ISSN 2072-9081 (print)
ISSN 2500-1396 (online)

Аграрная наука Евро-Северо-Востока

AGRICULTURAL SCIENCE EURO-NORTH-EAST

Научный журнал
Федерального аграрного
научного центра
Северо-Востока
имени Н. В. Рудницкого

Том 27
№ 3
2026

Vol. 27
No. 3
2026

Аграрная наука Евро-Северо-Востока

Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka

Научный журнал основан в 2000 г. **Том 27, № 3, 2026**

Периодичность 6 раз в год Префикс DOI: 10.30766

© Учредитель журнала – Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого»

(ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока) 610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а

Издание зарегистрировано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Регистрационный номер ПИ №ФС77-72290 от 01.02.2018 г.

Цель журнала – публикация и распространение результатов фундаментальных и прикладных исследований отечественных и зарубежных ученых по научному обеспечению сельского и охотничьего хозяйств при приоритетном освещении проблем рационального природопользования и адаптации агроэкосистем северных территорий к меняющимся климатическим условиям.

Целевая аудитория – научные работники, преподаватели, аспиранты, докторанты, магистранты, специалисты АПК из России, стран СНГ и дальнего зарубежья.

Рубрики журнала:

- ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ
- ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ (Растениеводство. Защита растений. Сельскохозяйственная микробиология и микология. Хранение и переработка сельскохозяйственной продукции. Земледелие, агрохимия, мелиорация. Кормопроизводство: полевое и луговое, кормление сельскохозяйственных животных. Зоотехния. Ветеринарная медицина. Звероводство, охотоведение. Механизация, электрификация, автоматизация. Экономика.)
- ДИСКУССИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ
- РЕЦЕНЗИИ
- ХРОНИКА

Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License

(cc) BY

Главный редактор – Сысуев Василий Алексеевич, д.т.н., профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, научный руководитель ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Зам. главного редактора – Рубцова Наталья Ефимовна, к.с.-х.н., доцент, зав. научно-организационным отделом ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Ответственные секретари: Соболева Наталия Николаевна, инженер по НТИ научно-организационного отдела ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия, **Наталья Аркадьевна Гарифуллина** – ученый секретарь научно-организационного отдела ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Редакционный совет

Андреев Николай Руфеевич	д.т.н., чл.-корр. РАН, научный руководитель Всероссийского научно-исследовательского института крахмала и переработки крахмалосодержащего сырья – филиала ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А. Г. Лорха», г. Москва, Россия
Багиров Вугар Алиевич	д.б.н., профессор, чл.-корр. РАН, директор Департамента координации деятельности организаций в сфере сельскохозяйственных наук Минобрнауки России, г. Москва, Россия
Баталова Галина Аркадьевна	д.с.-х.н., профессор, академик РАН, зам. директора по селекционной работе, зав. отделом овса ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия
Гурьянов Александр Михайлович	д.с.-х.н., профессор, главный научный сотрудник Мордовского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Саранск, Россия
Дёгтева Светлана Владимировна	д.б.н., чл.-корр. РАН, директор ФИЦ Коми научный центр УрО РАН, г. Сыктывкар, Россия
Джавадов Эдуард Джавадович	д.в.н., заслуженный деятель науки РФ, академик РАН, профессор кафедры эпизоотологии им. В. П. Урбана ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург, Россия
Дидманидзе Отари Назирович	д.т.н., профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет –МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Россия
Домский Игорь Александрович	д.в.н., профессор, чл.-корр. РАН, директор ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова», г. Киров, Россия
Еремин Сергей Петрович	д.в.н., профессор кафедры физиологии, биохимии животных и акушерства ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет», г. Нижний Новгород, Россия
Иванов Дмитрий Анатольевич	д.с.-х.н., профессор, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского института мелиорированных земель – филиала ФГБНУ ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», г. Тверь, Россия
Казакевич Пётр Петрович	д.т.н., профессор, чл.-корр. НАН Беларуси, зам. председателя Президиума НАН Беларуси, иностранный член РАН, г. Минск, Республика Беларусь
Клыков Алексей Григорьевич	д.б.н., профессор РАН, академик РАН, зав. отделом селекции и биотехнологии сельскохозяйственных культур ФГБНУ «Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки», г. Уссурийск, Россия
Косолапов Владимир Михайлович	д.с.-х.н., профессор, академик РАН, научный руководитель ФГБНУ «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса», г. Москва, Россия
Костяев Александр Иванович	д.э.н., профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, руководитель отдела экономических и социальных проблем развития региональных АПК и сельских территорий Института аграрной экономики и развития сельских территорий – структурного подразделения ФГБУН «Санкт-Петербургский ФИЦ РАН», г. Санкт-Петербург, Россия
Куликов Иван Михайлович	д.э.н., профессор, академик РАН, ФГБНУ «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства», г. Москва, Россия
Леднев Андрей Викторович	д.с.-х.н., доцент, главный научный сотрудник, руководитель Удмуртского НИИСХ – структурного подразделения ФГБУН «Удмуртский ФИЦ УрО РАН», г. Ижевск, Россия
Никонова Галина Николаевна	д.э.н., профессор, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник, руководитель отдела прогнозирования трансформации экономических структур и земельных отношений Института аграрной экономики и развития сельских территорий – структурного подразделения ФГБУН «Санкт-Петербургский ФИЦ РАН», г. Санкт-Петербург, Россия
Пашкина Юлия Викторовна	д.в.н., профессор, и.о. зав. кафедрой эпизоотологии, паразитологии и ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет», г. Нижний Новгород, Россия

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук

Журнал включен в базы данных РИНЦ, ВИНИТИ, AGRIS, Russian Science Citation Index (RSCI) на ведущей мировой платформе Web of Science, BASE, Dimensions, Ulrich's Periodicals Directory, DOAJ, EBSCO, Белый список

Полные тексты статей доступны на сайтах электронных научных библиотек: eLIBRARY.RU: http://elibrary.ru; ЭНСХБ: http://www.cnshb.ru/elbib.shtm; CYBERLENINKA: https://cyberleninka.ru; журнала: http://www.agronauka-sv.ru

Оформить подписку можно на сайте "Объединенного каталога "Пресса России" www.pressa-rf.ru по подписному индексу 58391, а также подписаться через интернет-магазин «Пресса по подписке» https://www.akc.ru

Электронная версия журнала: http://www. agronauka-sv.ru

Адрес издателя и редакции:
610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а, тел./факс (8332) 33-10-25; тел. (8332) 33-07-21

www. agronauka-sv.ru

E-mail: agronauka-esv@fanc-sv.ru

Техническая редакция, верстка И. В. Кодочигова

Макет обложки Н. Н. Соболева

На четвертой странице обложки фото А. Широких.

Подписано к печати 26.06.2026
Дата выхода в свет 03.07.2026
Формат 60x84$^{1/8}$.
Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 28,13.
Тираж 100 экз. Заказ 12.
Свободная цена

Отпечатано с оригинал-макета
Адрес типографии:
ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока
610007, г. Киров, ул. Ленина, 166а

Савченко Иван Васильевич — д.б.н., профессор, академик РАН, главный научный сотрудник отдела растительных ресурсов, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт лекарственных и ароматических растений», г. Москва, Россия

Самоделкин Александр Геннадьевич — д.б.н., профессор, руководитель аграрно-экологического направления АНО «Нижегородский научно-образовательный центр», г. Нижний Новгород, Россия

Титова Вера Ивановна — д.с.-х.н., заслуженный деятель науки РФ, профессор, зав. кафедрой агрохимии и агроэкологии ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный агротехнологический университет», г. Нижний Новгород, Россия

Токарев Антон Николаевич — д.в.н., доцент, зав. кафедрой ветеринарно-санитарной экспертизы ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», г. Санкт-Петербург, Россия

Урбан Эрома Петрович — д.с.-х.н., профессор, чл.-корр. НАН Беларуси, заместитель генерального директора по научной работе РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», г. Жодино, Республика Беларусь

Широких Ирина Геннадьевна — д.б.н., главный научный сотрудник, зав. лабораторией биотехнологии растений и микроорганизмов ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Щенникова Ирина Николаевна — д.с.-х.н., доцент, чл.-корр. РАН, главный научный сотрудник, зав. лабораторией селекции и первичного семеноводства ячменя ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Changzhong Ren — Почетный президент Байченской академии сельскохозяйственных наук (КНР), иностранный член РАН, г. Байчен, Китай

Ivanovs Semjons — д.т.н., Латвийский университет естественных наук и технологий, г. Елгава, Латвия

Marczuk Andrzej — д.т.н., профессор, декан факультета Люблинского природоведческого университета, г. Люблин, Польша

Náhlik András — профессор, ректор, Университет Шопрона, Институт охраны дикой природы и зоологии позвоночных, г. Шопрон, Венгрия

Poutanen Kaisa — профессор VTT технического исследовательского центра Финляндии, г. Эспоо, Финляндия

Romaniuk Wazlaw — д.т.н., профессор, Технолого-природоведческий институт, г. Варшава, Польша

Yu Li — профессор, научный руководитель Цзилинского аграрного университета, иностранный член РАН, член инженерной академии наук Китая, г. Чанчунь, Китай

Редакционная коллегия

Алешкин Алексей Владимирович — д.т.н., профессор, профессор кафедры механики и инженерной графики ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров, Россия

Артемьев Андрей Александрович — д.с.-х.н., доцент, ведущий научный сотрудник, директор Мордовского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Саранск, Россия

Брандорф Анна Зиновьевна — д.с.-х.н., ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией пчеловодства ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Бурков Александр Иванович — д.т.н., профессор, заслуженный изобретатель РФ, главный научный сотрудник лаборатории зерно- и семяочистительных машин ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Егошина Татьяна Леонидовна — д.б.н., профессор, зав. отделом экологии и ресурсоведения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова», г. Киров, Россия

Ивановский Александр Александрович — д.в.н., ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией ветеринарной биотехнологии ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Костенко Ольга Владимировна — к.э.н., доцент, доцент кафедры бухгалтерского учета и финансов ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет», г. Киров, Россия

Парлюк Екатерина Петровна — д.т.н., профессор кафедры «Колесные машины» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана», г. Москва, Россия

Рябова Ольга Вениаминовна — к.б.н., доцент кафедры микробиологии ФГБОУ ВО «Пермская государственная фармацевтическая академия», г. Пермь, Россия

Савельев Александр Павлович — д.б.н., главный научный сотрудник отдела экологии животных ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства имени профессора Б. М. Житкова», г. Киров, Россия

Товстик Евгения Владимировна — к.б.н., доцент, доцент кафедры фундаментальной химии и методики обучения химии, старший научный сотрудник Центра компетенций «Экологические технологии и системы» ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», г. Киров, Россия

Филатов Андрей Викторович — д.в.н., профессор кафедры зоогигиены, физиологии и биохимии ФГБОУ ВО «Вятский государственный агротехнологический университет», г. Киров, Россия

Шешегова Татьяна Кузьмовна — д.б.н., старший научный сотрудник, зав. лабораторией иммунитета и защиты растений ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, г. Киров, Россия

Юнусов Губейдулла Сибяттулович — д.т.н., профессор кафедры механизации производства и переработки с.-х. продукции Аграрно-технологического института ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола, Россия

Agricultural Science Euro-North-East, 2026;27(3)
Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka
Peer-reviewed scientific journal was established in 2000
The journal is published six times per year. DOI: 10.30766

© **The founder of the journal is Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky,** 610007, Kirov, Lenin str., 166a

The publication is registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media

Registration number
PI №FS 77-72290 01 Feb 2018

Aim of the Journal – publication and distribution of results of fundamental and applied researches conducted by native and foreign scientists for scientific support of agricultural and hunting sectors, with focus on the problems of rational use of natural resources and adaptation of agroecosystems of northern territories to changing climatic conditions.

Target audience – scientists, university professors, graduate students, postdoctoral, masters, specialists of agro- industrial complex from Russia, countries of CIS and far-abroad countries.

Headings

- REVIEWS
- ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES

  (Plant Growing. Plant protection. Agricultural Microbiology and Mycology. Storage and Processing of Agricultural Production. Agriculture, Agrochemistry,
  Land Improvement.
  Fodder Production: Field and Meadow; Livestock Feeding.
  Zootechny.
  Veterinary Medicine.
  Fur Farming and Hunting.
  Mechanization, Electrification, Automation. Economy)
- DISCUSSION PAPERS
- PEER-REVIEWS
- CHRONICLE

All the materials of the «Agricultural Science Euro-North-East» journal are available under Creative Commons Attribution 4.0 License

(cc) BY

Editor-in-chief – Vasily A. Sysuev, Dr. of Sci. (Engineering), the professor, academician of RAS, Honored Worker of Science of the Russian Federation, academic advisor of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

Deputy editor-in-chief – Natalya E. Rubtsova, Cand. of Sci. (Agricultural), associate professor, Head of the Science and Organization Department, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

The responsible secretaries: Natalia N. Soboleva, engineer of scientific and technical information, the Science and Organization Department, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia,
Natalia A. Garifullina, scientific Secretary, the Scientific and Organization Department, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russia

Editorial council

Nikolay R. Andreev	Dr. of Sci. (Engineering), corresponding member of RAS, Academic advisor of the All-Russian Research Institute of Starch and Processing of Starch-Containing Raw Materials – Branch of Russian Potato Research Centre, Moscow, Russia
Vugar A. Bagirov	Dr. of Sci. (Biology), professor, corresponding member of RAS, Director of the Department of Coordination of Organizations in the Field of Agricultural Sciences of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Moscow, Russia
Galina A. Batalova	Dr. of Sci. (Agricultural), the professor, academician of RAS, the deputy Director on selection work, the head of Department of oats of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russia
Alexander M. Guryanov	Dr. of Sci. (Agricultural), professor, chief researcher of the Mordovia Agricultural Research Institute – Branch of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Saransk, Russia
Svetlana V. Degteva	Dr. of Sci. (Biology), corresponding member of RAS, the Director of the Federal Research Center Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia
Eduard D. Dzhavadov	Dr. of Sci. (Veterinary), Honored Worker of Science of the Russian Federation, academician of RAS, professor at the Department of Epizootology named after V.P. Urban, Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia
Otari N. Didmanidze	Dr. of Sci. (Engineering), professor, academician of RAS, Honored Worker of Science of the Russian Federation, Acting Head of the Department of Tractors and Automobiles, Russian Timiryazev State Agrarian University, Moscow, Russia
Igor A. Domskiy	Dr. of Sci. (Veterinary), professor, corresponding member of RAS, Director at Professor Zhitkov Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russia
Sergey P. Eremin	Dr. of Sci. (Veterinary), professor at the Department of Physiology, Animal Biochemistry and Obstetrics, Breeding of Farm Animals and Obstetrics of Nighny Novgorod State Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russia
Dmitriy A. Ivanov	Dr. of Sci. (Agricultural), professor, corresponding member of RAS, chief researcher of the All-Russian Institute of Reclaimed Lands – Branch of the Federal Research Centre V. V. Dokuchaev Soil Science Institute, Tver, Russia
Petr P. Kazakevich	Dr. of Sci. (Engineering), the professor, corresponding member of Belarus NAS, Deputy Chairman of Presidium of Belarus NAS, a foreign member of RAS, Minsk, Republic of Belarus
Aleksey G. Klykov	Dr. of Sci. (Biology), Professor of RAS, Academician of RAS, Head of the Department of Breeding and Biotechnology of Agricultural Crops, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A.K. Chaika, Ussuriysk, Russia
Vladimir M. Kosolapov	Dr. of Sci. (Agricultural), the professor, academician of RAS, the Academic advisor of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecologi, Moscow, Russia
Aleksandr I. Kostjaev	Dr. of Sci. (Economics), professor, academician of RAS, chief researcher, Chief of the Department of Economic and Social Problems of the Development of Regional Agro-Industrial Complex and Rural Territories the Institute of Agricultural Economics and Rural Development, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia
Ivan M. Kulikov	Dr. of Sci. (Economics) professor, academician of RAS, Federal Horticultural Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia
Andrei V. Lednev	Dr. of Sci. (Agricultural), associate professor, head of Udmurt Research Institute of Agriculture – Branch of the Udmurt Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Izhevsk, Russia
Galina N. Nikonova	Dr. of Sci. (Economics), professor, corresponding member of RAS, chief researcher, Chief of the Department of Forecasting Changes in Economic Structures and Land Relations of the Institute of Agricultural Economics and Rural Development, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russia
Yulia V. Pashkina	Dr. of Sci. (Veterinary), professor, the acting head at the Department of Epizootology, Parasitology and Veterinary-Sanitary Inspection of Nighny Novgorod State Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russia

The Journal is included in the List of peer-reviewed scientific publications, where research results from «Candidate of Science» and «Doctor of Science» academic degree dissertations have to be published

The journal is included into Russian Index of Science Citation (RINC), AGRIS, Russian Science Citation Index (RSCI) on the world's leading platform Web of Science, BASE, Dimensions, Ulrich's Periodicals Directory, DOAJ, EBSCO, Whitelist

The full texts of articles are available on the websites of the following journals and scientific electronic libraries: eLIBRARY.RU, Electronic Scientific Agricultural Library, CYBERLENINKA, Google Scholar

The journal is included into Russian Index of Science Citation (RINC), Abstract journal and databases of All-Russian Institute of Scientific and Technical Information

One can subscribe for the print edition of the journal «Agricultural Science Euro-North-East» at the site of the Union catalogue «Press of Russia» www.pressa-rf.ru by the index 58391 or via the Internet shop «Pressa po Podpiske (Press by subscription)» https://www.akc.ru

Electronic version of the journal: http://www. agronauka-sv.ru

Publisher and editorial address:
610007, Kirov, Lenin str., 166a,
tel./fax (8332) 33-10-25;
tel. (8332) 33-07-21

www. agronauka-sv.ru

E-mail: agronauka-esv@fanc-sv.ru

Technical edition, layout
Irina V. Kodochigova

Cover layout
Natalia N. Soboleva

The fourth page of the cover
photo A. Shirokikh.

Passed for printing
26.06.2026
Date of publication
03.07.2026
Format 60x84$^{1/8}$. Offset paper.
Cond. pecs. l. 28,13.
Circulation 100 copies. Order 12.
Free price.

