. В таблице 2 приведены справочные данные и параметры проводки линии электропередачи рассматриваемого участка сети. (3), (4), (5) расчеты параметров линии электропередачи по формулам приведены для каждого участка сети и все данные обобщены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчетные параметры сетей для эквивалентной схемы

Сетевой отдел	М а р к а провода	Длина, км	$r_0$ , Ом/км	$x_0$ , Ом/км	$b_0$ , с м / к м 10-6	$R$ , Ом	$X$ , Ом	$B$ , с м / к м 10-6
ЦГПП-Воздвиженка	АС-150	23	0,20	0,42	2.71	4.6	9.66	31.13
Воздвиженка-Акмола	АС-150	21	0,20	0,42	2.71	4.2	8.82	28.43
Акмола-Мыльная	АС-150	40	0,20	0,42	2.71	8	16.8	54.14
Мыло-Жантеке	АС-120	31	0,24	0,43	2.66	7.44	13.24	41.2
Жантеке-Коргалжино	АС-120	27	0,24	0,43	2.66	6.59	11.53	35,89
Коргалжын-Краснознаменка	АС-95	82	0,31	0,43	2.6	25.42	35.59	107.05

Программное моделирование (RastrWin 3.0). Для анализа режимов электрической сети использовался программный комплекс RastrWin 3.0. Этот инструмент является профессиональным инженерным программным продуктом для моделирования электроэнергетических систем в стационарном и квазистационарном режимах. С помощью программы рассчитывались следующие параметры: узловые напряжения, ответвительные токи, потоки активной и реактивной мощности, энергетический баланс сети. Температурные сценарии вводились в модель с помощью различных параметров ввода. Для каждого температурного режима рассчитывалось новое состояние сети. Метод расчета затрат на электроэнергию [Wang et al., 2022]. Расчет энергозатрат был основан на законе Джоуля–Ленца. Этот закон описывает процесс преобразования электричества в тепло:

$$P = I^2 R \quad (6)$$

где:

$P$ -потребляемая мощность;

$I$ -ток;

$R$ -сопротивление.

Эта формула позволяет количественно оценить, как изменяются затраты на электроэнергию за счет изменения температуры.

Вычислительные сценарии. В ходе исследования были рассмотрены два основных сценария: высокотемпературный сценарий ( $+10.$  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); низкотемпературный сценарий ( $-10$   $-60^{\circ}\text{C}$ ). В каждом

сценарии температура проводника рассчитывалась индивидуально, а сопротивление переопределялось. После этого в модели RastrWin был рассчитан новый режим.

Ограничения и принятые предположения. В исследовании были приняты следующие предположения: проводящий материал считался однородным, влияние ветра рассматривалось в среднем, солнечная радиация принималась постоянной, токи нагрузки принимались стационарными. Эти прогнозы уменьшили сложность модели и позволили более точно оценить основной температурный эффект.

Преимущества методологии. Используемая методика имеет несколько преимуществ: учитывает конкретные климатические условия, объединяет инженерные и математические модели, дает точные результаты с помощью численного моделирования, позволяет анализировать все режимы работы электросети.

### Результаты.

Проведенное исследование показало, что температурный режим проводников в линиях электропередачи существенно влияет на их электрические параметры, затраты на мощность и режим работы системы в целом. Моделирующие работы выполнены на базе линии электропередачи Коргалжын - Краснознаменка 110 кВ. В ходе расчетов был рассмотрен диапазон температур окружающей среды от  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$  и рассчитаны параметры сети индивидуально для каждой температурной точки.

Сопротивление сети при различных температурных значениях, применяемых при проведении расчетов для участка Коргалжынско-Краснознаменской электрической сети, приведено в таблице 3.

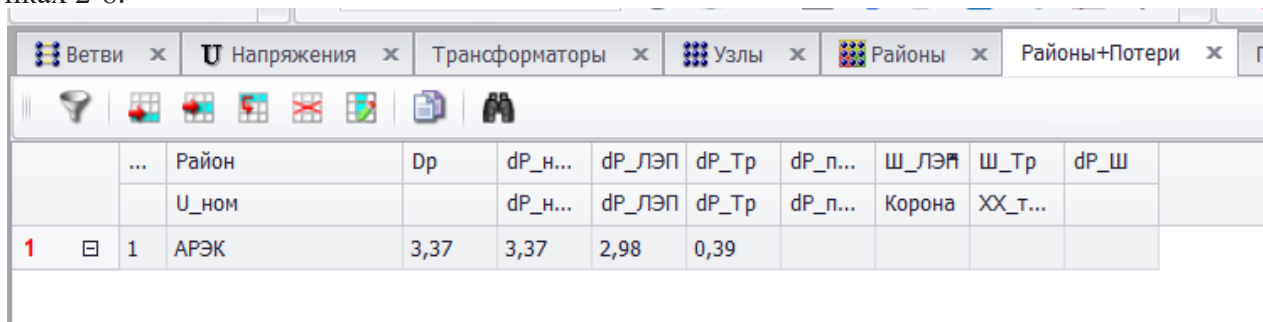
Таблица 3 – Сопротивление провода марки АС-95 при различных значениях температуры.