Address of the printing house:
FGBNU FARC North-East. 610007,
Kirov, Lenin str., 166a

Ivan V. Savchenko Dr. of Sci. (Biology), the professor, academician of RAS, chief researcher All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia

Alexander G. Samodelkin Dr. of Sci. (Biology), professor, Head of the agricultural and Environmental direction of the Nizhny Novgorod Scientific and Educational Center, Nizhny Novgorod, Russia

Vera I. Titova Dr. of Sci. (Agricultural), Honored Worker of Science of the Russian Federation, professor, Head of the Department of Agrochemistry and Agroecology of Nighny Novgorod State Agrotechnological University, Nizhny Novgorod, Russia

Anton N. Tokarev Dr. of Sci. (Veterinary), associate professor, Head of the Department of Veterinary-Sanitary Inspection Saint-Petersburg State Academy of Veterinary Medicine, St. Petersburg, Russia

Eroma P. Urban Dr. of Sci. (Agricultural), professor, corresponding member of Belarus NAS, Deputy General Director for Research, Research and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Arable Farming, Zhodino, Republic of Belarus

Irina G. Shirokikh Dr. of Sci. (Biology), chief researcher, Head of the Laboratory of Biotechnology of Plants and Microorganisms of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

Irina N. Shchennikova Dr. of Sci. (Agricultural), associate professor, corresponding member of RAS, chief researcher, Head of the Laboratory of Selection and Primary Seed Breeding of Barley of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

Changzhong Ren Honorary President of the Baicheng Academy of Agricultural Sciences (China), a foreign member of RAS, Baicheng, China

Semjons Ivanovs Dr. of Sci. (Engineering), Latvia University of Life Sciences and Technologies, Jelgava, Latvia

Andrzej Marczuk Dr. of Sci. (Engineering), professor, dean, University of Life Sciences in Lublin, Lublin, Poland

András Náhlik The professor, rector, University of Sopron, Institute of Wildlife Management and Vertebrate Zoology, Sopron, Hungary

Kaisa Poutanen Dr. of Sci. (Engineering), Academy Professor, VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland

Vaclav Romaniuk Dr. of Sci. (Engineering), professor, Institute of Technology and Life Sciences, Falenty, Poland

Li Yu professor, chief scientific officer, Jilin Agricultural University, foreign member of RAS, member of the Chinese Academy of Sciences, Changchun, China

Editorial Board

Aleksey V. Aleshkin Dr. of Sci. (Engineering), professor, the Department of Mechanics and Engineering Drawing, Vyatka State University, Kirov, Russia

Andrey A. Artemjev Dr. of Sci. (Agricultural), associate professor, leading researcher, Director of Mordovia Agricultural Research Institute –Branch of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Saransk, Russia

Anna S. Brandorf Dr. of Sci. (Agricultural), leading researcher, head of the Laboratory of Beekeeping, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

Alexander I. Burkov Dr. of Sci. (Engineering), professor, chief researcher of the Laboratory of Grain- and Seed-Cleaning Machines, the Honored Inventor of the Russian Federation, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

Tatyana L. Egoshina Dr. of Sci. (Biology), professor, Head of the Department of Ecology and Resource Management, Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russia

Alexander A. Ivanovsky Dr. of Sci. (Veterinary), leading researcher, head of the Laboratory of Veterinary Biotechnology, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

Olga V. Kostenko Cand. of Sci. (Economics), associate professor, associate professor at the Department of Accounting and Finance, Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia

Ekaterina P. Parlyuk Dr. of Sci. (Engineering), professor at the Department of Wheeled Vehicles, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

Olga V. Ryabova Cand. of Sci. (Biology), associate professor at the Department of Microbiology, Perm State Pharmaceutical Academy, Perm, Russia

Alexander P. Saveljev Dr. of Sci. (Biology), chief researcher, the Department of Animal Ecology, Professor Zhitkov Federal State Budgetary Russian Research Institute of Game Management and Fur Farming, Kirov, Russia

Evgeniya V. Tovstik Cand. Sci. (Biology), associate professor at the Department of Basic Chemistry and Chemistry Training Methodology, senior researcher at the Center of Competence and Environmental Technologies and Systems, Vyatka State University, Kirov, Russia

Andrey V. Filatov Dr. of Sci. (Veterinary), professor, the Department of Zoological Hygiene, Physiology and Biochemistry, Vyatka State Agrotechnological University, Kirov, Russia

Tatyana K. Sheshegova Dr. of Sci. (Biology), senior researcher, head of the Laboratory of Immunity and Plants Protection, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N.V. Rudnitsky, Kirov, Russia

Gubeidulla S. Junusov Dr. of Sci. (Engineering), professor, Institute of Agricultural Technologies of Mari State University, Yoshkar-Ola, Russia

СОДЕРЖАНИЕ

ОБЗОРНЫЕ СТАТЬИ

И. Г. Лоскутов, А. А. Гнутиков, Е. В. Блинова
Структура активной коллекции генетических ресурсов рода *Avena* L. ВИР (обзор)…….. 525

И. В. Бритвина, В. П. Короткий
Анализ применения продукции на основе лесного комплекса в молочном скотоводстве (аналитический обзор)….. 542

В. И. Пахомов, С. В. Брагинец, О. Н. Бахчевников
Повышение питательной ценности зерна, используемого для кормления карпа (обзор)…….. 558

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

РАСТЕНИЕВОДСТВО

Н. А. Набатова, М. Г. Шамова
Формирование кормовой продуктивности и питательной ценности зеленой массы озимой ржи в условиях Кировской области……. 572

Н. В. Кротова, Г. А. Баталова
Показатели адаптивности пленчатых образцов овса посевного по признаку «содержание белка в зерне»……. 583

С. В. Григорьев, К. В. Илларионова, Т. В. Шеленга, Л. П. Подольная
Качество масла семян хлопчатника. Анализ главных компонент…… 592

Л. А. Тухватуллина, А. Н. Мустафина, З. Х. Шигапов
Сравнительный анализ образцов редкого вида *Allium grande* Lipsky в условиях культуры (г. Уфа)…….. 603

Н. Л. Наумова, Т. В. Мосунова, К. Н. Кудрявцев
Минеральный состав плодов жимолости синей в условиях Свердловской области……. 614

Я. Я. Масечко, А. Е. Соловьева, А. Б. Курина
Биохимический профиль растений *Mentha* L. коллекции ВИР……. 623

ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

А. Л. Новокшанова, В. А. Саркисян
Систематизация данных о специализированной пищевой продукции для взрослого населения в России……. 635

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, АГРОХИМИЯ, МЕЛИОРАЦИЯ

А. С. Неваев
Расширение возможностей применения физико-химического мониторинга поверхностных вод в условиях эвтрофирования……. 646

КОРМОПРОИЗВОДСТВО: ПОЛЕВОЕ И ЛУГОВОЕ

Л. Ж. Басиева, А. Х. Козырев
Продуктивность малораспространенных кормовых культур в одновидовых и бинарных посевах первого года жизни…….. 660

ЗООТЕХНИЯ

Н. А. Шемуранова, Н. А. Гарифуллина
Экономическая эффективность применения биодобавки Ламарин Saldonum коровам в разные физиологические периоды…….. 669

А. А. Ярышкин, О. С. Шаталина, А. А. Зырянова
Комплексные SNPs лептина и соматотропина и их связь с хозяйственно полезными признаками крупного рогатого скота……. 680

ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

Е. В. Кузьминова, М. П. Семененко, В. А. Наталенко
Эффективность препарата флавобетин в профилактике патологий родов и послеродового периода у коров в период теплового стресса…….. 691

С. В. Николаев, А. А. Залевский
Эффективность комплексной терапии острого мастита у коров с применением тестикулярной гиалуронидазы.. 701

МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ

М. В. Беляков, Е. А. Никитин, И. Ю. Ефременков
Обоснование использования фотолюминесцентного метода для анализа качества сена…….. 709

Н. И. Джабборов, А. В. Добринов, В. А. Эвиев
Оценка уровня воздействия технологических процессов в растениеводстве на окружающую среду……. 719

ЭКОНОМИКА

М. А. Котомина, А. В. Радикевич, Г. А. Назаренко
Митигация и адаптация к изменениям климата в агропродовольственном секторе: мировой и российский опыт…. 731

А. И. Костяев, Г. Н. Никонова
Об устойчивом развитии агропромышленного производства Северо-Запада в условиях турбулентности и рисков….. 746

CONTENTS

REVIEWS

Igor G. Loskutov, Alexandr A. Gnutikov, Elena V. Blinova
Structure of the active collection of genetic resources of the genus *Avena* L. of VIR (review)…….. 525

Irina V. Britvina, Vasiliy P. Korotky
Analysis of the use of products based on the forest complex in dairy cattle breeding (analytical review)…….. 542

Viktor I. Pakhomov, Sergey V. Braginets, Oleg N. Bakhchevnikov
Enhancing the nutritional value of grain used for carp feeding (review)…….. 558

ORIGINAL SCIENTIFIC ARTICLES

PLANT GROWING

Natalia A. Nabatova, Marina G. Shamova
Formation of fodder productivity and nutritional value of the green mass of winter rye in the conditions of the Kirov region…… 572

Nadezda V. Krotova, Galina A. Batalova
Adaptability indicators of hulled oat accessions by the "protein content in grain" trait…….. 583

Sergei V. Grigoriev, Ksenia V. Illarionova, Tatyana V. Shelenga, Larisa P. Podolnaya
Cottonseed oil quality: principal component analysis…….. 592

Lenvera A. Tukhvatullina, Alfiya N. Mustafina, Zinnur Kh. Shigapov
Comparative analysis of the rare species *Allium grande* Lipsky accessions under cultivated conditions (Ufa)…….. 603

Natalya L. Naumova, Tatyana V. Mosunova, Konstantin N. Kudryavtsev
Mineral composition of blue honeysuckle fruits in the conditions of Sverdlovsk region……. 614

Yana Ya. Masechko, Alla E. Solovieva, Anastasia B. Kurina
Biochemical profile of *Mentha* L. plants of the VIR collection…… 623

STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTION

Alla L. Novokshanova, Varuzhan A. Sarkisyan
Systematization of data on foods for special dietary uses for an adult population in Russia…….. 635

AGRICULTURE, AGROCHEMISTRY, LAND IMPROVEMENT

Alexey S. Nevaev
Expanding the possibilities of using physical and chemical monitoring of surface water in eutrophic conditions……. 646

FODDER PRODUCTION: FIELD AND MEADOW

Larisa Zh. Basieva, Aslanbek Kh. Kozyrev
Productivity of rarely cultivated forage crops in monospecific and binary plantings of the first year of life…….. 660

ZOOTECHNY

Natalia A. Shemuranova, Natalia A. Garifullina
Cost-efficiency of Lamarin Saldonum bio additive use in diets of cows in different physiological periods…….. 669

Andrey A. Yaryshkin, Olga S. Shatalina, Anastasia A. Zyryanova
Complex SNPs of leptin and somatotropin and their association with economic traits in cattle……. 680

VETERINARY MEDICINE

Elena V. Kuzminova, Marina P. Semenenko, Valentin A. Natalenko
Effectiveness of flavobetin preparation in the prevention of labor and postpartum pathologies in cows under heat stress….. 691

Semyon V. Nikolaev, Anton A. Zalevsky
The effectiveness of complex therapy of acute mastitis in cows using testicular hyaluronidase……. 701

MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

Mikhail V. Belyakov, Evgeny A. Nikitin, Igor Yu. Efremenkov
The rationale for using the photoluminescent method for hay quality analysis…… 709

Nozim I. Dzhabborov, Aleksandr V. Dobrinov, Valery A. Eviev
Assessment of the environmental impact of technological processes in crop production…… 719

ECONOMY

Maria A. Kotomina, Andrej V. Radikevich, Grigorij A. Nazarenko
Climate change mitigation and adaptation in the agri-food sector: global and Russian experience……. 731

Alexander I. Kostyaev, Galina N. Nikonova
On the sustainable development of agro-industrial production in the NorthWest under conditions of turbulence and risks……. 746

ОБЗОРЫ/REVIEWS

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.525–541
УДК 633.13:575.21

(cc) BY

Структура активной коллекции генетических ресурсов рода *Avena* L. ВИР (обзор)

© 2026. И. Г. Лоскутов✉, А. А. Гнутиков, Е. В. Блинова
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР), г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

В статье приводятся сведения о ботаническом составе, географическом разнообразии и селекционном уровне образцов активной коллекции овса ВИР, которая на протяжении более чем столетнего периода является исходным материалом для селекции овса в Российской Федерации. В обзоре дается описание генетической коллекции с аллелями идентифицированных генов по различным морфологическим, биологическим и биохимическим признакам. Для расширения генетической основы культурного овса представлены результаты комплексного изучения всех диких видов рода Avena L. с точки зрения эволюции, филогении и селекционной ценности. Демонстрируются результаты полевого изучения активной коллекции овса по широкому спектру хозяйственно ценных признаков, которое проводится опытной сетью ВИР в различных эколого-географических зонах нашей страны. Кроме описания выделенных источников хозяйственно ценных признаков, приводится обзор целого ряда созданных доноров короткостебельности и устойчивости к полеганию с различными аллелями гена короткостебельности. Подводится итог результативного сотрудничества с селекционными учреждениями РФ по рассылке исходного материала для различных направлений селекции этой культуры. Таким образом, активная коллекция овса ВИР комплексно изучается, надежно сохраняется и устойчиво используется для селекционных целей в РФ.

Ключевые слова: овес, источники, доноры, генетическая коллекция, селекция, хозяйственно ценные признаки, рассылка материала, селекционные центры

Благодарности: исследование выполнено при финансовой поддержке проекта Минобрнауки РФ «Активная коллекция сельскохозяйственных растений как основа обеспечения селекционных и исследовательских программ Российской Федерации качественным исходным материалом и моделями для сравнительных исследований» (FGEM-2025-0009).

Авторы благодарят доктора биологических наук, члена-корреспондента РАН Елену Константиновну Хлесткину за ценные замечания и обсуждение в ходе подготовки работы.

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Лоскутов И. Г., Гнутиков А. А., Блинова Е. В. Структура активной коллекции генетических ресурсов рода *Avena* L. ВИР (обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):525–541.
DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.525-541

Поступила: 09.02.2026
Доработана после рецензирования: 17.03.2026
Принята к публикации: 19.05.2026
Опубликована онлайн: 30.06.2026

Structure of the active collection of genetic resources of the genus *Avena* L. of VIR (review)

© 2026. Igor G. Loskutov✉, Alexander A. Gnutikov, Elena V. Blinova
Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russian Federation

This article presents information on the botanical composition, geographic diversity, and breeding level of the active oat collection of VIR, which has served as the initial material for oat breeding in the Russian Federation more than a century-long period. Here is a description of the genetic collection including alleles of identified genes for various morphological, biological, and biochemical traits. To expand the genetic basis of cultivated oats, the article presents the results of a comprehensive study of all wild species of the genus Avena L. in terms of evolution, phylogeny, and breeding value. It also presents the results of a field study of a wide range of economically valuable traits in the active oat collection, conducted within the VIR experimental network in various ecological and geographical zones of our country. In addition to describing the identified sources of economically valuable traits, it provides an overview of a number of developed donors of semi-dwarfness and lodging resistance with various alleles of the semi-dwarf gene. The article also summarizes the results of fruitful collaboration with Russian breeding institutions in terms of distributing source material based on a comprehensive study of the active oat

collection for various oat breeding directions. Thus, the active oat collection of VIR is comprehensively studied, reliably preserved, and sustainably used for breeding purposes in the Russian Federation.

Keywords: *oats, sources, donors, genetic collection, breeding, economically valuable traits, distribution of material, breeding centers*

Acknowledgements: the study was carried out with the financial support of the project of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation "Active collection of agricultural plants as a basis for providing breeding and research programs of the Russian Federation with high-quality source material and models for comparative studies" (FGEM-2025-0009).

The authors are grateful to Elena. K. Khlestkina, DSc in Biology, Corresponding Member of the RAS for valuable comments and discussions during the preparation of this review.

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

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

For citation: Loskutov I. G., Gnutikov A. A., Blinova E. V. Structure of the active collection of genetic resources of the genus *Avena* L. of VIR (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):525–541. (In Russ.) DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.525-541

Received: 09.02.2026
Received: 17.03.2026
Accepted for publication: 19.05.2026
Published online: 30.06.2026

Овес – важнейшая зернофуражная культура России. Зерно овса широко используется на кормовые и пищевые цели. Продукты из овса – незаменимая составляющая часть здорового питания, поэтому спрос на овес постоянно растет. В нашей стране при селекции этой культуры большое значение уделяется подбору исходного материала на основе комплексного изучения биологических и хозяйственно ценных признаков растений различного эколого-географического происхождения. Таким исходным материалом для селекции на протяжении последних 100 лет служит мировая коллекция ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР).

Цель обзора – обобщение данных по составу активной коллекции овса, ее комплексному изучению и гарантированному использованию в селекционных программах по овсу в РФ.

Материал и методы. Объектом исследований послужила активная коллекции овса ВИР, которая насчитывает более 12 тыс. образцов разного географического происхождения всех культурных и диких видов. Методы, которые используются для комплексного изучения коллекции, включают ботаническое описание, фенотипические (полевые), биохимические, физиологические, фитопатологические и генетические подходы, на основе которых выделяются или создаются источники и доноры хозяйственно ценных признаков и биологических свойств. Литературные источники, представленные в данном обзоре, демонстрируют результаты изучения активной коллекции по различным направлениям и использование выделенных источников селекционерами РФ для выведения новых высокопродуктивных сортов овса.

Основная часть. *Состав активной коллекции овса ВИР*. История создания коллекции овса ВИР насчитывает более 125 лет. Начало коллекции было положено Р. Э. Регелем – одним из первых заведующих Бюро по прикладной ботанике, созданном при Ученом комитете Министерства земледелия и государственных имуществ [1]. Первые поступления образцов овса в коллекцию датируются урожаем 1901 г.

Коллекция овса надежно и гарантированно сохраняется на протяжении длительного времени в главном здании ВИР и дублируется в Кубанском генетическом банке (Кубанская опытная станция – филиал ВИР) с использованием международных стандартов температурных режимов (+4, -10, -18 °С). Кроме того, для поддержания всхожести образцов на должном уровне вся коллекция продублирована для периодического пересева по строго географическому принципу на ведущих опытных станциях – филиалах ВИР: Екатерининской, Кубанской, Дагестанской и Майкопской.

В настоящее время мировая коллекция ВИР насчитывает 11 195 образцов культурных видов и 1983 образца диких видов рода *Avena* L. По статусу образцы коллекции делятся на местные сорта, примитивно селекционные 1920–1930-х гг., селекционные сорта и линии, генетические ресурсы и популяции диких видов. В коллекции хранятся и поддерживаются в живом виде образцы овса всех культурных видов: *A. sativa* L., *A. byzantina* K. Koch, *A. strigosa* Schreb. и *A. abyssinica* Hochst., яровые и зимующие, пленчатые и голозерные формы и всё географическое разнообразие 22 диких видов с разным уровнем плоидности рода *Avena* из 50 стран мира. В коллекции культурных

видов овса сохраняется 5 897 местных сортов, 520 примитивно селекционных, созданных преимущественно направленным отбором из местных популяций, 2 440 селекционных сортов и 2 340 гибридных линий. Отличительная особенность коллекции овса заключается в большом разнообразии местных сортов, собранных в 1900–1930-е годы XX столетия Н. И. Вавиловым и его соратниками со всех континентов мира [2].

Овес выращивают во многих странах мира, и в коллекции представлены образцы со всех континентов, в том числе 6 058 образцов из Европы (55,6 %), 2 282 – из Азии (20,8 %), 2 154 – из Северной и Южной Америки (19,7 %), 247 – из Африки (20,2 %) и 184 – из Австралии и Новой Зеландии (1,7 %). Коллекция культурного овса собрана в 82 странах мира. Больше всего образцов поступило из России (3 182), США (1 495), Германии (494), Украины (487), Казахстана (478), Швеции (288), Канады (265), Беларуси (262), Испании (250), Великобритании (242), Турции (213). Кроме того, по одному образцу передали страны, которые не специализируются на возделывании овса. В коллекции 23 страны представлены от 13 до 50 образцами и 26 стран – от 52 до 185 образцами. Образцы Российской Федерации для коллекции (3 182) получены из всех административных территорий, в том числе 2 052 – из Европейской части, 1 128 – из Азиатской части страны [2].

Комплексное изучение активной коллекции овса ВИР. Мировая коллекция овса ВИР включает источники разнообразных хозяйственно-биологических признаков. В последние годы при изучении коллекции овса накоплен большой опыт по подбору и созданию исходного материала с целью получения максимального разнообразия гибридных популяций, из которых ведется отбор ценных линий и генотипов растений. Знание генетических закономерностей и характера наследования признаков в сочетании с результатами изучения коллекции в различных агроэкологических условиях позволяет подбирать родительские сорта с наименьшим количеством отрицательных признаков. Правильный подбор источников для селекции значительно повышает эффективность селекционной работы.

Культура посевного овса с генетической точки зрения, по сравнению с другими зерновыми культурами, изучена недостаточно, так как является аллогексаплоидом с тремя геномами (A, C и D). Немногочисленные генетические коллекции в мире сосредоточены в различных лабораториях. В связи с этим была предпринята попытка систематизировать данные по сортам и линиям овса с известными аллелями генов.

А. Генетическая коллекция овса. В отделе генетических ресурсов овса, ржи и ячменя создана коллекция овса для решения основных задач селекции на современном уровне развития науки, а также для возможности идентификации и локализации вновь выявленных генов. Такая коллекция по овсу представлена сортами, линиями культурных и образцами диких видов с одним и более из идентифицированных генов, контролирующих различные морфологические, агробиологические, биохимические и другие признаки. Бóльшую часть коллекции составляют образцы с идентифицированными генами короткостебельности (30 образцов), фотопериодической реакции (3) и наиболее важными генами устойчивости к мучнистой росе (11), корончатой (165) и стеблевой ржавчинам (11) и видам головни (31). В настоящее время генетическая коллекция овса ВИР включает более 600 образцов, отнесенных к культурным видам − *A. sativa*, *A. byzantina*, *A. strigosa*, *A. abyssinica* и диким − *A. sterilis*, *A. barbata* и *A. magna*, по идентифицированным генам (> 200), контролирующим различные морфологические, физиологические, биохимические и другие признаки [3, 4].

На основе списков идентифицированных генов овса, опубликованных в 1978 г. и дополненных в 1992 г., был составлен Каталог мировой коллекции ВИР [5]. Данный каталог явился результатом большой работы с литературными источниками по нахождению сортов с известными генами, выписки их из различных генных банков мира и идентификации генов у имеющихся в коллекции ВИР образцов различных видов рода *Avena* L. В дальнейшем по литературным источникам сортовой список генетической коллекции постоянно расширялся (в основном, по публикациям в журнале Crop Science). В генетическом каталоге представлены сорта, линии культурных и образцы диких видов овса с одним и более идентифицированными генами, контролирующими различные морфологические, агробиологические, биохимические и другие признаки. Большое разнообразие сортов, представленных в каталоге, имеющих одинаковые гены, позволит селекционерам разных зон России подобрать соответствующий исходный материал для селекции овса [5].

Использование источников и доноров с идентифицированными генами, обусловливающими четкое проявление признака, позволяет достаточно точно прогнозировать результаты исследований, что весьма важно в селекции на качество, высоту растений, продолжительность вегетационного периода и другие признаки. Особенно велика роль доноров для достижения генетического разнообразия возделываемых сортов по устойчивости к видам головни, ржавчины и другим болезням. Использование генетической коллекции значительно повышает эффективность работы селекционеров, облегчает подбор родительских пар для скрещивания и сокращает сроки создания сортов с заданными параметрами.

Кроме создания генетической коллекции, основной работой отдела является комплексное изучение всего видового разнообразия рода *Avena* L. Для создания новых сортов сельскохозяйственных растений, обладающих комплексом ценных признаков, высокой урожайностью и качеством продукции в разнообразных условиях среды, требуется хорошо изученный исходный материал, состоящий из выделенных источников и созданных доноров селекционно ценных признаков.

Б. Изучение диких видов овса. Для расширения генетической основы культурного овса на регулярной основе ведется комплексное исследование всего разнообразия коллекции диких видов рода *Avena* L. Сравнительное изучение диких видов овса в селекционном отношении вызвано повышенным интересом селекционеров к их практическому использованию. Широкий диапазон адаптации диких видов к неблагоприятным факторам внешней среды, их приспособленность к разнообразным почвенно-климатическим условиям, устойчивость к патогенным организмам, ряд признаков повышенной продуктивности и качества представляют уникальный источник исходного материала для селекции. Наряду с культурными, использование диких видов в селекции – наиболее перспективный метод уменьшения генетической эрозии культурных видов. С другой стороны, это восстановление утраченного генетического разнообразия культурного овса по устойчивости к биотическим и абиотическим факторам, первоначально принадлежавшего диким предкам [4].

Хорошо разработанные селекционные методы и многочисленные практические результаты использования диких видов в селекционных целях позволяют говорить о том, что многие признаки посредством межвидовой гибридизации могут быть эффективно перенесены в посевной овес для расширения его наследственного потенциала и генетической основы всего рода в целом.

Работа по изучению генетического разнообразия коллекции диких видов овса по хозяйственно ценным признакам ведется по следующим направлениям: продолжительность вегетационного периода; чувствительность к фотопериоду; высота растений и устойчивость к полеганию; лабораторная кислотоустойчивость; полевая устойчивость к основным заболеваниям; биохимические показатели зерновки, а также по некоторым признакам, связанным с зерновой продуктивностью [6, 7].

Кроме того, собранная Н. И. Вавиловым и его соратниками со всех уголков мира коллекция генетических ресурсов растений ВИР, отражающая всю полноту ботанического, морфологического и генетического разнообразия, позволяет проводить исторические, эволюционные, филогенетические и прикладные селекционные исследования, направленные на раскрытие потенциала всего коллекционного материала.

На основе комплексного изучения полного внутривидового разнообразия всего рода *Avena* из разных зон ареала видов овса и анализа данных по их географическому распределению установлено, что процесс формирования гексаплоидных видов шел в западной части Средиземноморья, и затем при продвижении на восток эти формы стали занимать значительные пространства в районе Юго-Западного Азиатского центра, образуя большое внутривидовое разнообразие диких и переходных сорных форм к культурным видам гексаплоидного овса. На основании анализа внутривидового разнообразия староместных сортов были уточнены центры формообразования культурных видов овса с различным уровнем плоидности [6]. Исследования последнего времени всего рода *Avena* в значительной степени опираются на молекулярно-филогенетические и кариологические данные, которые выявили родство единственного многолетнего тетраплоидного вида *A. macrostachya* и диплоидных видов с A- и C-геномами [8]. Осуществленный с помощью метода секвенирования следующего поколения (NGS) филогенетический анализ представительного внутривидового разнообразия культурных и диких видов

рода *Avena* показал, что диплоидные виды с вариантами генома А в действительности являются не первичными диплоидами, а своеобразным средиземноморским интрогрессивно-гибридизационным комплексом видов, спорадически вступающих в межвидовые гибридизации [9].

Дальнейшее изучение показало, что диплоидный вид *A. strigosa* более тесно связан с диплоидным видом *A. hirtula*, чем с полиплоидным овсом, и мог эволюционировать независимо от полиплоидных культивируемых видов. Тетраплоидный вид *Avena abyssinica* мог быть культивируемым производным *A. vaviloviana*. Два гексаплоидных культивируемых вида, *A. byzantina* и *A. sativa*, могли иметь различное происхождение; *A. sativa* может быть культивируемой формой *A. fatua*, тогда как *A. byzantina* могла возникнуть независимо. Было установлено, что виды овса с субгеномами А и С, даже при наличии существенных морфологических и кариологических различий, могут скрещиваться и проходить дальнейшие стадии интрогрессии, образуя новую стабильную комбинацию геномов. Наши данные показывают, что почти все виды *Avena* могут образовывать интрогрессивный межвидовой комплекс [10].

В. Выделение источников хозяйственно ценных признаков. Для изучения разнообразия коллекции культурного овса проводятся экспериментальные полевые исследования на научно-производственной базе Пушкинских и Павловских лабораторий ВИР, а также филиалов ВИР (Полярной, Кубанской, Екатерининской, Майкопской и Дагестанской опытных станциях; Сахалинском НИИСХ и Камчатском НИИСХ), лабораторные – совместно с отделом генетики и отделом биохимии и молекулярной биологии ВИР. Наличие богатого, разнообразного, хорошо проработанного материала является определяющим фактором в изучении сортов сельскохозяйственных культур. Комплексное изучение коллекции позволяет отбирать и снабжать селекционеров источниками по важнейшим хозяйственно ценным признакам: скороспелости, продуктивности, кислотоустойчивости, устойчивости к полеганию, к болезням и вредителям, высокому содержанию белка, крахмала, жира и другими при использовании Методических указаний ВИР [11].

Проведение предселекционной работы, в результате которой получаются доноры важнейших хозяйственно ценных признаков, ускоряет процесс селекции, а создание доноров по одному и тому же признаку на разном генетическом материале дает широкую возможность селекционерам использовать этот материал в различных эколого-географических зонах нашей страны. Создание доноров хозяйственно ценных признаков для овса отвечает насущным требованиям, предъявляемым в настоящее время к ускорению процесса селекции зерновых культур.

За продолжительное время изучения коллекции среди образцов посевного и византийского овса было выделено большое число скороспелых местных и селекционных форм, происходящих из различных регионов возделывания овса. Значительной изменчивостью по продолжительности отдельных периодов развития на уровне вида обладают также формы и диких видов. Наиболее важными факторами, влияющими на длину вегетационного периода растения и, особенно, на его первую половину, являются продолжительность светового дня и температурный режим. Результаты проведенного многолетнего изучения совместно с отделом физиологии растений ВИР показали разнообразие реакций на фотопериод и яровизацию [12, 13, 14], а также позволили создать источники и доноры по изученным признакам [15, 16].

Комплексная фитопатологическая оценка всего видового разнообразия рода *Avena* способствует выделению и использованию новых источников и доноров устойчивости для расширения генетической основы создаваемых сортов овса. По всем важнейшим заболеваниям овса, среди которых корончатая и стеблевая ржавчина [17, 18], различные виды листовых пятнистостей, головневые и фузариозные заболевания, выделены источники устойчивости к патогенам и вредителям для различных регионов страны [19, 20, 21]. Источниками с высокой степенью устойчивости являются многочисленные образцы культурных видов [22, 23, 24] и, особенно, формы диких видов овса [25, 26].

Определено, что молекулярные маркеры могут использоваться для выделения источников устойчивости к биотическим стрессам. Отбор генотипов овса, устойчивых к заболеваниям, в частности к заражению фузариозом, и накоплению микотоксина дезоксиниваленола (ДОН) в зерне, проводят с помощью картирования локусов количественных признаков (QTLs). Установлены QTLs, контролирующие устойчивость к накоплению микотоксина. Кроме того, были найдены QTLs, которые при увели-

чении продолжительности вегетационного периода и высоты растений уменьшают накопление микотоксина ДОН в зерновке овса. Обсуждается использование маркер-вспомогательной селекции (MAS) для выделения генотипов, устойчивых к основным заболеваниям овса, и для других селекционных признаков [8].

Наиболее интересными показателями с точки зрения пищевой и кормовой ценности являются биохимические характеристики зерна овса. К ним относятся содержание белка и его аминокислотный состав, содержание масла и его жирнокислотный состав [27, 28, 29]. Последнее время к важнейшим биохимическим компонентам, повышающим пищевое значение овса, относятся β-глюканы [30], токоферолы, стеролы, авенантрамиды и другие компоненты. В настоящее время это направление изучения коллекции является наиболее перспективным и нами выделен исходный материал по всем изученным признакам [31, 32, 33].

Результаты комплексного изучения коллекции овса представлены в 29 каталогах мировой коллекции ВИР (1965–2023 гг.), в которых отражены данные по изучению более 30 000 образцов по основным селекционно ценным признакам в различных почвенно-климатических условиях Советского Союза и Российской Федерации (табл. 1).

Таблица 1 − **Список каталогов мировой коллекции ВИР по овсу (1965–2023 гг.) /**
Table 1 − **List of catalogues of world collection VIR in oats (1965–2023)**

Название / Name	*№ выпуска / Issue No.*	*Год издания / Year of publication*	*Кол-во страниц / Number of pages*
1	2	3	4
Каталог-справочник мировой коллекции ВИР. Овес / Catalogue-reference of the VIR global collection. Oats.	21	1965	127
Каталог мировой коллекции ВИР. Овес / Catalogue of the VIR global collection. Oats.	102	1972	163
Каталог мировой коллекции ВИР. Овес / Catalogue of the VIR global collection. Oats.	128	1974	22
Генетический фонд для создания сортов интенсивного типа / Genetic pool for the creation of intensive cultivars.	149	1975	42
Изучение коллекции в лесостепной зоне УССР / Study of the collection in the forest-steppe zone of the Ukrainian SSR.	269	1980	214
Характеристика содержания белка / Protein content characteristics.	346	1982	82
Генетический фонд для создания сортов интенсивного типа / Genetic pool for the creation of intensive cultivars.	392	1983	205
Образцы с характеристикой содержания белка и лизина / The accessions with characteristics of protein and lysine content.	479	1989	31
Исходный материал для селекции сортов интенсивного типа в Нечерноземной зоне РСФСР / The initial material for the breeding of intensive cultivars in the Non-Chernozem zone of the RSFSR.	492	1989	147
Характеристика образцов по фотопериодической реакции / Characteristics of accessions by photoperiodic response.	558	1990	31
Характеристика исходного материала для селекции овса в условиях Северного Зауралья / Characteristics of the initial material for oat breeding in the Northern Trans-Urals.	587	1991	54
Характеристика исходного материала для селекции сортов овса в условиях Дальнего Востока и Восточной Сибири / Characteristics of the initial material for breeding oat cultivars in the Far East and Eastern Siberia.	633	1992	105
Характеристика по засухоустойчивости в условиях Среднего Поволжья / Characteristics of drought resistance in the conditions of the Middle Volga region.	659	1994	48
Характеристика образцов по содержанию белка, жира и крахмала в условиях Кемеровской области / Characteristics of accessions by protein, oil and starch content in the Kemerovo region.	662	1994	55

Продолжение табл. 1

1	2	3	4
Исходный материал для селекции на качество зерна в Нечерноземной зоне России / The initial material for breeding for grain quality in the Non-Black Earth Zone of Russia.	667	1995	39
Образцы с идентифицированными генами, контролирующими биологические, морфологические и хозяйственно ценные признаки / The accessions with identified genes controlling biological, morphological and economically valuable traits.	686	1997	83
Характеристика зерна дикорастущих видов по содержанию и аминокислотному составу белка, по жирнокислотному составу масла в условиях Ленинградской области. Белковые формулы овса по электрофоретическим спектрам авенина / Characteristics of grains of wild species based on protein content and amino acid composition, and oil content and fatty acid composition in the Leningrad Region. Protein formulas of oats based on avenin electrophoretic spectra.	704	1999	44
Характеристика образцов видов овса по устойчивости к грибным и вирусным заболеваниям в условиях Северо-Запада России / Characteristics of oat species for resistance to fungal and viral diseases under the conditions of North-West Russia.	735	2002	73
Характеристика образцов по фотопериодической чувствительности / Characterization of accessions by photoperiodic sensitivity.	739	2003	19
Исходный материал для селекции в Нечерноземной зоне России / The initial material for breeding in the Non-Black Earth Zone of Russia.	777	2007	39
Характеристика образцов по фотопериодической чувствительности / Characterization of accessions by photoperiodic sensitivity.	801	2010	36
Характеристика устойчивости образцов овса к фузариозу / Characteristics of resistance of oat accessions to fusarium.	808	2012	62
Геометрическая характеристика зерна голозерных сортов овса в зоне Северного Зауралья / Geometric characteristics of grain of naked oat cultivars in the Northern Trans-Urals zone.	854	2018	35
Биохимическая характеристика образцов / Biochemical characteristics of the accessions.	876	2018	55
Агробиологическая характеристика образцов в условиях Дагестанского филиала ВИР / Agrobiological characteristics of accessions of the Dagestan branch of VIR.	897	2019	35
Агробиологическая характеристика образцов в условиях Екатерининской опытной станции ВИР (2001–2011 гг.) / Agrobiological characteristics of accessions under the conditions of the Yekaterininskaya experimental station of VIR (2001–2011).	922	2020	72
Характеристика образцов по устойчивости к алюмотоксичности кислых почв / Characteristics of accessions according to the resistance to aluminium in acid soils	934	2021	44
Агробиологическая характеристика образцов в условиях Краснодарского края / Agrobiological characteristics of accessions under the condition of Krasnodar territory.	935	2021	102
Агробиологическая характеристика образцов в условиях Ленинградской области / Agrobiological characteristics of accessions under the conditions of the Leningrad region.	942	2023	96

Все вышеперечисленные каталоги и весь материал, выделенный в результате изучения на опытных станциях ВИР и в селекционных центрах СССР и РФ, рассылался ведущим селекционерам для использования в виде исходного для получения новых высокопродуктивных [34, 35, 36] и качественных сортов овса [37, 38, 39]. Исходный материал, отобранный для селекции, активно используется и нашими коллегами из Беларуси [40].

Г. Создание доноров короткостебельности. Проблема короткостебельности тесно связана с устойчивостью овса к полеганию, которое занимает особое место в селекции этой культуры и привлекает к себе значительное внимание в силу отличительных особенностей габитуса самого растения и большой парусности метелки. В основу этой работы были положены линии с идентифицированными аллелями гена короткостебельности − *Dw4, Dw6, Dw7*, и *Dw8* [41]. Путем скрещивания с участием короткостебельных сортов и линий Гном, Dwarf Palestine, Denton Dwarf, CI 8447, Echidna, OT 207, Pennline 6571, к-14176, Omihi, Ohau, Av 21/1, Bandicoot, Mitika и многоступенчатых отборов были выделены константные линии, передающие признак короткостебельности при дальнейших скрещиваниях [6]. Созданные в 1992–2024 гг. в процессе проведенной председекционной работы 32 генотипа овса являются донорами короткостебельности, из них 3 – с геном *Dw4*, 23 – с геном *Dw6*, 1 – с геном *Dw7* и 5 – с геном *Dw8*. Все гибридные популяции в результате проведения направленного отбора не имеют отрицательных признаков, которые присутствовали в исходных линиях

(позднеспелость, ригидная малопродуктивная метелка, повышенная пленчатость зерновок). Полученные доноры сочетают прочную укороченную соломину с продуктивной метелкой и крупным зерном, сокращенным вегетационным периодом, высокой устойчивостью к полеганию, средней устойчивостью к стеблевой и корончатой ржавчинам, к гельминтоспориозу, средней толерантностью к вирусу желтой карликовости ячменя (BYDV), с повышенной зерновой продуктивностью и хорошим качеством зерна. Данные доноры могут быть использованы в селекционных программах Нечерноземной и Центрально-Черноземной зонах Российской Федерации (Паспорта доноров, 1992–2024) (табл. 2).

Таблица 2 – **Доноры короткостебельности по овсу (1992–2024 гг.) /**
Table 2 – **Donors of semi-dwarfness by oats (1992–2024)**

№ по каталогу ВИР/ VIR catalog number	*Название / Name*	*Аллель гена / Gene allele*	*Родословная / Pedigree*	*Высота растений, см / Plant length, cm*
Стандарт / Standard	‘Советский’ / ‘Sovetskiy’	-	-	110
14725	‘Борси’ / ‘Borsi’	*Dw7*	‘Borrus’ × CI 8447	85
16016	‘Борох’ / ‘Boroh’	*Dw6*	‘Borrus’ × ‘Omihi’	86
15976	‘Охар’ / ‘Ohar’	*Dw6*	‘Ohau’ × ‘Орловский’ / ‘Orlovskiy’	105
14724	‘Соми’ / ‘Somi’	*Dw6*	‘Советский’ × ‘Omihi’ / ‘Sovetskiy’	100
14827	‘Омихо’ / ‘Omiho’	*Dw6*	‘Omihi’ × ‘Ohau’	79
15687	‘Борф’ / ‘Borf’	*Dw4*	‘Borrus’ × ‘Dwarf Palestine’	85
15688	‘Борех’ / ‘Boreh’	*Dw6*	‘Borrus’ × ‘Echidna’	80
14858	‘Борот’ / ‘Borot’	*Dw6*	‘Borrus’ × ОТ 207	85
14909	‘Сона’ / ‘Sona’	*Dw6*	‘Советский’ × ‘Echidna’ / ‘Sovetskiy’	93
15753	‘Борайн’ / ‘Borine’	*Dw6*	‘Borrus’ × ‘Pennline 6571’	85
14862	Соку / ‘Soku’	*Dw6*	‘Советский’ × к-14176 / ‘Sovetskiy’	65
14961	‘Ханоми’ / ‘Hanomi’	*Dw6*	к-14324 × ‘Omihi’	86
15118	‘Ханоми 2’ / ‘Hanomi 2’	*Dw6*	к-14324 × ‘Omihi’	86
15066	‘Совот’ / ‘Sovot’	*Dw6*	‘Советский’ × ОТ 207 / ‘Sovetskiy’	88
15175	‘Рапен’ / ‘Rapen’	*Dw6*	к-14333 × ‘Pennline 6571’	85
15176	‘Рапен 2’ / ‘Rapen 2’	*Dw6*	к-14333 × ‘Pennline 6571’	85
15230	‘Боррав’ / ‘Borrav’	*Dw8*	‘Borrus’ × Av 21/1	53
15276	‘Боррав 2’ / ‘Borrav 2’	*Dw8*	‘Borrus’ × Av 21/1	50
15440	‘Пибанд’ / ‘Piband’ var. *inermis*	*Dw6*	‘Пионер’ × ‘Bandicoot’ / ‘Pioner’	80
15688	‘Ханав’ / ‘Hanav’	*Dw8*	к-14324 × Av 21/1	50
15872	‘Омихан’ / ‘Omihan’	*Dw6*	к-14324 × ‘Omihi’	85
15933	‘Баден’ / ‘Baden’	*Dw4*	(‘Исетский’ × ‘Гном’) × ‘Denton Dwarf’ / ‘Isetskiy’ × ‘Gnom’	87
15934	‘Баден 2’ / ‘Baden 2’	*Dw4*	(‘Исетский’ × ‘Гном’) × ‘Denton Dwarf’ / ‘Isetskiy’ × ‘Gnom’	90
16061	‘Ханаоми’ / ‘Hanaomi’	*Dw6*	к-14324 × ‘Omihi’	85
16062	‘Аборр’ / ‘Aborr’	*Dw8*	‘Borrus’ x Av 21/1	45
15975	‘Оман’ / ‘Oman’	*Dw6*	к-14324 × ‘Omihi’	84
16063	‘Ханами’ / ‘Hanami’	*Dw6*	‘Hana super’ × ‘Mitika’	85
16101	‘Пиобанд’ / ‘Pioband’ var. *inermis*	*Dw6*	‘Пионер’ × ‘Bandicoot’ / ‘Pioner’	80
16102	‘Аврус’ / ‘Avrus’	*Dw8*	‘Borrus’ × Av 21/1	45
16103	‘Пикут’ / ‘Picoot’ var. *inermis*	*Dw6*	‘Пионер’ × ‘Bandicoot’ / ‘Pioner’	80
16104	‘Ханика’ / ‘Hanika’	*Dw6*	‘Hana super’ × ‘Mitika’	65
16105	‘Ханамит’ / ‘Hanamit’	*Dw6*	‘Hana super’ × ‘Mitika’	65

Кроме большого набора доноров короткостебельности, в группе были созданы путем гибридизации разнообразного сортового и линейного материала с достоверным проявлением признаков и последующим многоступенчатым отбором более 30 источников и доноров овса по устойчивости к корончатой ржавчине, отдельным элементам продуктивности зерна и метелки и со слабой реакцией на длину фотопериода. С нейтральным фотопериодом были созданы 4 донора (к-15547 Скороспелый 1, к-15548 Скороспелый 2, к-15549 Среднеспелый 1, к-15550 Среднеспелый 2), обладающие слабой реакцией на фотопериод и хорошими показателями зерновой продуктивности на уровне стандартных сортов овса. Выделенные за последнее время источники со слабой фотопериодической реакцией приведены в таблице 3. Все эти источники и доноры, кроме вышеперечисленных признаков, имели стабильные показатели продуктивности на уровне стандартных сортов. Данные доноры могут быть использованы в Нечерноземной и Центрально-Черноземной зонах Российской Федерации, а генотипы со слабой реакцией на длину фотопериода в различных регионах нашей страны.