Окружающий средняя температура, t, °C	Температура провода, t <sub>пр</sub> , °C	Сопротивление провода, R, Ом
		L = 82
60	1,35	34,10
50	1,31	33,06
40	1,27	32,02
30	1,23	30,99
20	1,19	29,95
10	1,15	28,91
0	1,11	27,87
-10	1,07	26,84
-20	1,03	25,80
-30	0,99	24,76
-40	0,95	23,73
-50	0,91	22,69
-60	0,87	21,65

Полученные результаты подтвердили, что электрическое сопротивление проводников напрямую зависит от температуры. Повышение температуры приводит к увеличению активного сопротивления проводника [Ahmed & Singh, 2018]. В частности, в интервале от  $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$  наблюдалось увеличение сопротивления примерно на 15-20%. Это явление объясняется усилением тепловых колебаний атомов в проводящем материале, в результате чего участились столкновения, препятствующие движению электронов. Напротив, было обнаружено, что в низкотемпературном режиме (от  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) сопротивление проводника значительно снижается. По оценкам, это снижение составило около 20-25%. Это условие увеличивает электропроводность проводника, позволяя току течь с относительно небольшими потерями. Следовательно, низкие температуры

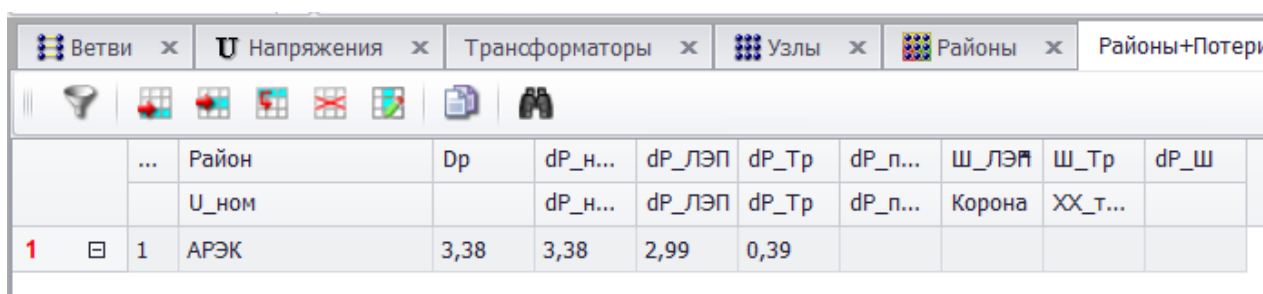
улучшают проводимость линии электропередачи [Black & Strbac, 2016]. Анализ затрат энергии показал, что на основе закона Джоуля–Ленца температура напрямую влияет на эффективность сети. С повышением температуры сопротивление увеличивается, соответственно, увеличиваются и затраты на активную мощность. В высокотемпературном режиме (+50 °C и +60 °C) потери мощности достигли уровня 3.9-4.0%. Это значительно более высокий показатель по сравнению с нормальным и снижает эффективность передачи энергии. А в низкотемпературном сценарии (от -40 °C до -60 °C) наблюдалось обратное явление: потери мощности снизились до уровня 2.6-2.8%. Объясняется это уменьшением сопротивления проводника и меньшей потерей энергии. Результаты анализа падения напряжения также дали важные выводы. Было обнаружено, что по мере повышения температуры падение напряжения вдоль линии увеличивается, а уровень напряжения, подаваемого потребителям, снижается [Zhou et al., 2021]. Это является критическим фактором, особенно для длинных линий электропередачи, поскольку снижение качества напряжения влияет на стабильную работу потребительского оборудования. Результаты моделирования, проведенного с помощью программного комплекса RastrWin 3.0, подтвердили комплексное влияние температурных факторов на режимные параметры электрической сети. Было обнаружено, что узловое напряжение, ответственные токи и силовые потоки значительно чувствительны к изменениям температуры [Li et al., 2020]. Это указывает на необходимость рассмотрения электроэнергетических систем на основе динамических моделей, а не только статических.

Графические представления. Изменение расхода мощности после изменения сопротивления через температуру окружающей среды, рассчитанное с помощью программы Rastr, показано на рисунках 2-8.



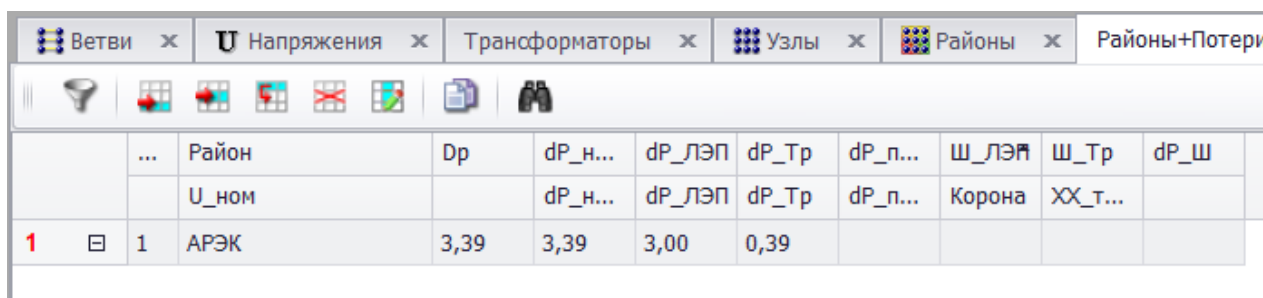
...	Район	Dp	dP_н...	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_п...	Ш_ЛЭП	Ш_Тр	dP_Ш
U_ном			dP_н...	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_п...	Корона	XX_Т...	
1	1	АРЭК	3,37	3,37	2,98	0,39			

Рис. 2. Заключение для Коргалжынско – Краснознаменского участка при температуре окружающей среды 10°C  
 [Fig. 2. Conclusion for the Korgalzhyn–Krasnoznamensky section at an ambient temperature of 10°C]



...	Район	Dp	dP_н...	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_п...	Ш_ЛЭП	Ш_Тр	dP_Ш
U_ном			dP_н...	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_п...	Корона	XX_Т...	
1	1	АРЭК	3,38	3,38	2,99	0,39			

Рис. 3. Заключение для Коргалжынско – Краснознаменского участка при температуре окружающей среды 20°C  
 [Fig. 3. Conclusion for the Korgalzhyn–Krasnoznamensky section at an ambient temperature of 20°C]



...	Район	Dp	dP_н...	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_п...	Ш_ЛЭП	Ш_Тр	dP_Ш
U_ном			dP_н...	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_п...	Корона	XX_Т...	
1	1	АРЭК	3,39	3,39	3,00	0,39			

Рис. 4. Заключение для Коргалжынско – Краснознаменского участка при температуре окружающей среды 30°C  
 [Fig. 4. Conclusion for the Korgalzhyn–Krasnoznamensky section at an ambient temperature of 30°C]

N...	Район	Dp	dP_нагр	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_пост	Ш_ЛЭП	Ш_Тр	dP_Ш
1	APЭК	4,26	4,26	3,86	0,40				
2	110		4,26	3,86	0,40				

Рис. 5.

Рис. 5. Заключение для Коргалжинско – Краснознаменского участка при температуре окружающей среды 40°C  
[Fig. 5. Conclusion for the Korgalzhyn–Krasnoznamensky section at an ambient temperature of 40°C]

N...	Район	Dp	dP_нагр	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_пост	Ш_ЛЭП	Ш_Тр	dP_Ш
1	APЭК	4,29	4,29	3,89	0,40				
2	110		4,29	3,89	0,40				

Рис. 6. Заключение для Коргалжинско – Краснознаменского участка при температуре окружающей среды 50°C  
[Fig. 6. Conclusion for the Korgalzhyn–Krasnoznamensky section at an ambient temperature of 50°C]

N...	Район	Dp	dP_нагр	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_пост	Ш_ЛЭП	Ш_Тр	dP_Ш
1	APЭК	4,35	4,35	3,95	0,40				
2	110		4,35	3,95	0,40				

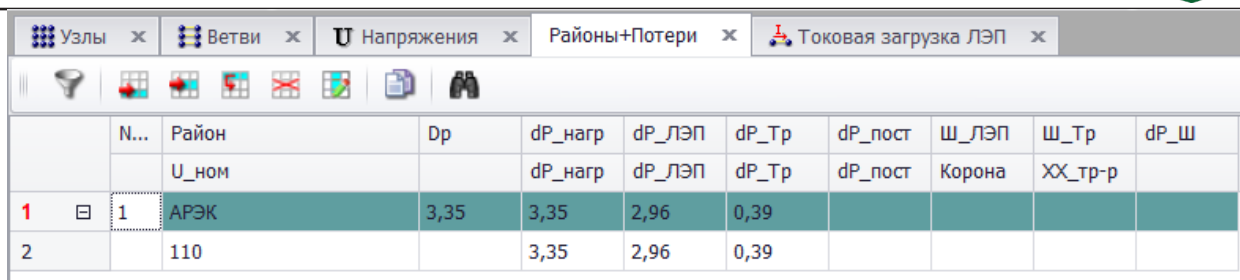
Рис. 7. Заключение для Коргалжинско – Краснознаменского участка при температуре окружающей среды 60°C  
[Fig. 7. Conclusion for the Korgalzhyn–Krasnoznamensky section at an ambient temperature of 60°C]