Таблица 3 – **Источники овса со слабой фотопериодической реакцией (2011–2024 гг.) /**
Table 3 – **Sources of oats with weak photoperiodic response (2011–2024)**

№ по каталогу ВИР / VIR catalog number	*Название / Name*	*Происхождение / Origin*	*$К_{фпч}$* / Coefficient of photoperiodic sensitivity*
14668	‘Anatolischer’, st	Турция / Turkey	2,23
2895	Местный / Local	Израиль / Israel	1,07
4403	‘Common’	США / USA	1,21
7751	Местный / Local	Турция / Turkey	1,16
12836	C.I. 4627	США / USA	1,19
14009	UPF 77S090	Бразилия /Brazil	1,16
14010	UPF 798369-1-2	Бразилия / Brazil	1,16
14169	‘Savena1’	Австралия / Australia	1,14
15173	‘Mitika’	Австралия /Australia	1,21
15481	URS Corona	Бразилия / Brazil	1,22
15482	URS Guara	Бразилия / Brazil	1,16
15484	URS Guana	Бразилия / Brazil	1,18
15486	URS Charrua	Бразилия / Brazil	1,15
15487	URS Guria	Бразилия / Brazil	1,20
15488	URS Toprena	Бразилия / Brazil	1,21
15493	UFRGS 106150-3	Бразилия / Brazil	1,15
15532	UFRGS7	Бразилия / Brazil	1,20
15533	UFRGS 8	Бразилия / Brazil	1,23
15543	UFRGS 19	Бразилия / Brazil	1,09
15544	UFRGS 20	Бразилия / Brazil	1,19
15599	UFRGS 078007-4	Бразилия / Brazil	1,21
15603	UFRGS 901707	Бразилия / Brazil	1,22
15677	UFRGS 077041-6	Бразилия / Brazil	1,11
15727	UFRGS 017150-4	Бразилия / Brazil	1,07
15730	UFRGS026017	Бразилия / Brazil	1,14
15733	UFRGS037025-4	Бразилия / Brazil	1,20
15734	UFRGS037034-1	Бразилия / Brazil	1,21
15788	UFRGS 057006-2	Бразилия / Brazil	1,19
15790	UFRGS 076052-3	Бразилия / Brazil	1,20
15791	UFRGS 078030-2	Бразилия / Brazil	1,12
15794	UFRGS 089008	Бразилия / Brazil	1,10
15795	UFRGS 089023-2	Бразилия / Brazil	1,09
15801	UFRGS 941698-6	Бразилия / Brazil	1,21

*Коэффициент фотопериодической чувствительности растений

Устойчивое использование активной коллекции овса ВИР. Коллекция ВИР является неиссякаемым источником видового и внутривидового разнообразия, направленного на цели селекции растений в РФ. Генетические ресурсы овса являются исходным материалом для селекции высокопродуктивных устойчивых к биотическим и абиотическим стрессорам сортов. Одним из основных направлений работы ВИР является комплексное использование генетических ресурсов растений в селекционной практике, в связи с этим все выделенные и созданные источники и доноры хозяйственно ценных признаков ежегодно рассылаются в ведущие селекционные учреждения.

За последние пять лет коллекция овса была разослана в количестве 1 290 образцов, из них 1 173 источника и 39 доноров, в селекционные учреждения РФ по 47 заявкам (рис. 1, 2). Среди наиболее активных пользователей коллекции ВИР, которые заключали договоры и присылали заявки – пять раз (ежегодно) – Сибирский НИИ растениеводства и селекции – филиал ИЦиГ СО РАН (г. Новосибирск), Омский аграрный научный центр (г. Омск) и НИИСХ Северного Зауралья – филиал ФИЦ Тюменского научного центра СО РАН (г. Тюмень), четыре раза – Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого (г. Киров) и три раза − Ульяновский НИИСХ − филиал Самарского научного центра РАН (г. Ульяновск).

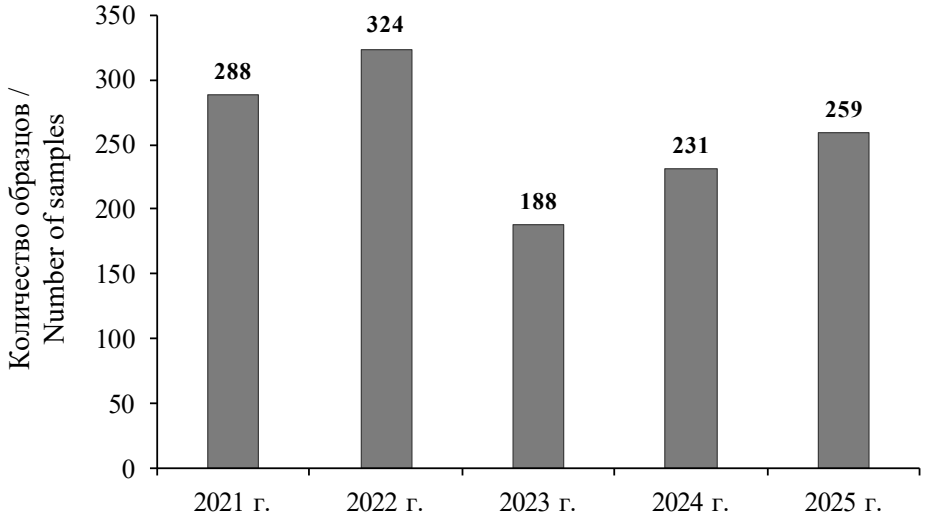

Рис. 1. **Распределение образцов коллекции овса, отправленных по заявкам за последние пять лет /**
Fig. 1. **Distribution of accessions of oat collection sent upon requests during the last five years**

По два раза отсылался материал по заявкам для Прикаспийского аграрного Федерального научного центра РАН (Астраханская обл.), Кемеровского НИИСХ − филиала Сибирского Федерального научного центра агробиотехнологий РАН (г. Кемерово), Федерального исследовательского центра Красноярский научный центр СО РАН (г. Красноярск), Дальневосточного НИИСХ (г. Хабаровск) и Национального центра по земледелию (Беларусь, г. Жодино). Другие селекционные и учебные учреждения за пять лет заключали договоры и присылали заявки по одному разу – Федеральный исследовательский центр Немчиновка (г. Москва), Агрофизический институт (г. Санкт-Петербург), Самарский научный центр РАН (г. Самара), Котласская опытно-селекционная станция (г. Котлас), Льговская опытно-селекционная станция (г. Льгов), Уральский федеральный аграрный научный исследовательский центр УрО РАН (г. Екатеринбург), Сибирский НИИСХ и торфа − филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН (г. Томск), Институт цитологии и генетики СО РАН (г. Новосибирск), Хабаровский НИИСХ (г. Хабаровск), Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий СО РАН (г. Барнаул), Саратовский ГАУ (г. Саратов) и Воронежский ГАУ им. Петра I (г. Воронеж).

Ежегодно после отчета по комплексному изучению вновь поступивших образцов коллекции ВИР и их размножению в группе овса составляется список источников хозяйственно ценных признаков, которые выделили на опытных станциях ВИР по результатам трехлетнего изучения, и доноров, созданных и прошедших испытания за последние годы. Такой список источников и доноров является

основой для целенаправленной рассылки исходного материала по заявкам селекционных учреждений из Европейской [42, 43] и Азиатской частей РФ [44, 45].

За последнее время такие наборы источников хозяйственно ценных признаков были направлены по заявкам большинства селекционных учреждений [46, 47, 48]. Среди предоставленных пленчатых и голозерных образцов было большое число источников селекционных линий с нейтральным фотопериодом, полученных в последнее время из Бразилии. Наборы включали источники устойчивости к основным заболеваниям овса, в том числе устойчивости к фузариозу метелки с наименьшим накоплением микотоксинов в зерне, источники скороспелости, источники по различным элементам продуктивности [49, 50, 51] и высокого содержания биохимических компонентов, а также доноры короткостебельности, доноры с нейтральным фотопериодом и устойчивости к корончатой ржавчине [52].

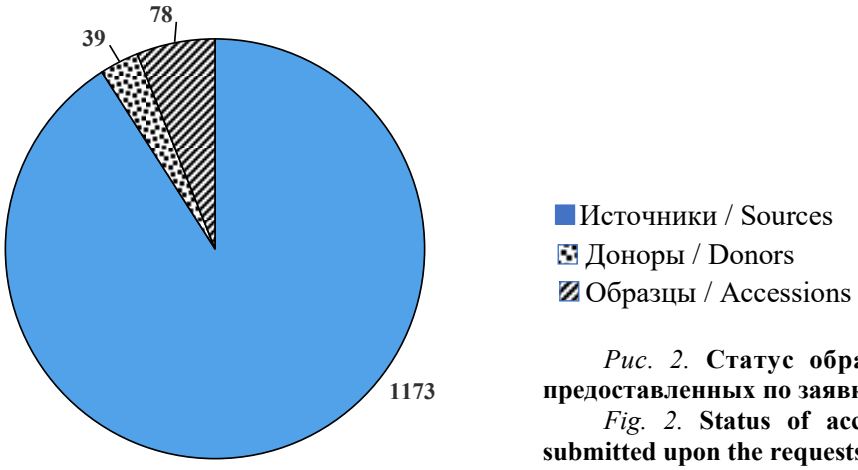

Рис. 2. **Статус образцов коллекции овса, предоставленных по заявкам в 2021–2025 гг. /**
Fig. 2. **Status of accessions of oat collection submitted upon the requests in 2021–2025**

Кроме основного набора источников по хозяйственно ценным признакам, некоторые учреждения предоставляли заявки для своих проектов на разнообразные образцы коллекции (рис. 2). В 2021 г. ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого запросил 16 образцов посевного овса с темной окраской цветковых чешуй для создания сортов с темным пленчатым зерном для фуражных целей, а Институт цитологии и генетики СО РАН – 11 образцов с коричневой и серой окраской цветковых чешуй для молекулярной идентификации генов, контролирующих синтез антоцианов. В 2022 г. НИИСХ Северного Зауралья – филиал ФИЦ ТНЦ СО РАН выписал два образца вида *Avena sterilis* L. с идентифицированными генами устойчивости к корончатой ржавчине, ФАНЦ Северо-Востока им. Н. В. Рудницкого запросил дополнительно три образца посевного овса с темной окраской цветковых чешуй, СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН указал в заявке 28 источников с идентифицированными генами устойчивости к видам головни для молекулярной идентификации и дальнейшего использования в селекционных целях, Саратовский ГАУ – 50 источников голозерности и продуктивности для создания новых голозерных сортов овса. В 2023 г. СибНИИРС – филиал ИЦиГ СО РАН дополнительно запросил 30 источников с генами устойчивости к видам головни и Национальный центр по земледелию Беларуси − 10 источников голозерности и восемь источников зимостойкости овса для селекционных целей по созданию новых продуктивных сортов голозерного и сортов зимующего овса. В 2024 г. НИИСХ Северного Зауралья – филиал ФИЦ ТНЦ СО РАН выписал шесть источников с идентифицированными генами устойчивости к стеблевой ржавчине для исследовательских целей. В 2025 г. АФИ запросил шесть источников скороспелости и 11 образцов последних поступлений в коллекцию для исследовательских целей, НИИСХ Северного Зауралья – филиал ФИЦ ТНЦ СО РАН выписал пять источников с идентифицированными генами устойчивости к корончатой ржавчине для исследовательских целей, Воронежскому ГАУ им. Петра I были высланы 13 образцов овса с разными разновидностями, представляющими внутривидовое разнообразие посевного овса, для учебных целей.

Заключение. Активная коллекции овса ВИР комплексно изучается по актуальным направлениям селекции, которые должны уменьшать воздействие человека на окружающую среду, в результате чего выделяется

исходный материал для передачи в селекционные центры РФ, где создаются новые высокопродуктивные сорта. К таким направлениям относится изучение вегетационного периода и выделение доноров с нейтральной фотопериодической реакцией, которое позволит ограничить применение гербицидов, уменьшить степень грибной инфекции и накопления микотоксинов в зерновках. Использование генов короткостебельности приводит к уменьшению длины соломины и повышает устойчивость к полеганию, что позволяет сокращать применение ретардантов и уменьшать степень фузариозной инфекции и накопления микотоксинов. Выделение и использование устойчивых источников к вредным организмам сокращает у новых сортов применение фунгицидов и инсектицидов, уменьшает степень заражения растений болезнями, накопления токсинов и поражения вредителями. Изучение различных признаков качества урожая и выделение источников по этим признакам для создания новых сортов сокращает на практике применение минеральных удобрений (особенно N), повышает качество продукции, и такие сорта могут обладать признаками для получения функциональных продуктов питания. Таким образом, активная коллекция овса ВИР, систематически собранная, комплексно изученная и надежно сохраненная, устойчиво используется для проведения фундаментальных и поисковых исследований для целей биотехнологии, генетики и селекции в Российской Федерации.

Список литературы

1. Лоскутов И. Г. История мировых коллекций генетических ресурсов растений в России. 2-е изд., исправ. и допол. СПб: ВИР, 2025. 476 с. DOI: https://doi.org/10.30901/978-5-907780-18-7 EDN: LECGWW

2. Лоскутов И. Г., Блинова Е. В., Гнутиков А. А. Коллекция генетических ресурсов овса ВИР как источник информации по истории возделывания, систематике рода и направлениям селекции культуры (обзор). Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2023;184(1):225–238. DOI: https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-1-225-238 EDN: HPCJYY

3. Лоскутов И. Г. Дикорастущие виды овса – источник ценных для селекции генов. В кн.: Идентифицированный генофонд растений и селекция. Отв. ред. Б. В. Ригин, Е. И. Гаевская. СПб: ВИР, 2005. С. 773–782.

4. Лоскутов И. Г. Овес. В кн.: Идентифицированный генофонд растений и селекция. Отв. ред. Б. В. Ригин, Е. И. Гаевская. СПб.: ВИР, 2005. С. 823–830.

5. Лоскутов И. Г., Мережко В. Е. Каталог мировой коллекции ВИР. Овес. Образцы с идентифицированными генами, контролирующими биологические, морфологические и хозяйственно ценные признаки. СПб.: ВИР, 1997. 83 с.

6. Лоскутов И. Г. Овес (*Avena* L.). Распространение, систематика, эволюция и селекционная ценность: монография. СПб.: ВИР, 2007. 335 с.

7. Loskutov I. G., Rines H. W. Avena. In: Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources. C. Kole (ed.). Heidelberg, Berlin: Springer, 2011. pp. 109–183. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-14228-4_3

8. Loskutov I. G., Gnutikova A. A., Blinova E. V., Rodionov A. V. The Origin and Resource Potential of Wild and Cultivated Species of the Genus of Oats (*Avena* L.). Russian Journal of Genetics. 2021;57(6):642–661. DOI: https://doi.org/10.1134/S1022795421060065

9. Лоскутов И. Г., Гнутиков А. А., Блинова Е. В., Родионов А. В. Использование подходов Н. И. Вавилова к филогении и эволюции культурных видов рода Avena L. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2023;27(8):921–932. DOI: https://doi.org/10.18699/VJGB-23-107 EDN: IEVFTW

10. Gnutikov A. A., Nosov N. N., Loskutov I. G., Rodionov A. V., Shneyer V. S. Participation of Wild Species Genus Avena L. (Poaceae) of Different Ploidy in the Origin of Cultivated Species According to Data on Intragenomic Polymor-phism of the ITS1-5.8S rRNA Region. Plants. 2025;14(10):1550. DOI: https://doi.org/10.3390/plants14101550

11. Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Е. В., Сафонова И. В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя, овса и ржи. 5-е изд., доп. и перераб. СПб: ВИР, 2024. 104 с. DOI: https://doi.org/10.30901/978-5-907780-09-5

12. Loskutov I. G. Influence of vernalization and photoperiod to the vegetation period of wild species of oats (Avena spp.). Euphytica. 2001;117(2):125–131. DOI: https://doi.org/10.1023/A:1004073904939

13. Кошкин В. А., Смирнова Л. О., Лоскутов И. Г., Матвиенко И. И. Исследование ФПЧ овса и отбор скороспелых слабочувствительных и позднеспелых сильночувствительных к фотопериоду форм. Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2009;35(2):9–12. Режим доступа: http://link.springer.com/article/10.3103/S1068367409020037 EDN: KAJLVX

14. Кошкин В. А., Матвиенко И. И., Лоскутов И. Г., Смирнова Л. О. Фотопериодическая чувствительность образцов овса различного географического происхождения. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2013;171:96–99.