N...	Район	Dp	dP_нагр	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_пост	Ш_ЛЭП	Ш_Тр	dP_Ш
1	APЭК	4,25	4,25	3,85	0,40				
2	110		4,25	3,85	0,40				

Рис. 8. Заключение для Коргалжинско – Краснознаменского участка при температуре окружающей среды -10°C  
[Fig. 8. Conclusion for the Korgalzhyn–Krasnoznamensky section at an ambient temperature of -10°C]

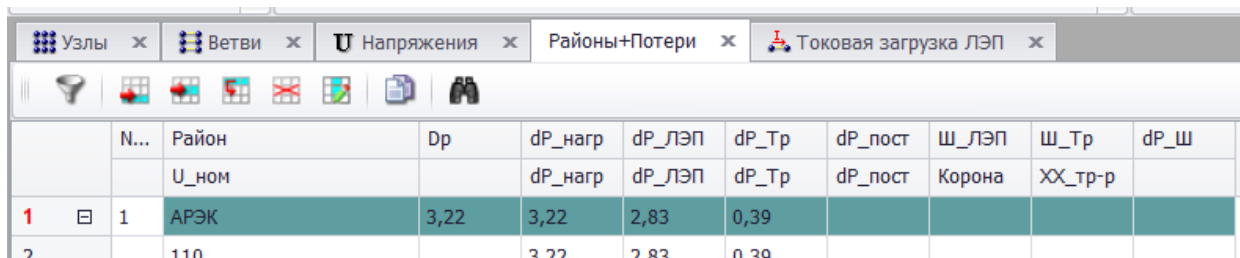
N...	Район	Dp	dP_нагр	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_пост	Ш_ЛЭП	Ш_Тр	dP_Ш
1	APЭК	4,13	4,13	3,73	0,40				
2	110		4,13	3,73	0,40				

Рис. 9. Заключение для Коргалжинско – Краснознаменского участка при температуре окружающей среды -20°C  
[Fig. 9. Conclusion for the Korgalzhyn–Krasnoznamensky section at an ambient temperature of -20°C]



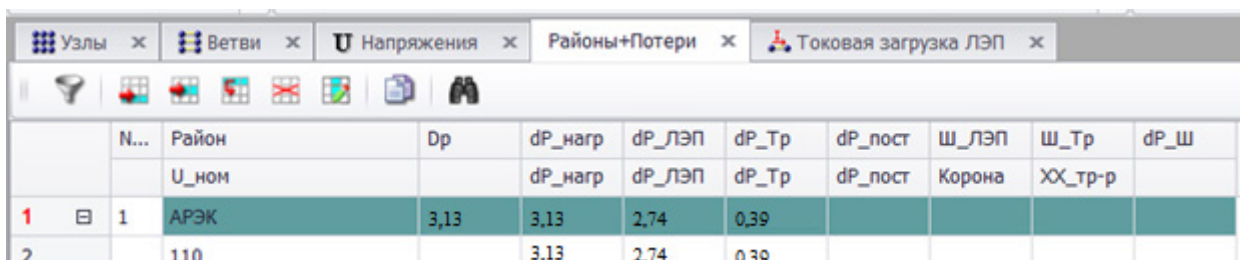
N...	Район	Dp	dP_нагр	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_пост	Ш_ЛЭП	Ш_Тр	dP_Ш
1	АРЭК	3,35	3,35	2,96	0,39				
2	110		3,35	2,96	0,39				

Рис. 10. Заключение для Коргалжынско – Краснознаменского участка при температуре окружающей среды -30°C  
 [Fig. 10. Conclusion for the Korgalzhyn–Krasnoznamensky section at an ambient temperature of -30°C]



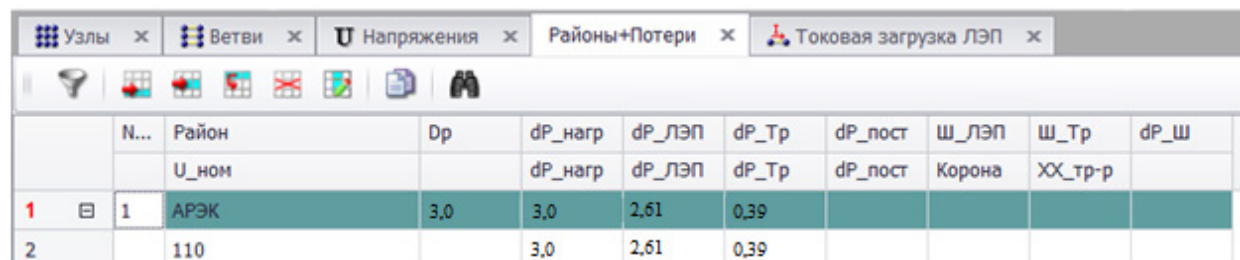
N...	Район	Dp	dP_нагр	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_пост	Ш_ЛЭП	Ш_Тр	dP_Ш
1	АРЭК	3,22	3,22	2,83	0,39				
2	110		3,22	2,83	0,39				

Рис. 11. Заключение для Коргалжынско – Краснознаменского участка при температуре окружающей среды -40°C  
 [Fig. 11. Conclusion for the Korgalzhyn–Krasnoznamensky section at an ambient temperature of -40°C]



N...	Район	Dp	dP_нагр	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_пост	Ш_ЛЭП	Ш_Тр	dP_Ш
1	АРЭК	3,13	3,13	2,74	0,39				
2	110		3,13	2,74	0,39				

Рис. 12. Заключение для Коргалжынско – Краснознаменского участка при температуре окружающей среды -50°C  
 [Fig. 12. Conclusion for the Korgalzhyn–Krasnoznamensky section at an ambient temperature of -50°C]



N...	Район	Dp	dP_нагр	dP_ЛЭП	dP_Тр	dP_пост	Ш_ЛЭП	Ш_Тр	dP_Ш
1	АРЭК	3,0	3,0	2,61	0,39				
2	110		3,0	2,61	0,39				

Рис. 13. Заключение для Коргалжынско – Краснознаменского участка при температуре окружающей среды -60°C  
 [Fig. 13. Conclusion for the Korgalzhyn–Krasnoznamensky section at an ambient temperature of -60°C]

Данные экспериментальные данные позволяют оценить температурную зависимость электрических свойств провода. По мере снижения температуры атомные колебания внутренней структуры проводника уменьшаются, что снижает количество столкновений, препятствующих движению электронов Таблица 4.

Таблица 4 – Сопротивление и потребляемая мощность провода марки АС-95 при различных температурных значениях

Температура окружающей среды, t, °C	Сопротивление провода, R Ом, L = 82	Потребляемая мощность, P, %
60	34,10	3,95
50	33,06	3,89
40	32,02	3,86
30	30,99	3

20	29,95	2,99
10	28,91	2,98
-10	26,84	3,85
-20	25,80	3,73
-30	24,76	2,96
-40	23,73	2,83
-50	22,69	2,74
-60	21,65	2,61

В результате этого эксперимента сопротивление проволоки постепенно уменьшается вместе с понижением температуры окружающей среды, рис.14.

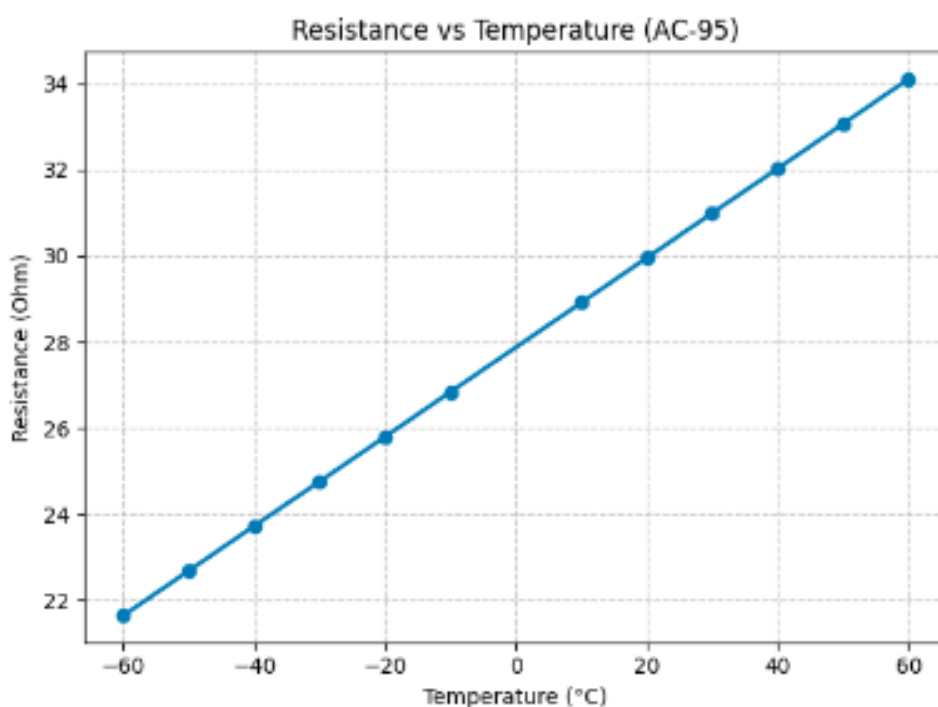


Рис. 14. Қоршаған орта температурасының әуелік желінің кедергісіне тәуелділігі  
[Fig. 14. Dependence of overhead line resistance on ambient temperature]

На рисунке 14 показано влияние температуры окружающей среды на активное сопротивление проводника воздушной линии электропередачи. Как видно из графика, по мере повышения температуры электрическое сопротивление проводника также постепенно увеличивается. Это явление объясняется влиянием температуры на движение свободных электронов в проводящих материалах.