15. Кошкин В. А., Лоскутов И. Г., Косарева И. А., Матвиенко И. И., Блинова Е. В. Исследование линий овса, различающихся по генам фотопериодической чувствительности. Российская сельскохозяйственная наука. 2016;(5):10–13. DOI: https://doi.org/10.3103/S1068367416060161 EDN: WMHSOV

16. Loskutov I. G., Koshkin V. A., Matvienko I. I., Blinova E. V., Kosareva I.A. Diversity of photoperiodic responses in oats. *Vavilovsky zhurnal genetiki i selektsii* = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019;23(6):723–729. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.18699/VJ19.546

17. Бакулина А. В., Новоселова Н. В., Савинцева Л. С., Баталова Г. А. ДНК-маркеры в селекции овса на устойчивость к корончатой ржавчине (обзор). Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022;183(1):224–235. DOI: https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-224-235 EDN: OMLUNY

18. Жуйкова О. А. Динамика развития корончатой ржавчины в условиях Кировской области на образцах овса пленчатого. Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: мат-лы XII Международ. научн.-практ. конф., посвящ. 130-летию основания Вятской земской сельскохозяйственной опытной станции. Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2025. С. 360–365. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=82280769&pff=1 EDN: FETFEX

19. Жуйкова О. А., Баталова Г. А. Оценка генотипов овса на устойчивость к шведской мухе в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(5):706–713. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.706-713 EDN: LVHDWX

20. Жуйкова О. А., Баталова Г. А. Эффективность отбора овса пленчатого на устойчивость к пыльной головне. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025;26(2):306–316. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.2.306-316 EDN: GRJLTR

21. Radchenko E. E., Kuznetsova T. L., Chumakov M. A., Loskutov I. G. Greenbug (*Schizaphis graminum*) resistance in oat (*Avena* spp.) landraces from Asia. Genetic Resources and Crop Evolution. 2018;65:571–576. DOI: https://doi.org/10.1007/s10722-017-0554-9

22. Gavrilova O., Gagkaeva T., Yli-Mattila T., Loskutov I. Evaluation of oat germplasm for resistance to Fusarium head blight. Plant Breeding and Seed Science. 2011;64:15–22. DOI: https://doi.org/10.2478/v10129-011-0040-z

23. Gagkaeva T., Gavrilova O., Yli-Mattila T., Loskutov I. Sources of resistance to Fusarium head blight in VIR oat collection. Euphytica. 2013;191(3):355–364. DOI: https://doi.org/10.1007/s10681-013-0865-7

24. Ерёмин Д. И., Любимова А. В., Ерёмина Д. В. Оценка засухоустойчивости и индексный скрининг сортов овса отечественной селекции. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023;(6):46–54. DOI: https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/6/46-54 EDN: WRTJFS

25. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Orina A. S., Blinova E. V., Loskutov I. G. Responce of wild *Avena* species to fungal infection of grain. Crop Journal. 2017;5(6):499–508. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.04.005

26. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Orina A. S., Blinova E. V., Loskutov I. G. Diversity of *Avena* Species by Morphological Traits and Resistance to Fusarium Head Blight. Russian Journal of Genetics: Applied Research. 2018;8(1):44–51. DOI: https://doi.org/10.1134/S2079059718010070

27. Николаев П. Н., Юсова О. А., Васюкевич С. В., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Использование критериев адаптивности массовой доли белка для оценки сортов овса ярового. АПК России. 2021;28(2):167–175. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46289360 EDN: UWPBKB

28. Юсова О. А., Николаев П. Н., Васюкевич С. В., Сафонова И. В., Аниськов Н. И. Сравнительная оценка стабильности сортов овса по признаку масличности зерна в условиях лесостепной зоны Западной Сибири. Агрофизика. 2022;(1):35–42. DOI: https://doi.org/10.25695/AGRPH.2022.01.06 EDN: IIKTJA

29. Тулякова М. В., Баталова Г. А., Пермякова С. В. Адаптивный потенциал коллекционных образцов овса пленчатого в условиях Кировской области. Таврический вестник аграрной науки. 2022;(2):143–154. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49231773 EDN: AIRDGB

30. Popov V. S., Khoreva V. I., Konarev A. V., Shelenga T. V., Blinova E. V., Malyshev L. L., Loskutov I. G. Evaluating Germplasm of Cultivated Oat Species from the VIR Collection under the Russian Northwest Conditions. Plants. 2022;11(23):3280. DOI: https://doi.org/10.3390/plants11233280

31. Leonova S., Gnutikov A., Loskutov I., Blinova E., Gustafsson K-E., Olsson O. Diversity of avenanthramide content in wild and cultivated oats. *Trudi po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2020;181(1):30–47. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-1-30-47 EDN: DSRABL

32. Shelenga T. V., Kerv Yu. A., Perchuk I. N., Solovyeva A. E., Khlestkina E. K., Loskutov I. G., Konarev A. V. The potential of cereal crops in enhancing biofortification breeding strategies for human health benefit. Agronomy. 2021;11(7):1420. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy11071420

33. Loskutov I. G., Shelenga T. V., Konarev A. V., Horeva V. I., Kerv Y. A., Blinova E. V. et al. Assessment of oat varieties with different levels of breeding from the Vavilov Institute's collection applying the method of metabolomic profiling. *Trudi po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2022;183(1):104–117. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-104-117 EDN: GUHLGE

34. Баталова Г. А. Состояние и перспективы селекции и возделывания зернофуражных культур в России. Зерновое хозяйство России. 2011;(3):11–14. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17039179 EDN: OIWOWJ

35. Баталова Г. А. Овес в Волго-Вятском регионе. Киров: Орма, 2013. 287 с.

36. Юсова О. А., Николаев П. Н., Аниськов Н. И., Сафонова И. В. Скрининг сортов овса омской селекции для условий южной лесостепи Западной Сибири. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2021;16(1):42–53. DOI: https://doi.org/10.22363/2312-797X-2021-16-1-42-53 EDN: NKNZQB

37. Баталова Г. А. Формирования урожая и качества зерна овса. Достижения науки и техники АПК. 2010;(11):10–13. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15584562 EDN: NDAYWH

38. Козлова Г. Я., Васюкевич С. В., Смищук Н. Г. Качество зерна коллекционных сортов овса в условиях Западной Сибири. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2009;165:207–209.

39. Абугалиева С. И., Середа Г. А., Чудинов В. А., Сариев Б. С., Туруспеков Е. К. Анализ хозяйственно ценных признаков мировой коллекции овса, выращенных в трех различных регионах Казахстана. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2013;171:168–173.

40. Матыс И. С. Изучение коллекций ячменя и овса в Беларуси. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2013;171:179–182.

41. Лоскутов И. Г. Разнообразие признака «высота растений», контролируемого генами короткостебельности в роде *Avena* L. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2006;162:97–107.

42. Баталова Г. А. Перспективы и результаты селекции голозерного овса. Зернобобовые и крупяные культуры. 2014;(2(10)):64–69. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21637260 EDN: SFMRVB

43. Баталова Г. А. О результатах селекции овса голозерного в условиях Кировской области. Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: мат-лы XII Международ. научн.-практ. конф., посвящ. 130-летию основания Вятской земской сельскохозяйственной опытной станции. Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2025. С. 154–159. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=82280752&ysclid=mowt5jeoqi854086370 EDN: EQPLPS

44. Николаев П. Н., Юсова О. А., Васюкевич С. В. Новые перспективные пленчатые линии ярового овса в омском аграрном научном центре. Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2024;19(1):90–100. DOI: https://doi.org/10.22363/2312-797X-2024-19-1-90-100 EDN: AFVNUV

45. Пай О. А., Брагин Н. А. Устойчивость к полеганию коллекционных образцов овса в северном Зауралье. Инновационные разработки в современной аграрной науке: сб. научн. тр. Международн. научн.-практ. конф., посвящ. 60-летию НИИСХ Северного Зауралья. 23–24 июля 2025 года. Тюмень, 2025. С. 86–89.

46. Жуйкова О. А., Баталова Г. А. Анализ адаптивности сортов и линий овса по элементам продуктивности в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023;24(6):949–957. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.6.949-957 EDN: SIRCSC

47. Кротова Н. В., Баталова Г. А. Адаптивность образцов пленчатого овса в коллекционном питомнике. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023;24(5):749–756. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.749-756 EDN: HWUUIJ

48. Игнатьева Е. Ю., Пахотина И. В., Солдатова Л. Т., Васюкевич С. В. Выявление ценных сортов овса на продовольственные цели в условиях юга Западной Сибири. Вестник КрасГАУ. 2023;(7(196)):29–36. DOI: https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-7-29-36 EDN: NRAAEU

49. Кротова Н. В. Оценка образцов овса в коллекционном питомнике по некоторым ценным хозяйственным признакам в условиях Кировской области. Методы и технологии в селекции растений и растениеводстве: мат-лы XII Международ. научн.-практ. конф., посвящ. 130-летию основания Вятской земской сельскохозяйственной опытной станции. Киров: ФАНЦ Северо-Востока, 2025. С. 73–79. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=82280769&pff=1 EDN: ZDHPCC

50. Трифунтова И. Б. История и перспективы селекции овса в Дальневосточном НИИСХ. Инновационные разработки в современной аграрной науке: сб. научн. тр. Международн. научн.-практ. конф., посвящ. 60-летию НИИСХ Северного Зауралья. 23–24 июля 2025 года. Тюмень, 2025. С. 102–108.

51. Вологжанина Е. Н., Баталова Г. А. Адаптивный потенциал ярового пленчатого овса (*Avena sativa* L.) на зеленую массу в условиях Кировской области. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2025;186(2):37–46. DOI: https://doi.org/10.30901/2227-8834-2025-2-37-46 EDN: ZGHRPY

52. Любимова А. В., Ерёмин Д. И., Ахтямова А. А., Таутекенова А. К. Оценка коллекции рода *Avena* L. на устойчивость к основным болезням в условиях северного Зауралья. Современные проблемы иммунитета растений к вредным организмам: мат-лы V Международ. научн.-практ. конф. 22–24 октября 2025. СПб.: ВНИИЗР, 2025. С. 40. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=83037490&pff=1 EDN: YZPOGH

References

1. Loskutov I. G. The history of the global collection of plant genetic resources in Russia. 2nd ed., revised and enlarged. Saint-Petersburg: *VIR*, 2025. 476 p. DOI: https://doi.org/10.30901/978-5-907780-18-7

2. Loskutov I. G., Blinova E. V., Gnutikov A. A. The collection of oat genetic resources held by VIR as a source of information on the history of cultivation and taxonomy of the genus, and breeding trends (A review). *Trudi po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2023;184(1):225–238. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30901/2227-8834-2023-1-225-238

3. Loskutov I. G. Wild oat species are a source of valuable breeding genes. In the book.: Identified plant genepool and breeding. Edited by B. V. Rigin, E. I. Gaevskaya. Saint-Petersburg: *VIR*, 2005. pp. 773–782.

4. Loskutov I. G. Oats. In the book.: Identified plant genepool and breeding. Edited by B. V. Rigin, E. I. Gaevskaya. Saint-Petersburg: *VIR*, 2005. pp. 823–830.

5. Loskutov I. G., Merezhko V. E. Catalogue of the VIR world collection. Oats. Samples with identified genes controlling biological, morphological, and economically valuable traits. Saint-Petersburg: *VIR*, 1997. 83 p.

6. Loskutov I. G. Oats (*Avena* L.). Distribution, systematics, evolution and breeding value: monograph. Saint-Petersburg: *VIR*, 2007. 335 p.

7. Loskutov I. G., Rines H. W. Avena. In: Wild Crop Relatives: Genomic and Breeding Resources. C. Kole (ed.). Heidelberg, Berlin: Springer, 2011. pp. 109–183. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-14228-4_3

8. Loskutov I. G., Gnutikova A. A., Blinova E. V., Rodionov A. V. The Origin and Resource Potential of Wild and Cultivated Species of the Genus of Oats (*Avena* L.). Russian Journal of Genetics. 2021;57(6):642–661. DOI: https://doi.org/10.1134/S1022795421060065

9. Loskutov I. G., Gnutikov A. A., Blinova E. V., Rodionov A. V. The application of vavilov's approaches to the phylogeny and evolution of cultivated species of the genus *Avena* L. *Vavilovsky zhurnal genetiki i selektsii* = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2023;27(8):921–932. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.18699/VJGB-23-107

10. Gnutikov A. A., Nosov N. N., Loskutov I. G., Rodionov A. V., Shneyer V. S. Participation of Wild Species Genus Avena L. (Poaceae) of Different Ploidy in the Origin of Cultivated Species According to Data on Intragenomic Polymor-phism of the ITS1-5.8S rRNA Region. Plants. 2025;14(10):1550. DOI: https://doi.org/10.3390/plants14101550

11. Loskutov I. G., Kovaleva O. N., Blinova E. V., Safonova I. V. Guidelines for the study and conservation of the global collection of barley, oat, and rye. 5th ed., revised and enlarged. Saint-Petersburg: *VIR*, 2024. 104 p. DOI: https://doi.org/10.30901/978-5-907780-09-5

12. Loskutov I. G. Influence of vernalization and photoperiod to the vegetation period of wild species of oats (Avena spp.). Euphytica. 2001;117(2):125–131. DOI: https://doi.org/10.1023/A:1004073904939

13. Koshkin V. A., Smirnova L. O., Loskutov I. G., Matviyenko I. I. Investigation of photoperiod sensitivity in oats and selection of early weakly photoperiod-sensitive and late strongly photoperiod-sensitive forms. *Dokladi Possiyskoy akademii selskokhozyaystvennikh nauk*. 2009;35(2):9–12. (In Russ.).
URL: http://link.springer.com/article/10.3103/S1068367409020037

14. Koshkin V. A., Matviyenko I. I., Loskutov I. G., Smirnova L. O. Photoperiodic sensitivity of oats samples of diferent geographical origin. *Trudi po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2013;171:96–99. (In Russ.).

15. Koshkin V. A., Loskutov I. G., Kosareva I. A., Matviyenko I. I., Blinova E. V. Research of oats lines, differing in genes of photoperiodic sensitivity. *Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka*. 2016;(5):10–13. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.3103/S1068367416060161

16. Loskutov I. G., Koshkin V. A., Matvienko I. I., Blinova E. V., Kosareva I.A. Diversity of photoperiodic responses in oats. *Vavilovsky zhurnal genetiki i selektsii* = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019;23(6):723–729. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.18699/VJ19.546

17. Bakulina A. V., Novoselova N. V., Savintseva L. S., Batalova G. A. DNA markers in oat breeding for crown rust resistance (a review). *Trudi po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2022;183(1):224–235. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-224-235

18. Zhuykova O. A. Dynamics of crown rust development in the conditions of the Kirov region on covered oat samples. Methods and technologies in plant breeding and crop production: Proceedings of the XII International scientific and practical conference, dedicated to the 130th anniversary of the founding of the Vyatka Zemsky Agricultural Experimental Station. Kirov: *FANTs Severo-Vostoka*, 2025. pp. 360–365.
URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=82280769&pff=1

19. Zhuikova O.A., Batalova G.A. Assessment of oat genotypes for resistance to frit fly in the conditions of the Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(5):706–713. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.706-713

20. Zhuikova O.A., Batalova G.A. The effectiveness of covered oat selection for resistance to dusty smut. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2025;26(2):306–316. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.2.306-316

21. Radchenko E. E., Kuznetsova T. L., Chumakov M. A., Loskutov I. G. Greenbug (*Schizaphis graminum*) resistance in oat (*Avena* spp.) landraces from Asia. Genetic Resources and Crop Evolution. 2018;65:571–576.
DOI: https://doi.org/10.1007/s10722-017-0554-9

22. Gavrilova O., Gagkaeva T., Yli-Mattila T., Loskutov I. Evaluation of oat germplasm for resistance to Fusarium head blight. Plant Breeding and Seed Science. 2011;64:15–22. DOI: https://doi.org/10.2478/v10129-011-0040-z

23. Gagkaeva T., Gavrilova O., Yli-Mattila T., Loskutov I. Sources of resistance to Fusarium head blight in VIR oat collection. Euphytica. 2013;191(3):355–364. DOI: https://doi.org/10.1007/s10681-013-0865-7

24. Eremin D. I., Lyubimova A. V., Eremina D. V. Drought resistance and index screening of domestic selection oat varieties. *Vestnik Rossijskoj sel'skohozyajstvennoj nauki* = Vestnik of the Russian agricultural science. 2023;(6):46–54. DOI: https://doi.org/10.31857/2500-2082/2023/6/46-54

25. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Orina A. S., Blinova E. V., Loskutov I. G. Responce of wild *Avena* species to fungal infection of grain. Crop Journal. 2017;5(6):499–508. DOI: https://doi.org/10.1016/j.cj.2017.04.005

26. Gagkaeva T. Yu., Gavrilova O. P., Orina A. S., Blinova E. V., Loskutov I. G. Diversity of *Avena* Species by Morphological Traits and Resistance to Fusarium Head Blight. Russian Journal of Genetics: Applied Research. 2018;8(1):44–51. DOI: https://doi.org/10.1134/S2079059718010070

27. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Vasyukevich S. V., Aniskov N. I., Safonova I. V. Adaptability criteria of the protein mass fraction used for evaluating varieties of spring oats. *APK Rossii* = Agro-Industrial Complex of Russia. 2021;28(2):167–175. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46289360

28. Yusova O. A., Nikolaev P. N., Vasyukevich S. V., Safonova I. V., Aniskov N. I. Comparative assessment of oat varieties stability based on grain oil content in conditions of forest-steppe zone of Western Siberia. *Agrofizika* = Agrophysica**.** 2022;(1):35–42. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.25695/AGRPH.2022.01.06

29. Tulyakova M. V., Batalova G. A., Permyakova S. V. Adaptive potential of filmy *Avenasativa* L. samples under conditions of the Kirov region. *Tavrichesky vestnik agrarnoy nauki* = Taurida herald of the agrarian sciences. 2022;(2):143–154. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49231773

30. Popov V. S., Khoreva V. I., Konarev A. V., Shelenga T. V., Blinova E. V., Malyshev L. L., Loskutov I. G. Evaluating Germplasm of Cultivated Oat Species from the VIR Collection under the Russian Northwest Conditions. Plants. 2022;11(23):3280. DOI: https://doi.org/10.3390/plants11233280

31. Leonova S., Gnutikov A., Loskutov I., Blinova E., Gustafsson K-E., Olsson O. Diversity of avenanthramide content in wild and cultivated oats. *Trudi po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2020;181(1):30–47. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-1-30-47

32. Shelenga T. V., Kerv Yu. A., Perchuk I. N., Solovyeva A. E., Khlestkina E. K., Loskutov I. G., Konarev A. V. The potential of cereal crops in enhancing biofortification breeding strategies for human health benefit. Agronomy. 2021;11(7):1420. DOI: https://doi.org/10.3390/agronomy11071420

33. Loskutov I. G., Shelenga T. V., Konarev A. V., Horeva V. I., Kerv Y. A., Blinova E. V. et al. Assessment of oat varieties with different levels of breeding from the Vavilov Institute's collection applying the method of metabolomic profiling. *Trudi po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2022;183(1):104–117. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-1-104-117

34. Batalova G. A. Condition and perspectives of grain forage crops selection and cultivation in Russia. *Zernovoye khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia**.** 2011;(3):11–14. (In Russ.).
URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17039179

35. Batalova G. A. Oats in the Volga-Vyatka region. Kirov: *Orma*, 2013. 287 p.

36. Yusova O. A., Nikolaev P. N., Aniskov N. I., Safonova I. V. Screening of oat cultivars developed in Omsk for conditions of the southern foreststeppe in Western Siberia. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhbi narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* = RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2021;16(1):42–53. DOI: https://doi.org/10.22363/2312-797X-2021-16-1-42-53

37. Batalova G. A. Formation of yield and grain quality of oats. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2010;(11):10–13. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15584562

38. Kozlova G. Ya., Vasyukevich S. V., Smishchuk N. G. Grain quality in collection oat cultivars under conditions of Western Siberia. *Trudi po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2009;165:207–209. (In Russ.).

39. Abugaliyeva S. I., Sereda G. A., Chudinov V. A., Sariyev B. S., Turuspekov E. K. Agronomic traits variability of world collection of oat grown in three regions of Kazakhstan. *Trudi po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2013;171:168–173. (In Russ.).

40. Matis I. S. Study of barley and oat collections in Belarus. *Trudi po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2013;171:179–182. (In Russ.).

41. Loskutov I. G. Diversity of the plant height character controlled by dwarfness genes in the genus *Avena* L. *Trudi po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding**.** 2006;162:97–107. (In Russ.).

42. Batalova G. A. Perspectives and results of naked oats breeding. *Zernoboboviye i krupyaniye kulturi* = Legumes and Groat Crops. 2014;(2(10)):64–69. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21637260

43. Batalova G. A. On the results of selection of holozerny oats in the conditions of the Kirov region. Methods and technologies in plant breeding and crop production: Proceedings of the XII International scientific and practical conference dedicated to the 130th anniversary of the founding of the Vyatka Zemsky Agricultural Experimental Station. Kirov: *FANTs Severo-Vostoka*, 2025. pp. 154–159.
URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=82280752&ysclid=mowt5jeoqi854086370

44. Nikolaev P. N., Yusova O. A., Vasyukevich S. V. New perspective hulled spring oat lines in Omsk agricultural research center. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhbi narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo* = RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2024;19(1):90–100. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.22363/2312-797X-2024-19-1-90-100

45. Pay O. A., Bragin N. A. Resistance to lodging of collection samples of oats in the northern Trans-Urals. Innovative developments in modern agricultural science: collection of scientific articles of the International scientific and practical conference, dedicated to the 60th anniversary of the Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals. July 23-24, 2025. Tyumen, 2025. pp. 86–89.