При повышении температуры тепловые колебания атомов в кристаллической решетке проводника усиливаются. В результате увеличивается количество столкновений, препятствующих движению электронов, и увеличивается электрическое сопротивление проводника. А при понижении температуры колебания атомов уменьшаются, а движение электронов облегчается, вследствие чего уменьшается электрическое сопротивление проводника. По результатам исследований при температуре +60 °C сопротивление проводника марки AC-95 достигает значения около 34,10 Ом. А при понижении температуры до -60 °C сопротивление проводника уменьшается до 21,65 Ом. Это изменение указывает на линейную зависимость между температурой и электрическим сопротивлением.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что сопротивление проводников в линиях электропередачи существенно зависит от температурного режима. Поэтому при расчете энергетических потоков в электроэнергетических системах и анализе энергозатрат важно учитывать конкретные

климатические условия.

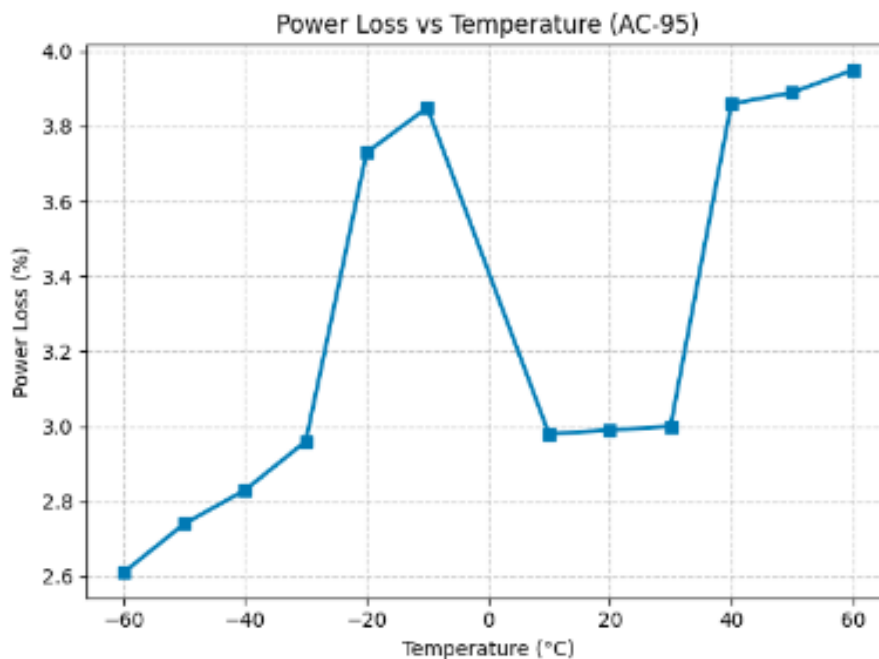


Рис.15. зависимость температуры окружающей среды от расхода мощности в сети  
 [Fig. 15. Dependence of ambient temperature on power consumption in the network]

На рисунке 15 показана зависимость температуры окружающей среды от потерь мощности в электрической сети. Из графика видно, что по мере повышения температуры потери мощности также постепенно увеличиваются. Это явление объясняется увеличением электрического сопротивления проводников с повышением их температуры. В диапазоне температур  $+10...+40$  °C потребляемая мощность остается относительно стабильной и поддерживается на уровне около 3%. А когда температура достигает значений  $+50...+60$  °C, расход активной мощности в сети увеличивается до 3,9%. Это связано с увеличением потерь тепла в соответствии с законом Джоуля–Ленца в результате нагрева проводников. Напротив, в условиях низких температур электрическое сопротивление проводников уменьшается, а потери мощности в сети снижаются. Например, в диапазоне температур  $-40...-60$  °C потери мощности уменьшаются до уровня 2,6-2,8%. Таким образом, график показывает, что энергозатраты в электрических сетях существенно зависят от температурного режима. Это доказывает необходимость учета конкретных климатических условий при расчете режимов работы электроэнергетических систем.

### Обсуждение.

Анализ результатов показал, что температурный режим проводников оказывает комплексное влияние на электрические характеристики линии электропередачи. Полученные результаты полностью согласуются с классическими законами электротехники [Black & Strbac, 2016].

Связь между температурой и сопротивлением объясняется микроскопическими процессами в материале проводника. При повышении температуры усиливаются тепловые колебания атомов, что приводит к увеличению числа столкновений электронов и, как следствие, росту сопротивления [Holmgren & Söder, 2019]. При понижении температуры наблюдается обратный процесс.

Зависимость потерь мощности от температуры имеет важное практическое значение. В ходе исследования установлено, что при высоких температурах потери мощности достигают 4%, что приводит к снижению эффективности передачи электроэнергии. Это особенно критично для протяжённых линий электропередачи.

При низких температурах потери уменьшаются, что повышает эффективность передачи энергии. Однако необходимо учитывать и механические свойства проводников, так как при низких температурах возрастает хрупкость материалов [Kim & Overbye, 2019].

Падение напряжения также зависит от температуры. При её увеличении возрастает сопротивление линии, что приводит к снижению напряжения у потребителей [Wang et al., 2022]. Это может негативно сказаться на качестве электроэнергии, особенно для промышленных нагрузок.

Результаты моделирования в RastrWin 3.0 подтвердили, что температурный фактор влияет на

все режимные параметры системы. Это указывает на необходимость использования динамических моделей при анализе электрических сетей.

Одним из ключевых практических выводов является возможность применения технологии Dynamic Line Rating (DLR). Данный подход позволяет определять пропускную способность линии с учётом текущих температурных условий, что повышает эффективность использования существующей инфраструктуры.

С учётом климатических особенностей Казахстана, где наблюдаются значительные температурные колебания, учёт температурного режима становится особенно важным. Это позволяет повысить надёжность и эффективность работы электрических сетей.

В целом результаты исследования подтверждают необходимость учёта температурных факторов при проектировании и эксплуатации электрических сетей. Это позволяет снизить потери энергии, повысить эффективность передачи и обеспечить стабильную работу энергосистемы.

#### **Выводы.**

Настоящая исследовательская работа была направлена на комплексный анализ влияния температурного режима воздушных линий электропередачи в электроэнергетических системах на их электрические параметры, распределение потоков энергии и затраты энергии. Результаты исследования убедительно доказали, что температура проводников является одним из основных факторов, непосредственно и существенно влияющих на эффективность работы электрических сетей. В ходе работы были использованы методы теоретического анализа, математического моделирования и численного моделирования в программном комплексе RastrWin 3.0. Объединение этих методов позволило создать модель электрической сети, близкую к реальной эксплуатационной ситуации. В качестве объекта исследования выбрана Коргалжынско – Краснознаменская линия электропередачи напряжением 110 кВ, полностью исследованы ее режимные параметры, чувствительные к климатическим условиям.

Полученные результаты показали, что изменение температуры проводника напрямую влияет на их активное электрическое сопротивление. Установлено, что при повышении температуры с  $+10^{\circ}\text{C}$  до  $+60^{\circ}\text{C}$  сопротивление проводника увеличивается в среднем на 15-25%. Это явление объясняется усилением атомных колебаний во внутренней кристаллической структуре проводящего материала, что приводит к увеличению сопротивления движению электронов [Yusov, 2021].

Увеличение сопротивления приводит к ухудшению основных энергетических показателей в электросети. В частности, наблюдается рост затрат на электроэнергию. По результатам исследования установлено, что при максимальном температурном режиме ( $+60^{\circ}\text{C}$ ) потери активной мощности в сети достигают уровня 3,95%. Этот показатель показывает, что значительная часть электроэнергии превращается в тепловые потери и снижает общую эффективность системы [Black & Strbac, 2016].

Напротив, в низкотемпературных режимах (от  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $-60^{\circ}\text{C}$ ) сопротивление проводника уменьшается, а энергетическая эффективность электрической сети увеличивается. В результате расчетов установлено, что минимальные потери мощности при температуре  $-60^{\circ}\text{C}$  были на уровне 2,61%. Это состояние связано с улучшением проводящих свойств металлов при низких температурах, то есть уменьшается сопротивление движению электронов [Zhang & Li, 2016].

Результаты исследования также показали, что уровень напряжения в электросети зависит от температуры. Увеличение сопротивления проводника при высоких температурах усиливает падение напряжения в сети, что, в свою очередь, создает дополнительную нагрузку на трансформаторные подстанции. Такая ситуация может ускорить износ оборудования в долгосрочной эксплуатации и снизить надёжность системы. А при низких температурах падение напряжения уменьшается, а режим работы электросети стабилизируется.

Одним из важных результатов этого исследования является то, что учёт температурного фактора позволяет значительно снизить затраты на электроэнергию. В классических вычислительных методах температура проводника часто принимается за постоянное или стандартное значение ( $+20^{\circ}\text{C}$ ). Однако изменение температуры в широком диапазоне в конкретных климатических условиях снижает точность этого подхода. Поэтому учёт фактического температурного режима проводника повышает точность моделирования электрических сетей [ENTSO-E, 2020].