46. Zhuikova O. A., Batalova G. A. Analysis of adaptability of oat varieties and lines by productivity elements in the conditions of Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(6):949–957. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.6.949-957

47. Krotova N. V., Batalova G. A. Adaptability of accessions of filmy oats in the collection nursery. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(5):749–756. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.5.749-756

48. Ignatyeva E. Yu., Pakhotina I. V., Soldatova L. T., Vasyukevich S. V. Valuable oat varieties identification for food purposes under the southern Western Siberia conditions. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2023;(7(196)):29–36. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-7-29-36

49. Krotova N. V. Evaluation of oat samples in a collection nursery for some valuable economic traits in the conditions of the Kirov region. Methods and technologies in plant breeding and crop production: Proceedings of the XII International scientific and practical conference dedicated to the 130th anniversary of the founding of the Vyatka Zemsky Agricultural Experimental Station. Kirov: *FANTs Severo-Vostoka*, 2025. pp. 73–79. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=82280769&pff=1

50. Trifuntova I. B. The history and prospects of oat breeding in the Far Eastern Research Institute of Agriculture. Innovative developments in modern agricultural science: collection of scientific articles of the International scientific and practical conference, dedicated to the 60th anniversary of the Research Institute of Agriculture of the Northern Trans-Urals. July 23-24, 2025. Tyumen. 2025. pp. 102–108.

51. Vologzhanina E. N., Batalova G. A. Adaptive potential of spring covered oats (*Avena sativa* L.) according to green biomass under the conditions of Kirov Province. *Trudi po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2025;186(2):37–46. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30901/2227-8834-2025-2-37-46

52. Lyubimova A. V., Eryomin D. I., Akhtyamova A. A., Tautekenova A. K. Evaluation of the collection of the genus Avena L. for resistance to major diseases in the conditions of the northern Urals. Modern problems of plant immunity to harmful organisms: Proceedings of the V International scientific practical conference, October 22-24, 2025. Saint-Petersburg: *VNIIZR*, 2025. p. 40. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=83037490&pff=1

Вклад авторов: все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Сведения об авторах

✉ **Игорь Градиславович Лоскутов**, доктор биол. наук, главный научный сотрудник, заведующий отделом, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР), ул. Б. Морская, 42, 44, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9250-7225**, e-mail: i.loskutov@vir.nw.ru

Александр Александрович Гнутиков, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР), ул. Б. Морская, 42, 44, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5264-5594**

Елена Владимировна Блинова, кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР), ул. Б. Морская, 42, 44, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8898-4926**

Author contributions: all authors contributed equally to this article.

Information about the authors

✉ **Igor G. Loskutov**, DSc in Biology, chief researcher, Head of the Department, Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42 Bolshaya Morskaya Str., St. Petersburg, Russian Federation, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-9250-7225**, e-mail: i.loskutov@vir.nw.ru

Alexander A. Gnutikov, senior researcher, Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42 Bolshaya Morskaya Str., St. Petersburg, Russian Federation, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5264-5594**

Elena V. Blinova, PhD in Agricultural Science, senior researcher, Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42 Bolshaya Morskaya Str., St. Petersburg, Russian Federation, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8898-4926**

✉ – Для контактов / Corresponding author

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.542–557
УДК 636.2:636.086.782:619:615

(cc) BY

Анализ применения продукции на основе лесного комплекса в молочном скотоводстве (аналитический обзор)

© 2026. И. В. Бритвина[1]✉, В. П. Короткий[2]
[1]ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина», г. Вологда, Российская Федерация,
[2]ООО Научно-технический центр "Химинвест", г. Нижний Новгород, Российская Федерация

Вологодская область – регион с развитым молочным скотоводством. Высокие надои от коров невозможно получить без введения в рацион витаминно-минеральных добавок и профилактики заболеваний. Цель обзора – поиск информации о наличии продуктов на основе хвои и внедрении их в практику ведения продуктивного животноводства, анализ результатов собственных исследований за период 2018–2023 гг. За последние годы активизировались исследования по применению хвои и других продуктов (деготь, уголь, живица) – отходов лесопереработки хвойных пород. По результатам проведения патентного поиска, применение хвои в виде хвойной муки и хвойных лап проводилось активно в 60–80-х годах XX века. В настоящее время появляются новые технологии переработки хвои пихты, ели, можжевельника, сосны обыкновенной, лиственницы – экстрагирование, комбинации вытяжек хвои с другими продуктами (водного настоя, состоящего из скорлупы кедрового ореха, сосновой хвои и арабиногалактана), получение твердофазовых дисперсных механокомпозитов и т. д. Продукты переработки хвои успешно находят применение в сельском хозяйстве и, в частности, молочном скотоводстве, при этом они изготавливаются из экологически чистого сырья. Проведены испытания хвойной кормовой добавки на основе экстракта хвои сосны в смеси с различными компонентами (в зависимости от целей применения). При использовании в качестве кормовой энергетической, витаминно-минеральной добавки коровам транзитного периода получена прибавка суточного надоя 2,51–3,10 кг, что экономически выгоднее на 29,50–41,60 руб/гол./сутки. Применение фитонцидной хвойной мази при лечении болезней вымени доказало свою терапевтическую и экономическую эффективность в зависимости от диагноза – в пределах 111, 429, 698 руб/гол. Лечение метритов коров препаратом на основе дегтя соснового привело к снижению индекса осеменения на 0,2 и большему количеству выздоровевших животных (на 10 %), чем в контрольной группе. Экономический эффект лечения опытной группы выше в 1,9 раза, чем в контроле. В опыте по лечению паразитарных болезней коров (чесоточные клещи), ран, дерматитов и болезней конечностей затраты соответственно ниже на 40, 42–105 руб/гол. по сравнению с контролем.

Ключевые слова: *хвоя сосны, сосновый деготь, суточная молочная продуктивность, производственные и физиологические стресс-факторы, кортизол, послеродовые патологии, метриты, маститы, чесоточные клещи*

Благодарности: научно-практические опыты выполнены за счет средств ООО Научно-технический центр "Химинвест".

Выражаем благодарность специалистам и животноводам комплекса «Ильинское» ОАО «Заря» за содействие и помощь в работе.

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили о наличии потенциального конфликта интересов.

Для цитирования: Бритвина И. В., Короткий В. П. Анализ применения продукции на основе лесного комплекса в молочном скотоводстве (аналитический обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):542–557.
DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.542-557

Поступила: 14.07.2025 Принята к публикации: 26.05.2026
Доработана после рецензирования: 22.12.2025 Опубликована онлайн: 30.06.2026

Analysis of the use of products based on the forest complex in dairy cattle breeding (analytical review)

© 2026. Irina V. Britvina[1]✉, Vasiliy P. Korotky[2]
[1]Vologda State Dairy Farming Academy by N. V. Vereshchagin, Vologda, Russian Federation,
[2]OOO Scientific and technical center "Himinvest", Nizhny Novgorod, Russian Federation

The Vologda Region is a region with a well-developed dairy farming industry. High milk yields from cows cannot be achieved without the use of vitamin and mineral supplements in their diet, and the prevention of certain diseases. The aim of the review is to search for the information on pine needles-based products and implementation of those into the practice of productive animal husbandry as well as own research analysis for the period of 2018–2023. In recent years, the study on the use of pine needles and other waste products of coniferous timber processing (tar, coal, and resin) has intensified. According to the results of a patent search, pine needles in the form of pine flour and pine branches were widely used in the 1960s and 1980s. Currently, new technologies for processing fir, spruce, juniper, Scots pine, and larch needles are emerging. These include extraction, combination of needle extracts with other products (such as an aqueous infusion consisting of pine nut

shells, pine needles, and arabinogalactan), production of solid-phase dispersed mechanocomposites, and the like. The products of needles processing are successfully used in agriculture, particularly in dairy farming. Moreover, these products are made from environmentally friendly raw materials. There were conducted tests of a coniferous feed additive based on pine needle extract in combination with various components (depending on the intended use). When used as a feed energy, vitamin, and mineral additive for cows during the transit period, the daily milk yield increased by 2.51–3.10 kg, resulting in a cost savings of 29.50–41.60 rubles per head per day. The use of phytoncidal coniferous ointment in the treatment of udder diseases has proven its therapeutic and economic effectiveness, depending on the diagnosis – within 111; 429; 698 rub/head. Treatment of cow metritis with a preparation based on pine tar led to a decrease in the insemination index by 0.2 and to 10 % higher number of surviving animals than in the control. The economic effect from the treatment of the experimental group was 1.9 times higher than in the control. In the experiment of treating parasitic diseases of cows (scabies mites), wounds, dermatitis and limb diseases, the costs were lower compared to the control by 40; 42–105 rub/head., respectively.

Keywords: *pine needles, pine tar, daily milk production, work-related and physiological stress factors, cortisol, postpartum pathologies, metritis, mastitis, scabies mites*

Acknowledgements: the scientific and practical experiments were carried out with financial support of the OOO (LLC) Scientific and technical center "Himinvest".

The authors are grateful to the specialists and livestock breeders of the Ilyinskoye complex, OAO (Open Joint Stock Company) Zarya for their assistance and support in conducting the research.

The authors thank the reviewers for their expert evaluation of this work.

Conflict of interest: the authors declared a potential conflict of interest.

For citation: Britvina I. V., Korotky V. P. Analysis of the use of products based on the forest complex in dairy cattle breeding (analytical review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2025;26(3):542–557. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.3.542-557

Received: 14.07.2025 Accepted for publication: 26.05.2026
Revised: 22.12.2025 Published online: 30.06.2026

Лесной комплекс и молочное скотоводство – специализированные самостоятельные отрасли народного хозяйства. На первый взгляд, они совсем разные и не соприкасающиеся друг с другом. Однако полезные и даже целебные свойства продукции лесного комплекса теоретически вполне могут быть применимы в молочном скотоводстве. Тщательная разработка технологических приемов обработки и приготовления таких средств способна воплотить теорию в практику. На данном этапе нужны серьезные обоснования с экологической и экономической позиции, возможно на законодательном уровне, безотходного производства лесного комплекса, например, при заготовке леса как строительного материала.

В большинстве случаев в процессе лесозаготовок от общей биомассы древесины используется до 65 %, которые приходятся на стволовую часть, оставшиеся 35 % – отходы, 17 % из которых – древесная зелень. Чаще всего она остается на лесосеке. В настоящее время в ходе лесозаготовок хвойные деревья и кустарники валятся на землю, далее происходит процесс обрубки сучьев с хвоей. Деловую древесину увозят, а сучья укладывают на трелевочные волоки, сжигают или оставляют на месте на перегнивание. Между тем с давних пор известны полезные свойства хвои в фармации, парфюмерии, для медицинских и ветеринарных нужд. Поэтому разработка инновационных технологий по комплексной переработке веток, хвои, коры и других побочных продуктов древесины на стадии лесозаготовок является актуальным направлением [1, 2].

Молочная отрасль сельского хозяйства нуждается в экологически чистых, сравнительно дешевых и эффективных кормовых средствах, биологически активных веществах, направленных на повышение продуктивности и качества продукции. Дикие животные живут за счет леса. Листья, хвоя, ветви, побеги, мох, трава, ягоды, кора деревьев являются не только полезным и богатым кормом, но и профилактируют некоторые внутренние незаразные болезни, кожные заболевания. Многие витаминно-минеральные кормовые добавки, средства для лечения и профилактики болезней животных, приготовленные из натурального природного сырья, смогли бы заменить дорогостоящие синтетические препараты импортного и отечественного производства, гарантируя при этом качество и экономичность.

Цель обзора – поиск информации о наличии продуктов на основе хвои и внедрения их в практику ведения продуктивного животноводства, а также анализ результатов собственных исследований (научно-практические эксперименты) за период 2018–2023 гг.

Материал и методы. Поиск информации осуществляли с учетом плана проведения собственных исследований и включал главы: свойства хвои; применение хвои как кормовой добавки крупному рогатому скоту; использо-

вание хвои в медицине; хвоя и продукты переработки сосны в лечении животных. Проведен сравнительный анализ результатов использования «продуктов» из хвои в животноводстве во второй половине прошлого столетия и на современном этапе – в начале XXI века. Проанализированы источники информации с разными технологиями приготовления «исследуемого продукта», а также способами применения животным с кормовой и лечебной целью. Проведен обзор имеющихся данных по использованию хвои и продуктов ее переработки молочным коровам, молодняку (телятам), а также другим видам животных (мелкий рогатый скот, птица и др.). Рассмотрены сравнительные показатели полезных свойств хвои южных и северных районов некоторых регионов, а также качество и питательная ценность хвои по временам года. В обзор включены данные российских и зарубежных исследователей и результаты собственных научных исследований. Анализ и сравнение позволили составить прогноз и обозначить перспективу применения хвои в животноводстве.

Поиск проводили в Российских электронных научных библиотеках Cyberleninka и eLIBRARY.RU, а также с использованием нейросети Perplexity. Поисковые запросы выполняли по следующим ключевым словам: сосновый деготь, сосновый уголь, хвоя, свойства хвои, хвоя в кормлении и лечении животных. В географию поиска входили Беларусь, Казахстан, регионы Российской Федерации, особенно многочисленны данные по Сибири, Дальнему Востоку, Алтайскому краю, Приволжью, Башкортостану, Арктике и Субарктике и другие, где преобладают лесные массивы хвойных.

Основная часть. *Свойства хвои.* Хвоя, являясь побочным продуктом при заготовке леса и обычно утилизируемая, благодаря своей низкой стоимости может эффективно использоваться в качестве витаминного корма в птицеводстве и животноводстве. В её химическом составе присутствует широкий набор минеральных веществ и биологически активных органических соединений, которые способствуют синтезу и действию витаминов, а также усиливают активность гормонов в организме животных и птиц. Хвоя содержит каротиноиды, аскорбиновую кислоту, витамины группы В, альфа-токоферол, природные фенольные соединения, карбоновые кислоты, полипренолы, жирные кислоты и их производные. Благодаря этим компонентам происходит стимуляция выработки внутренних ферментов, а также повышение иммунитета, антибактериальной, антигельминтной и антиоксидантной защиты. Кроме того, улучшается усвояемость и биодоступность питательных веществ корма. Свежая хвоя широко применяется в кормлении животных, птиц и аквакультуры в различных формах – муки, паст, водных настоев и энергетических добавок, обладающих фитонцидными и поливитаминными свойствами [3].

В процессе роста деревья продуцируют большое количество органического вещества, которое может стать источником для получения не только технических, но и лекарственных препаратов, кормовых и пищевых продуктов. При заготовке леса с отходами теряется около трети его биомассы. Наибольшую ценность для переработки представляет древесина ствола, а корни, кора и крона – отходы, из которых рационально перерабатывается менее 20 %. К отходам относятся и побочные продукты целлюлозно-бумажного и гидролизного производства. Такие отходы являются ценным сырьем для производства спирта, глюкозы, кормовых дрожжей и органоминерального удобрения [4].

Опыт применения хвойных лап, как ценной кормовой витаминно-минеральной добавки, существовал в недалеком прошлом. Так, в 70–90 гг. XX века в молочном скотоводстве в зимний период, в морозные дни, коровам в выгульные дворики привозили еловые лапы, которые животные с большим удовольствием поедали, обогащая организм каротином, калием, кальцием, фосфором, натрием, магнием, железом, марганцем, кремнием, медью, цинком и кобальтом. В хвойной древесной зелени больше, чем в бобовых травах, кобальта, железа и марганца. Хвоя богата витаминами, особенно витамином С – в 1,5–2,0 раза больше, чем в лимонах и апельсинах, в 25 раз больше, чем в луке и картофеле. Хвоя прекрасный источник витаминов: каротина, Е, К, С, Р, В. В зеленой массе сосны содержание витамина Е составляет 360 мг/кг сухого вещества, в люцерновой муке – лишь 137 мг/кг, в молодой траве (разнотравье) – около 300 мг/кг [5, 6]. Причем установлено, что в хвое сосны присутствует альфа-токоферол, обладающий наибольшей биологической активностью по сравнению с другими токоферолами. В хвое, и особенно в коре, найден нетоксичный хромоген – лейксантоциан с физиологической Р-витаминной активностью [7].

По концентрации витаминов группы В хвоя сосны и ели превосходит вегетативные органы злаковых и не уступает таким высоковитаминным культурам, как люцерна, клевер, люпин и другие. Из комплекса биологически активных веществ интерес представляет зеленый пигмент хлорофилл.

Хвоя ели содержит примерно 0,24 кормовые единицы и 8,6 г перевариваемого протеина в 1 кг, хвоя сосны – 0,23 и 2,30 г соответственно, т. е. близка по питательности к ячменной и пшеничной соломе [8].

В опытах ученых Дальневосточного государственного университета изучалось содержание аскорбиновой кислоты в хвое сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) деревьев разных возрастных групп. Были сделаны выводы о более высоком содержании витамина С в хвое молодых деревьев и даны рекомендации по использованию хвои сосны в качестве витаминной добавки в корм сельскохозяйственным животным[1].

Исследователи Алтайского государственного университета в рамках разработки качественно новой технологии переработки древесной зелени – экструзии сосны обыкновенной обнаружили высокое содержание каротина, которое снижается на 12,5 % ежемесячно при хранении в пределах комнатной температуры. Данный факт необходимо учитывать при хранении и транспортировке продукта к месту потребления [9].

Из-за химических свойств хвои образовывать смолянистые вещества и давать выход живицы (вредной для животных в таком состоянии) в теплое время года готовые хвойные лапы не используются в это время, поэтому нужно искать альтернативные технологии переработки сосновых и еловых лап. Этот факт подробно описан учеными. Например, В. А. Выродов, А. Н. Кислицын, М. И. Глухарев и другие выявили, что температура воздуха существенно влияет на выход живицы. Повышение температуры увеличивает биологическую активность дерева, обмен веществ в клетках, что способствует более эффективному смолообразованию[2].

Изучением химического состава, питательной ценности хвойной муки из пихты занимались ученые и практики Красноярского края, которые пришли к выводу, что хвойная мука – витаминный корм для сельскохозяйственных животных. Особенно богата хвоя пихты содержанием каротина, кобальта, кальция, марганца, йода, а также сырого протеина, сырого жира, сахаров, обменной энергии [10].

Одним из самых ценных экстрактивных соединений хвои пихты являются полипренолы – вещества, используемые при лечении различных нарушений равновесия в иммунной системе живых организмов. Полипренолы способствуют более полному усвоению организмом животных и птиц белково-углеводно-липидного комплекса корма и увеличивают прирост живой массы[3].

Переваримость хвойной муки, полученной из искусственно высушенной хвои пихты, ели, сосны, невысокая, однако, в ней содержатся полезные соединения[4].

Сотрудники Сибирского научно-исследовательского и проектно-технологического института животноводства Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий Российской академии наук разработали унифицированный метод выделения полисахаридов и флавоноидов из лиственницы сибирской (*Larix sibirica* L.) и получения на его основе твердофазовых дисперсных механокомпозитов для сельского хозяйства. В результате проведенных исследований разработана экономичная технология арабиногалактана (АГ) и обоснован физико-химический механизм включения биологически активных молекул в межмолекулярные комплексы с полисахаридом арабиногалактаном для получения дисперсных механокомпозитов, включая обеспечение выхода приобретенных фундаментальных знаний в прикладной результат для разработки биодобавок различной направленности [11].

[1]Васюкова А. Н. Хвоя сосны обыкновенной как перспективный источник витаминов в кормлении сельскохозяйственных животных. Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития: сб. тр. Всеросс. научн.-практ. конф. (Благовещенск, 20–21 апреля 2022 года). Благовещенск: Дальневосточный ГАУ, 2022. С. 309–313. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49419874&pff=1 EDN: TNTBSZ

[2]Выродов В. А., Кислицын А. Н., Глухарева М. И., Киприанов А. И., Ефимов Л. М., Журавлев П. Я. Технология лесохимических производств: Учебник для вузов. М.: Лесная промышленность, 1987. 352 с. URL: https://djvu.online/file/LvUhENIQ8memF

[3]Солодская Г. Ф., Выродов В. А. Новые биоактивные препараты из древесной зелени. Химия и химическая технология древесины: Межвуз. сб. науч. тр. Л.: ЛТА, 1985. С. 3–7.