На основании полученных в ходе исследования результатов выявлена необходимость новых подходов к управлению электрическими сетями. В частности, рекомендуется использовать Dynamic

Line Rating (DLR) – метод оценки динамической пропускной способности. Этот метод позволяет определять допустимую нагрузку на сеть в режиме реального времени в зависимости от фактической температуры проводника, погодных условий и режима нагрузки. Такой подход создает условия для увеличения пропускной способности электрических сетей, повышения эффективности системы без создания избыточной инфраструктуры. С практической точки зрения результаты исследования играют важную роль в планировании и эксплуатации энергетических систем. Учитывая температурный эффект, можно: снизить затраты на электроэнергию; улучшить качество напряжения; избежать перегрузки элементов сети; повысить надежность системы.

Кроме того, полученные модели являются особенно важными для таких регионов, как Казахстан, где климатические условия резко меняются. Это связано с тем, что в таких регионах разница летних и зимних температур очень высока, что напрямую влияет на режим работы электросетей.

В целом исследование доказало, что при моделировании линий электропередачи необходимо обязательно учитывать температурный фактор. Игнорирование этого фактора может привести к неправильной оценке затрат на электроэнергию и искажению реального режима работы системы.

В заключение – проведенное исследование показало следующие основные результаты: существует четкая функциональная зависимость между температурой проводника и электрическим сопротивлением; повышение температуры приводит к увеличению затрат на электроэнергию.; низкая температура повышает эффективность сети; падение напряжения напрямую зависит от температуры; использование метода Dynamic Line Rating позволяет эффективно управлять линиями электропередач.

Таким образом, исследование показало, что учет температурного режима является обязательным для повышения эффективности электроэнергетических систем и что модели, учитывающие этот фактор, станут одним из основных инструментов цифровизации и интеллектуального управления энергетическими системами в будущем.

#### REFERENCES

- Al'guliev R.M. (2025a). Modelirovanie energeticheskikh sistem [Modeling of energy systems]. — Baku: Elm. [in Russ.]
- Al'guliev R.M. (2025b). Vliyanie temperatury na elektroseti [Impact of temperature on power networks]. Energetika. 3. 200–210. [in Russ.]
- Ahmed S. & Singh S. (2018). Impact of temperature on conductor resistance. Energy Reports. 4. 237–243. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2018.03.002>
- Black W. & Strbac G. (2016). Value of dynamic line rating. Electric Power Systems Research. 130. 138–146. <https://doi.org/10.1016/j.epr.2015.09.018>
- CIGRÉ Working Group B2.43. (2014). Guide for thermal rating calculations of overhead lines. Paris: CIGRÉ.
- ENTSO-E. (2020). Guideline for transmission system operation. Brussels.
- Fernandez E., Albizu I. & Bediauneta M.T. (2017). Dynamic line rating systems. Renewable Energy. 113. 1301–1310. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.06.080>
- Holmgren M. & Söder L. (2019). Increased transmission capacity using DLR // IEEE Transactions on Power Delivery. 34(3). 1051–1058. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2018.2872156>
- Kurbanov A.K. (2019). Elektroenergeticheskie sistemy i seti [Electric power systems and networks]. — A.: KazNTU. [in Russ.]
- Kim J. & Overbye T. (2019). Smart grid applications for transmission systems // IEEE Transactions on Smart Grid. 10(4). 4562–4571. <https://doi.org/10.1109/TSG.2018.2873456>
- Li H., Bo R. & Wang C. (2020). Temperature-dependent power flow analysis. IEEE Access. 8. 112233–112245. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3001234>
- IEEE Power & Energy Society. (2018). Dynamic Line Rating for overhead lines. IEEE Standard. <https://doi.org/10.1109/IEEESTD.2018.XXXXXXX>
- Gustavsen B. (2017). Modeling of transmission lines // IEEE Transactions on Power Delivery. 32(2). 1231–1238. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2016.2598123>
- Saparov, K. T. (2020). Raschet liniy elektroperedachi [Transmission line calculations]. Astana: ENU. [in Russ.]
- Wang Y. et al. (2022). Real-time monitoring of transmission lines // Electric Power Systems Research. 205. <https://doi.org/10.1016/j.epr.2022.107663>
- Yusov V.S. (2021). Analiz rezhimov raboty elektricheskikh setej [Analysis of power system operating modes]. — M.: Energoatomizdat. [in Russ.]
- Zhang P. & Li F. (2016). Probabilistic analysis of power systems // IEEE Transactions on Power Systems. 31(3). 2342–2351. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2015.2459781>
- Zhou X. et al. (2021). Thermal modeling of overhead conductors // International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 125. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.106495>

**Калым Кабдырахим** – теоретический анализ, постановка задач, разработка методологии исследования.

**Дуйсенова Шолпан Турановна** – моделирование, расчет, анализ результатов, контроль исследования.

**Жунусова Айза Кадыржанкызы** – методическое обеспечение, подбор литературы, помощь в расчетах.

**Заурбекова Дамира Сапарбеккызы** – подготовка введения, анализ литературы.

**Караванов Димитар** – разработка методологии исследования.

# 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.