[4]Бучко Я., Крутел Ф. Использование вторичных ресурсов древесного сырья в производстве объемистых кормов. Химическая технология древесины: Межвуз. сб. науч. тр. Л.: ЛТА, 1986. С. 104–107.

Исследователи Вятского государственного университета сравнивали содержание аскорбиновой кислоты в хвое деревьев пихты сибирской (*Abies sibirica* L.) и сосны обыкновенной и пришли к выводу: хвоя пихты более богата аскорбиновой кислотой [12].

Изучением содержания аскорбиновой кислоты в хвое сосны также занимались ученые Красноярского государственного медицинского университета. Сосна – одно из самых распространенных деревьев данного региона. Хвоя сосны способна синтезировать витамин С круглый год, который является мощным стимулятором обмена веществ, антиоксидантом, активатором иммунной системы. Работа ученых посвящена географической изменчивости содержания аскорбиновой кислоты в хвое сосны южных и северных районов края. Исследователи пришли к заключению, что в северных районах более высокое содержание витамина С, чем в южных, что объясняется благоприятным воздействием пониженных температур на выработку витамина как защитной реакцией деревьев на холод [13].

Ученые Сибири (Н. Е. Коротаева, М. В. Оскорбина и др.) констатируют: «Сосна более теплолюбива и засухоустойчива, ель более влаголюбива и лучше переносит охлаждение. В различные периоды года оба вида накапливают в хвое водорастворимые сахара (ВРС), которые являются одним из факторов ее холодо- и засухоустойчивости. На уровень накопления ВРС в хвое могут влиять как видовые, так и территориальные факторы, связанные с особенностями климата региона произрастания» [14, с.122]. В сосне обыкновенной сохраняется более высокий уровень водно-растворимых соединений, что, вероятно, даёт этому виду преимущество в экстремальных условиях южной части Восточной Сибири. Это позволяет соснам успешно конкурировать с елью и занимать более обширные территории в этих регионах. Такая особенность связана с адаптацией сосны к менее плодородным почвам, но хорошо освещенным, а также её устойчивостью к засушливым и ветреным условиям, в отличие от более теневыносливой и влаголюбивой ели [14].

В Сибирском федеральном научном центре агробиотехнологий РАН изучали химический состав и свойства хвои пихты, можжевельника, ели, сосны и других видов хвойных пород растений и обосновали актуальность и целесообразность использования хвои в различных категориях продуктов питания (мед, хлебобулочные, кондитерские изделия, биологически активные вещества и др.), в основном в виде экстрактов на основе спиртовой или водной эссенции, полученных методом настаивания, а также CO_2-экстракции [15].

Ученые Екатеринбурга изучали сезонную динамику содержания компонентов антиокислительной системы хвои сосны обыкновенной в зоне локального теплового воздействия и пришли к выводам, что повышение температуры среды в зоне влияния факела в осенне-зимний период приводит к уменьшению количества влаги в хвое, которое вызывает состояние окислительного стресса в клетках. Данный факт необходимо учитывать при заготовке хвои с целью максимального сохранения полезных свойств для приготовления пищевых продуктов, кормов для животных и лекарственных средств в медицине и ветеринарии [16].

В работе Красноярских ученых (А. А. Андреева, В. Ю. Швецов, М. А. Зырянов) дан анализ использования древесной зелени на деревоперерабатывающих предприятиях. Выявлена польза от переработки хвои как ценного ресурса для получения полезной продукции. Представлена примерная стоимость готовой продукции из хвои, и оценена выгода, получаемая от переработки древесной зелени одного дерева [17].

Применение хвои как кормовой добавки крупному рогатому скоту. Хвоя и продукты ее переработки являются ценным кормом для животных, влияя положительно на их физиологическое состояние, повышают продуктивность и улучшают функции воспроизводства [18].

Применение в кормлении животных хвойной муки позволит более рационально использовать корма растительного происхождения и может стать важным звеном в решении проблем по балансированию рационов животных по каротину, макро- и микроэлементам.

Рассмотрены результаты использования хвойно-энергетической кормовой добавки в кормлении нетелей черно-пестрой породы. Установлено, что включение в рационы нетелей хвойно-энергетической кормовой добавки (17 г/кг сухого вещества рациона) способствовало усилению обмена веществ и увеличению живой массы на 11,89 % по сравнению с контрольной группой [19].

Применение измельченной хвои сосны в научно-хозяйственных опытах на телятах с диагнозом полигиповитаминоз, проводимых учеными Ивановской государственной сельс-

кохозяйственной академии, отразилось положительно на живой массе телят опытных групп по сравнению с контрольной (среднесуточный прирост в опытных группах составил 0,652–0,808 г против 0,570 г в контрольной) и улучшению их общего клинического состояния (повышение активности, качество волосяного покрова и видимых слизистых оболочек) [20].

Испытания эффективности скармливания хвойной муки проводили сотрудники Государственного аграрного университета Северного Зауралья. При этом получены положительные результаты по эффективности использования хвойной муки различным видам животных[5].

Проведены исследования по скармливанию дойным коровам водного настоя из хвои сосновой, скорлупы кедрового ореха и арабиногалактана. Установлено, что ежедневное выпаивание настоя в течение 100 дней лактации позволило, по сравнению с контрольной группой, увеличить удой на 0,2 % (P>0,95), количество молочного жира – на 13,3 % (P>0,95), молочного белка – на 5,4 %, молока базисной жирности – на 13,3 % (P>0,95), а также улучшить физико-химические показатели молока [21].

Результаты применения арабиногалактана в кормлении продуктивных животных (молодняка крупного рогатого скота, поросят, цыплят-бройлеров, кур-несушек, овец, кроликов) представлены в обзорной статье О. Е. Куприна с соавторами (Иркутский аграрный университет). Авторы установили, что АГ оказывает гастропротекторное, антимикробное действие и антимутагенную активность, а кроме того, обладает свойствами пребиотика. Применение водного экстракта лиственницы сибирской возможно для коррекции клинического статуса молодняка крупного рогатого скота и профилактики скрыто протекающих патологий у новорожденных телят. Показано, что АГ оказывает влияние на состояние животных за счет стресс-протекторного и адаптокорректорного действия, способствует ускорению темпов роста сельскохозяйственных животных [22].

Другие ученые (Ч. Б. Кушеев с соавторами) изучали целесообразность включения в рацион телочек черно-пестрой породы водного экстракта биомассы древесины лиственницы сибирской, содержащей 5 % полисахарида – арабиногалактана из расчета 200 мг на 1 кг массы животного. Результаты положительно отразились на приростах живой массы (плюс 200–300 г среднесуточного прироста), повышении иммунных показателей крови и общих клинических показателях животных (например: повышенный уровень суммы глобулинов в крови телят опытной группы 57,16 % против 46,04 % в контрольной группе; содержание общего белка в сыворотке крови телят опытной групп достоверно выше, чем в контроле на 25,05 %; отношение кальций/фосфор до скармливания и после у телят опытной и контрольной групп соответственно: с 2,2:1,0 до 2,0:1,2 и с 1,7:1,0 до 2,4:1,0), что свидетельствует о высоких адаптивных возможностях организма [23].

Красноярские исследователи опытным путем установили, что выпаивание водного настоя, состоящего из скорлупы кедрового ореха (25 г/л), сосновой хвои (15 г/л) и арабиногалактана (25 г/л), который давали в смеси с концентрированными кормами, положительно повлияло на молочную продуктивность коров: в опытной группе, по сравнению с контрольной: на 8,3 % увеличился удой молока натуральной жирности, на 13,3 % – удой базисной жирности, на 0,2 % – массовая доля жира в молоке, на 0,03 % – массовая доля белка в молоке и не оказало отрицательного влияния на органолептические свойства молока [24].

Ветеринарные врачи и сотрудники ГБУ Мишкинской ветеринарной станции (Башкортостан) рекомендуют следующие суточные дачи хвои: коровам – 3 кг, нетелям – 2 кг, свиньям – 0,3 кг, овцам – 0,5 кг, птице – 2 г с октября по май. Сосновые ветки по содержанию питательных и минеральных веществ сопоставимы с сеном среднего качества, по уровню каротина они превосходят зеленую массу клевера и тимофеевки в фазе бутонизации. Искусственно высушенная хвойная мука является отличным компонентом комбинированных кормов, выступая как недорогой концентрат витаминов. В одном килограмме такой муки содержится около 0,37 кормовых единиц и до 40 граммов перевариваемого протеина. Регулярное включение хвои в рацион способствует рождению жизнеспособных телят с меньшей склонностью к заболеваниям, а у коров снижается частота перегулов и гинекологических проблем. Практика показывает, что коровы, ежедневно получающие по 4-5 кг хвойных веток, уже через 10 дней начинают давать в среднем на 2 кг молока больше, чем животные без такой подкормки.

[5]Киргинцев Б. О., Беленькая А. Е., Ярмоц Г. А. Использование хвои в кормлении сельскохозяйственных животных. Интеграция науки и практики для развития агропромышленного комплекса: сб. ст. Всеросс. научн. конф. Тюмень: ГАУ Северного Зауралья, 2017. С. 229–234. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32506986 EDN: YQFPIF

Однако при использовании хвойной муки необходимо учитывать возможное повышенное содержание вяжущих, смолистых и иногда токсичных веществ. Поэтому для удаления смолистых компонентов из пищеварительного тракта животных рекомендуется делать двух- или трехдневные перерывы в кормлении хвойной мукой каждые две недели. Это позволяет избежать накопления вредных веществ и сохранить положительный эффект от применения хвойных кормов[6].

В статье О. О. Скорняковой с соавторами описан способ коррекции анемического синдрома у телят при диспепсии, вызванной холодовым стрессом, резким переходом с молозива на сборное молоко и дефицитом в их организме железа. Способ заключается во введении в рацион телят хвойной кормовой добавки «Витамин плюс» в дозе 5–20 мл на голову с молоком или водой, один раз в день, в течение 4 недель, начиная с 5-дневного возраста. Способ обеспечивает коррекцию анемического синдрома и позволяет повысить сопротивляемость организма телят первого месяца жизни при диспепсии [25].

Полезные свойства хвои пихты доказали в своих исследованиях кемеровские ученые, сельхозпроизводители и лесозаготовители. Пихтовая мука и пихтовый жмых помогают повысить иммунитет и сопротивляемость к инфекционным и простудным заболеваниям, а также положительно влияют на пищеварительную систему животных. Однако при введении таких продуктов в рацион сельскохозяйственных животных необходимо соблюдать осторожность – исследовать безопасность и качество продукта, его состав и индивидуальные потребности внесения (рекомендуемая доза в начале кормления 50–100 г на 100 кг живой массы, постепенно увеличиваемая до оптимальной дозы в зависимости от реакции животных и результатов; антимикробное действие эфирных масел и антиоксидантные свойства витаминов укрепляют защитные функции организма, стабилизируют работу кишечника и улучшают усвоение питательных веществ) [26].

В Алтайском крае проведены исследования по скармливанию коровам, быкам-производителям, курам-несушкам и гусям хвойной муки. Во всех опытах наблюдали положительные результаты. Так, скармливание хвойно-витаминной добавки (ХВД) нетелям за 20 дней до и после отела в количестве 300 г/гол в сутки способствовало увеличению среднесуточного удоя на 7,7 %, что позволило получить дополнительно 335 кг молока на группу за 20 дней новотельного периода. Включение ХВД в рацион быков-производителей в количестве 0,5 кг/гол в сутки привело к увеличению эякулята на 7,4 %, активности спермиев – на 6,7 %, концентрации спермиев – на 7,9 %. Экономический эффект составил 3600 руб. на 1 голову [27].

Комплексные исследования влияния хвойной энергетической добавки в рационах лактирующих коров на продуктивность, качество молока и выделение метана проведены учеными Самарского государственного аграрного университета, Оренбургским аграрным университетом и Федеральным исследовательским центром животноводства – ВИЖ имени академика Л. К. Эрнста. Было выявлено, что добавка ХВД существенно снизила выброс метана на 33 % в сутки. Чистый доход от применения добавки за период эксперимента на одно животное составил 2617,6 руб. [28].

Использование хвои в медицине. В медицине используют настойки сосновых шишек для наружного применения при многих кожных болезнях и болезнях суставов, а хвою в качестве ингаляции при бронхолегочных заболеваниях [29]. Хвоя сосны способна губительно влиять на аскарид [30].

По мнению авторов из Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета, отходы переработки леса составляют почти треть всей биомассы. Это ценное сырье для производства концентратов биологически активных веществ, которые могут быть использованы в медицинской, пищевой и косметической промышленности, ветеринарии. Одним из важных направлений применения биологически активных веществ из биомассы дерева является создание биокорректоров питания – адаптогенов. Основное назначение их применения – профилактика сердечно-сосудистых, онкологических, вирусных заболеваний, оздоровление и увеличение продолжительности активной жизни людей [31].

Ученые Первого Московского государственного медицинского университета имени И. М. Сеченова констатируют факт применения хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.)

[6]ГБУ Мишкинская районная ветеринарная станция РБ. Хвоя и хвойная мука. [Электронный ресурс]. URL: https://m.ok.ru/group/70000003405317/topic/155575762371845 (дата обращения: 23.04.2025).

в практике народной медицины. Отвары из сосновой хвои используют для восстановления сердечно-сосудистой системы. Хвойные ванны применяют для профилактики простудных заболеваний и снятия сильной усталости. Настой почек на спирте используется для согревающих компрессов при бронхитах и переохлаждениях организма. «Химические исследования хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в большинстве случаев фокусируется на терпенах, игнорируя фенольные соединения, имеющие выраженные антиоксидантные свойства. В ходе анализа водных извлечений хвои сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), заготовленной в районах, характеризующихся разной экологической обстановкой, с использованием фармакопейных качественных реакций, выявлена идентичность состава биологически активных веществ, представленных: флавоноидами, дубильными веществами, полисахаридами, углеводами. Количественная оценка экстрактивных веществ показала их максимальное наличие в районах с благополучной экологической обстановкой. Широкий комплекс биологически активных веществ сосновой хвои делает ее потенциальным источником для разработки новых лекарств» [32, с 138–141].

Результатом исследования ученых Казахского национального медицинского университета имени С. Ж. Асфендиярова явилось получение экстракта сосновых шишек путем экстракции 70–90%-м этиловым спиртом при температуре 25–30 °С. Данный продукт предлагается использовать в медицине для пациентов с проблемами дыхательной системы, а также в парфюмерной промышленности [33].

Новые возможности местного медикаментозного лечения пародонта открыли медики-стоматологи, ученые клинического центра стоматологии ФМБА (Федеральное медико-биологическое агентство) России совместно с институтом повышения квалификации ФМБА России. Микробиологическими исследованиями было доказано, что присутствие хвойных полипренолов приводило к значительному снижению активности всех микробов по всем критериям, особенно *Staphylococcus aureus*, рост которого полностью подавлялся [34].

Якутскими учеными Института биологических проблем криолитозоны СО РАН (Сибирского отделения Российской академии наук) проведены исследования годовой динамики накопления метаболитов в хвое обыкновенной сосны, произрастающей на территории Центральной Якутии. В хвое сосны обнаружены ценные биоактивные вещества, которые эффективно способствуют профилактике и лечению нарушений обмена веществ, возникающих при сахарном диабете 2-го типа, а также при других метаболических расстройствах, связанных с повышенным уровнем холестерина. Кроме того, в хвое присутствуют соединения с криопротекторными свойствами, защищающие организм от воздействия низких температур. Исследования показали, что максимальное содержание антиоксидантов – таких как галловая, бензойная и аминомасляная кислоты – приходится на осенний период, когда увеличивается количество полиолов, аминокислот и углеводов. Исходя из этих данных, предложено использовать осеннюю хвою сосны обыкновенной в качестве сырья для создания биопрепаратов, направленных на нормализацию углеводного обмена и защиту кожи от холода [35].

Хвоя и продукты переработки сосны в лечении животных. Большие неудобства испытывают продуктивные животные от таких паразитарных проблем, как чесоточный клещ – внутрикожный паразит. Для профилактики его появления и борьбы с ним существует множество средств – от народных до фармакологических[7]. Применяют аэрозоли акродекса, дерматозоля, инсектола, перола из расчета 40–60 мл на животное. Дойных коров обрабатывают суминаком, эктомином, 3–5%-й масляной эмульсией или дустом коллоидной серы. Однако в настоящее время ветеринарная практика все еще нуждается в высокоэффективных отечественных инсектоакарицидах [36].

Эндометриты и маститы коров на предприятиях по производству молока регистрируются довольно часто. По данным статистики, в большинстве хозяйств заболеваемость маститом составляет 10–15 %, а лечение часто малоэффективно [37]. Статистика встречаемости метритов, цервицитов, вульвитов, вестибуловагинитов, вагинитов – от 5 до 20 % [38, 39]. В то же время в частном секторе для лечения мастита используют средства местного применения, такие как обмазывание вымени глиной, хозяйственным мылом, пихтоиновой мазью, что дает положительный эффект, например, при асептической форме мастита или скрытой форме (субклинический мастит).

[7]«Что делать, если корову укусил клещ?» [Электронный ресурс]. URL: http://www.stav-ikc.ru/index.php/rekomendatsii-zhivotnovodstvu/5463-chto-delat-esli-korovu-ukusil-kleshch (дата обращения: 10.06.2025).

В настоящее время продолжаются поиски альтернативных средств и методов лечения болезней копыт и копытец у крупного и мелкого рогатого скота, в том числе на основе переработки побочных продуктов лесного комплекса, например, дегтя соснового и хвои сосны. Болезни пальцев у крупного рогатого скота, объединенные под общим названием «гнойно-некротические заболевания пальцев (копытец)», клинически проявляются целым рядом патологических процессов. Для решения данных проблем ученые и практики (А. С. Зенкин, В. П. Короткий и др.) предлагают лечить мазью, содержащей следующие компоненты (мас.%): смесь расплавленного воска – 8,0; сосновый деготь – 25,0; живица сосновая – 25,0; литол – 40,0 и метилурацил – 2,0. Данное средство показало высокую эффективность [40].

Мордовские ученые разработали рецептуру мази на основе хвойно-глицериновой биологически активной добавки. Применение мази в научно-хозяйственном эксперименте показало свою эффективность при лечении мастита и травм вымени. Мазь наносили тонким слоем на чистую белую ткань или марлевую салфетку, которыми затем покрывали пораженный участок тела, укрепляли бинтом или специальным клеем трижды в сутки после каждой дойки. Выздоровление наступало на 7-й день без последующих рецидивов в течение текущего года. Авторы объясняют это составом и рецептурой приготовления мази, что обеспечивает оптимальные условия течения обменных процессов в тканях путем воздействия на локальную микроциркуляцию, стимуляцию репаративных процессов в ране, а также профилактику вторичного инфицирования раны, особенно микроорганизмами, имеющими полирезистентность к современным антисептикам [41].

Разработана технологическая схема изготовления антигрибкового спрея для кошек против стригущего лишая на ранних стадиях на основе эфирных масел полыни горькой (*Artemisia absinthium*) и сосны обыкновенной, которая доказала высокую эффективность [42].

Результаты собственных исследований применения хвои и продуктов переработки сосны в молочном скотоводстве. Все научно-хозяйственные опыты проводили по общепринятым методикам (метод групп-аналогов).

Изучение эффективности применения кормового средства на основе хвои сосновой (ХЭД). Проведены два научно-хозяйственных опыта – в 2018 и 2023 гг. на молочных коровах. Хвойная паста – ХЭД (хвойная энергетическая добавка) состоит из следующих компонентов: экстракт хвои сосновой, сахар, льняное семя, глицерин. В 2018 г. испытывали оптимальные дозы добавки (1-я опытная группа – 150 г на гол в сутки в транзитный период; 2-я опытная – 200 г/гол в сутки в период раздоя), их влияние на молочную продуктивность и качество отела. Эксперимент 2023 г. предполагал изучение влияния добавки на хозяйственно полезные признаки (молочная продуктивность и качество молока, воспроизводство) у коров и нетелей транзитного периода, а также воздействие хвои на снижение производственных (технологических) и физиологического (отёл) стресс-факторов.

Результаты:

- хвойная кормовая добавка оказала положительное влияние на качество отела; что говорит о преимуществе ее применения в транзитный период;

- ХЭД не оказала влияния на проявление (минимизацию) стресса. Однако выявлено, что коровы больше, чем нетели, проявляют стресс при отеле, что подтверждается увеличением кортизола в их крови после отела в 5 раз, в то время как у нетелей в 1,5 раза;

- биохимические показатели крови соответствовали норме или близки к референтным значениям у животных опытных групп по сравнению с контрольными по каротину, общему белку, щелочной фосфатазе и лейкоцитарной формуле;

- суточная молочная продуктивность коров опытных групп была выше, чем в контроле на 2,51–3,10 кг, что обеспечило экономическую эффективность 29,5–41,6 руб/гол/сут. [43].

Изучение эффективности средства на основе экстракта хвои (мазь) при болезнях вымени (*послеродовые отеки, субклинические и клинические маститы).* В схему опыта были включены испытания трех рецептур мазей при лечении послеродовых отеков вымени, субклинических маститов (монотерапия) и клинических маститов (в составе комплексной терапии).

В состав мазей разных рецептов входили следующие компоненты: рецепт № 1 – экстракт хвои сосновой, хлоргексидин, ланолин, вазелин; рецепт № 2 – экстракт хвои сосновой, капусты белокочанной, хлоргексидин, ланолин, вазелин; рецепт № 3 – экстракт хвои сосновой, клюквы, хлоргексидин, ланолин, вазелин.

Результаты:

- лучший эффект по лечению послеродовых отеков вымени зарегистрирован у опытной группы коров с применением мази по рецепту № 2 (с экстрактом капусты белокочанной). Выздоровление наступило после двукратного применение мази (на вторые сутки);

- применение мази по рецепту № 3 (экстракты хвои и клюквы) было самым эффективным в монотерапии при лечении субклинических маститов. Выздоровление наступило на 4-5 день и суточная молочная продуктивность увеличилась на 1,85 кг;

- наиболее быстрое выздоровление при клиническом мастите отмечено у животных 3-й и 4-й групп с дополнительным применением мази 2 раза в день по рецептам № 2 и № 3. Выздоровление наступило на 4-5-е и 5-6-е сутки, прибавка молока составила 1,1 и 3,7 кг соответственно;

- экономическая эффективность от применения фитонцидного хвойного средства на 1 голову за период лечения при отеках вымени составила 111 рублей, при лечении субклинических маститов – 429 рублей, клинических маститов – 698 рублей [44].

Лечение метрита коров с применением противовоспалительного внутриматочного средства на основе дегтя соснового. Лечение коров опытной группы с острым послеродовым метритом и хроническим метритом на 3–6-м месяцах лактации было аналогично контрольной группе, но противовоспалительное средство заменялось испытуемым фитонцидным на основе экстракта хвои, льняного масла и дегтя соснового, которое вводили трижды через 48 часов внутриматочно с помощью маточного шприца. После этого инъецировали утеротон и антибиотики.

Результаты:

- к десятому дню лечения в опытной группе полностью выздоровело 8 голов, что на 10 % больше, чем в контрольной (7 голов);

- индекс осеменения у коров опытной группы ниже на 0,2 по сравнению с контролем (1,7 против 1,9);

- затраты на лечение коров опытной группы составили 703 рубля, что в 1,9 раза ниже, чем в контрольной (1341 руб.).

Фитонцидное хвойно-дегтярное средство с льняным маслом рекомендуется применять трехкратно через день подогретым внутриматочно при метритах у коров [45].

Эффективность применения дегтярного спрея при лечении чесотки (псороптоза) коров. Осмотр и исследование поголовья дойного стада предопределил формирование 4 групп (2 группы – контроль и опыт с диагнозом псороптоз и 2 аналогичные группы с диагнозом дерматиты и раны).

Для лечения опытных групп применяли дегтярный спрей.

Результаты:

- испытуемое фитонцидное средство на основе дёгтя соснового эффективно в отношении лечения паразитарных заболеваний кожи, вызванных чесоточным клещом. Эффективность составила 83–100 %;

- фитонцидное средство на основе дегтя соснового эффективно в монотерапии при лечении кожных ран, экзем, дерматитов незаразной этиологии;

- применение данного средства не оказывает отрицательного влияния на здоровье коров и молочную продуктивность;

- применение фитонцидного средства на основе соснового дегтя экономически эффективнее традиционно используемых на производстве препаратов, таких как «Эпрецис, 2 %» (на 40 руб/гол.) и ихтиоловая мазь (на 42–105 руб/гол.) в зависимости от кратности [46].

Заключение. На основании проведённого патентного поиска и анализа результатов собственных исследований установлено, что продукты переработки лесной промышленности (хвоя, ветви, кора и иные древесные отходы) представляют собой перспективное сырьё для применения в животноводстве – в качестве кормовых добавок, средств профилактики и терапии заболеваний сельскохозяйственных животных.

Ключевыми преимуществами данного сырья являются:

- экологическая безопасность;
- широкая доступность в регионах с развитой лесозаготовительной и деревообрабатывающей инфраструктурой;
- экономическая эффективность производства и применения.

Особую значимость использование древесных отходов приобретает для территорий, характеризующихся:

- преобладанием хвойных лесных массивов;
- наличием предприятий лесодобывающей и лесоперерабатывающей отрасли;
- развитым сектором животноводческих сельскохозяйственных комплексов.

В ходе исследования выявлен существенный дефицит научно-технической информации, посвящённой:

- промышленным технологиям получения ингаляционных средств на основе хвойного сырья;
- конструктивным решениям специализированного оборудования для их применения в условиях крупномасштабного животноводства.

Наиболее перспективной областью применения данных технологий представляется терапия респираторных заболеваний крупного рогатого скота, в частности бронхопневмонии и пневмонии телят. Полученные результаты определяют актуальность и научную значимость дальнейших исследований в данном направлении, включая:

- разработку технологических регламентов производства ингаляционных препаратов из хвойного сырья;
- проектирование и апробацию специализированного оборудования для ингаляционной терапии в животноводческих комплексах;
- проведение клинических испытаний эффективности предлагаемых решений.

Список литературы

1. Мохирев А. П., Зырянов М. А., Гилязутдинова Т. Г. Особенности технологии переработки хвои. Universum: технические науки. 2019;(11-(68)):73-74. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=42274275 EDN: IWDMOJ

2. Сафина А. В., Тимербаев Н. Ф., Зиатдинова Д. Ф. Экстракция ценных компонентов из лесосечных отходов. Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2018;(1):109–119. DOI: https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2018.1.109 EDN: YNMFDC

3. Девяткин В. А. Использование хвои как источника фитобиотиков в питании животных и аквакультуры. Аграрная наука. 2023;(6):50–57. DOI: https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-50-57 EDN: NUCLGW

4. Некрасова В. Б., Безбородова Т. Г. Получение и применение биокорректоров питания из биомассы дерева. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2012;(198):190–201. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=20398568 EDN: REJXZB

5. Баранова Р. А., Фрагина А. И., Черноморский С. А. Получение и применение хлорофиллсодержащих препаратов из хвои: обзор. М.: ВНИПИЭИлеспром, 1973. 31 с.

6. Солодкий Ф. Т., Щербак Ф. Н., Лифанов М. И., Фрагина А. И., Агранат А. Л. Использование живых элементов дерева. Л.: ЛТА, 1969. 133 с.

7. Дубур Г. Я., Улдрикис Я. Р., Вальдман А. Р., Спруж Я. Я., Тирзит Г. Д., Петерсон И. О., Мелберг Я. В. Стабилизатор каротина: авторское свидетельство №365988 СССР. №1691457/30-15: заяв. 26.07.1971; опубл. 16.01.1973. Бюл. №7. 2 с. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=39682253 EDN: JYNWZD

8. Берестов В. А., Петрова Г. Г., Изотова С. П. Использование древесной зелени в промышленном звероводстве и кролиководстве. Л.: Колос, Ленинградское отд-ние, 1982. 96 с.

9. Савин М. А. Оценка содержания полезных элементов в хвойновитаминной кормовой добавке из экструдированной древесной зелени сосны. Discovery Science Research: сб. ст. VI Междунар. науч.-практ. конф. Петрозаводск: МЦ научного партнерства «Новая наука», 2020. С. 118–122. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=44586633 EDN: OHWVXA

10. Терентьев В. И., Аникиенко Т. И. Питательная ценность и химический состав пихтовой хвойной муки, производимой ООО «Эковит». Вестник КрасГАУ. 2011;(5):163–166. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=16346187 EDN: NTSHMZ

11. Рогачёв В. А., Шелепов В. Г., Итэсь Ю. В. Стратегия производства кормовых добавок на основе отходов растительного сырья Республики Алтай. Актуальные проблемы сельского хозяйства горных территорий: мат-лы VII Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию Горно-Алтайского ГУ. Горно-Алтайск: Горно-Алтайский ГУ, 2019. С. 447–451. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=38488501 EDN: RUXUNV

12. Хохрякова И. А., Адамович Т. А. Исследование содержания аскорбиновой кислоты в хвое деревьев. Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: мат-лы XIX Всеросс. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Киров: Вятский ГУ, 2021. С. 289–290. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=47323192 EDN: TNDUXW

13. Зубарева Е. В., Афанаскина Е. В., Екимова Е. Ю. Географическая изменчивость содержания аскорбиновой кислоты в хвое сосны обыкновенной Красноярского края. Хвойные бореальной зоны. 2020;38(5–6):244–249. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=44597516 EDN: UOGBMF

14. Korotaeva N., Oskorbina M., Gritsai E., Borovskii G. Changes in the content of water-soluble sugars in needles of scots pine and siberian spruce growing in the south of Eastern Siberia. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022;14(6):122–141. DOI: https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-6-122-141 EDN: GWDHZN

15. Нициевская К. Н., Бородай Е. В. Роль хвои как биологически активного вещества растительного происхождения в производстве пищевых продуктов (патентный обзор). Инновации и продовольственная безопасность. 2022;(3):36–43. https://doi.org/10.31677/2311-0651-2022-37-3-36-43 EDN: JFMAGD

16. Шавнин С. А., Юсупов И. А., Монтиле А. А., Голиков Д. Ю., Марина Н. В. Сезонная динамика содержания компонентов антиоксидантной системы хвои сосны обыкновенной (Pinus sylvestris L.) в зоне локального теплового воздействия. Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2023;(2):38–57. DOI: https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-2-38-57 EDN: VPMLGE

17. Зырянов М. А., Медведев С. О., Андреева А. А., Швецов В. Ю. Оценка экономической эффективности процесса переработки древесной зелени хвойных пород. Universum: экономика и юриспруденция. 2022;(6(93)):42–45. DOI: https://doi.org/10.32743/UniLaw.2022.93.6.13678 EDN: FGESIQ

18. Воробьев А. Л., Калачев А. А., Залесов С. В. Использование отходов лесозаготовок в качестве сырья для получения кормовых добавок. Леса России и хозяйство в них. 2018;(3(66)):65–72.
Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=36950273 EDN: YWWNIT

19. Прытков Ю. Н., Кистина А. А., Червяков М. Ю. Влияние хвойноэнергетической кормовой добавки в рационе на интенсивность роста нетелей. Аграрный научный журнал. 2015;(4):36–38.
Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23368492 EDN: TRJRTN

20. Цыганов И. С. Опыт применения хвои сосны в рационе телят при полигиповитаминозе. Science Time. 2020;(5(77)):72–77. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43091289 EDN: CKEWKG

21. Терещенко В. А., Иванов Е. А., Иванова О. В., Любимова Ю. Г. Влияние скармливания переработанных отходов биомассы леса на обмен веществ коров. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2020;50(5):38–46. DOI: https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-5-4 EDN: WZCHKP

22. Куприна О. В., Кулиева О. В., Медведева Е. Н., Сверлова Н. Б. Перспективы применения арабиногалактана в кормлении продуктивных животных. Актуальные проблемы биотехнологии и ветеринарной медицины: мат-лы Междунар. научн.-практ. конф. молодых учёных. Молодежный: Иркутский ГАУ им. А. А. Ежевского, 2017. С. 321–331. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35600864 EDN: XZGHZZ

23. Кушеев Ч. Б., Бабкин В. А., Олейников Н. А., Ломбоева С. С., Медведева Е. Н., Доржиев Б. И. Применение водного экстракта лиственницы сибирской для коррекции клинического статуса молодняка крупного рогатого скота. Достижения науки и техники АПК. 2013;(9):59–61.
Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20310404 EDN: RCLTTV

24. Терещенко В. А., Иванов Е. А., Иванова О. В., Любимова Ю. Г. Использование водного настоя биомассы хвойного леса в качестве кормовой добавки для коров. Пермский аграрный вестник. 2021;(2):101–111. DOI: https://doi.org/10.47737/2307-2873_2021_34_101 EDN: JPTIGL

25. Скорнякова О. О., Короткий В. П., Рыжов В. А., Русских А. И. Способ коррекции анемического синдрома у телят при диспепсии. Актуальные проблемы лечения и профилактики болезней молодняка: мат-лы Междунар. научн.-практ. конф., посвящ. 100-летию учреждения образования «Витебская ордена «Знак Почета» государственная академия ветеринарной медицины». Витебск, 2024. С. 391–395.

26. Шишко О. О., Емелин Д. Г., Шаронина Ю. В. Перспективы применения отходов деревоперерабатывающей промышленности в рационах сельскохозяйственных животных. Современные тенденции сельскохозяйственного производства в мировой экономике: мат-лы XXII Междунар. научн.-практ. конф. Кемерово: Кузбасский ГАУ, 2023. С. 439–444. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=65600273 EDN: OVJRVS

27. Пилюкшина Е. В., Хаустов В. Н., Русанова В. В. Использование хвойно-витаминной добавки в кормлении крупного рогатого скота и сельскохозяйственной птицы: научно-методические рекомендации. Барнаул: РИО Алтайского ГАУ, 2020. 38 с. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54509533 EDN: RKTZYR

28. Зайцев В. В., Боголюбова Н. В., Короткий В. П., Сеитов М. С., Зайцева Л. М., Рыжов В. А. Влияние хвойной энергетической добавки на метаногенез у лактирующих коров. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023;(2(100)):250–253.
Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=50822496 EDN: WHUUAX

29. Коваль Ю. И., Васильцова И. В., Бочкарева И. И. Лекарственные растения Новосибирской области как дополнительные экзогенные источники биологически активных веществ. Интерэкспо ГЕО Сибирь. 2024;4(2):95–102. DOI: https://doi.org/10.33764/2618-981X-2024-4-2-95-102 EDN: NRWHKJ

30. Ятусевич А. И., Толкач Н. Г., Вишневец Ж. В., Карпенкова Н. В., Вербицкая Л. А. Теория и практика фитотерапии животных. Международный вестник ветеринарии. 2004;(1):80–90.
Режим доступа: https://repo.vsavm.by/bitstream/123456789/15602/1/t-mvv-2004-1-80-90.pdf

31. Некрасова В. Б., Безбородова Т. Г. Получение и применение биокорректоров питания из биомассы дерева. Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2012;(198):190–201.
Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20398568 EDN: REJXZB

32. Бергел К. Фитохимический анализ хвои сосны обыкновенной (Pinus sylvestris L.). Современные тенденции развития технологий здоровьесбережения: сб. науч. тр. XII Междунар. науч. конф. молодых учёных. М.: ВИЛАР, 2024. С. 138–141. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=75989553&pff=1 EDN: WNMZBJ

33. Ержанова А. Б. Этанольная экстракция и полезные свойства сосновых шишек. Ломоносов: сб. ст. V Международ. конкурса молодых учёных. Пенза: МЦНС «Наука и просвещение», 2023. С. 152–155. Режим доступа: https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2023/12/K-566.pdf

34. Калинина А. Н., Лашко И. С., Царев В. Н., Олесов Е. Е., Степанов А. Ф., Глазкова Е. В., Олесова В. Н. Новые возможности местного медикаментозного лечения заболеваний пародонта (микробиологическое обоснование). Российский стоматологический журнал. 2018;22(4):180–183. DOI: https://doi.org/10.18821/1728-2802-2018-22-4-180-183 EDN: YUFJBR

35. Михайлов В. В., Слепцов И. В., Рожина С. М., Киршенгольц Б. М. Перспективность рационального использования биологически активных веществ из хвои Pinus sylvestris для создания биопрепаратов. Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2022;27(4):610–617. DOI: https://doi.org/10.31242/2618-9712-2022-27-4-610-617 EDN: DCLLJS

36. Нижельская Е. И. Сравнительная эффективность акарицидных средств при псороптозе крупного рогатого скота. Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2024;(4):225–228. DOI: https://doi.org/10.24412/2311-6447-2024-4-225-228 EDN: DTDZCB

37. Лучко И. Т. Воспаление молочной железы у коров (этиология, патогенез, диагностика, лечение и профилактика). Гродно: ГГАУ, 2019. 184 с. Режим доступа: https://elib.ggau.by/bitstream/123456789/1739/1/Монография%20Лучко%202019.pdf

38. Negasee K. A. Clinical metritis and endometritis in dairy cattle: a review. Veterinary Medicine – Open Journal. 2020;5(2):51–56. DOI: https://doi.org/10.17140/vmoj-5-149

39. Hermadi1 H. A., Khairullah A. R., Damayanti Ye., Safitri E., Tyasningsih W., Warsito S. H., Kusala M. Kh. J., Wibowo S. et al. Endometritis in Cattle: A Review of Current Understanding and Practical Causes of Repeat Breeding. Trends in Sciences. 2025;22(6):9587. DOI: https://doi.org/10.48048/tis.2025.9587

40. Зенкин А. С., Короткий В. П., Калязина Н. Ю., Свитин А. И., Рыжова Е. С., Рыжов В. А. Способ приготовления мази для лечения гнойно-воспалительных и некротических процессов в области дистального отдела конечностей крупного рогатого скота: пат. № 2618400 Российская Федерация. № 2016122184: заяв. 06.06.2016; опубл. 03.05.2017. Бюл. №13. 6 с. Режим доступа: https://patents.google.com/patent/RU2618400C1/ru

41. Калязина Н. Ю., Рыжов В. А., Кирдяев В. М., Антошин А. А. Терапевтический эффект применения оригинальной мази при лечении межпальцевого дерматита у коров. Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2022;251(3):136–140. DOI: https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_3_251_136 EDN: IQJOFO

42. Тихонова Л. А. Разработка схемы изготовления антигрибкового спрея против стригущего лишая у кошек на основе эфирных масел сосны обыкновенной и полыни горькой. Студенческий триумф: сб. ст. Международ. научно-исследовательского конкурса. Пенза, 2023. С. 103–107. Режим доступа: https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2023/04/K-486.pdf

43. Бритвина И. В., Ошуркова Ю. Л., Короткий В. П. Эффективность применения хвойной кормовой добавки для кормления молочных коров. АгроЗооТехника. 2025;8(2):4. DOI: https://doi.org/10.15838/alt.2025.8.2.4 EDN: QRZWSG

44. Бритвина И. В., Короткий В. П. Изучение эффективности мази на основе фитонцидного комплекса леса при профилактике и лечении болезней вымени молочных коров. Молочнохозяйственный вестник. 2021;(4(44)):20–33. DOI: https://doi.org/10.52231/2225-4269_2021_4_20 EDN: INXNDW

45. Бритвина И. В., Короткий В. П., Макарова Е. М., Наволоцкая Е. В., Сметкина Е. А. Эффективность лечения метрита коров с использованием продуктов лесного комплекса. Молочнохозяйственный вестник. 2023;(1(49)):30–50. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=54180057 EDN: JQYHLJ

46. Короткий В. П., Новикова Т. В., Бритвина И. В., Храмов И. Н., Рыжов В. А., Турубанов А. И. Препарат для лечения кожных болезней животных: пат. № 2798579 Российская Федерация. № 2022128299: заявл. 31.10.2022; опубл. 23.06.2023. Бюл. №18. 8 с. Режим доступа: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet

References

1. Mokhirev A. P., Ziryanov M. A., Gilyazutdinova T. G. Features of pine needles processing technology. Universum: tekhnicheskiye nauki. 2019;(11-1(68)):73-74. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=42274275

2. Safina A. V., Timerbayev N. F., Ziatdinova D. F. Extraction of valuable components from forest residues. *Izvestiya visshikh uchebnikh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* = Bulletin of Higher Educational Institutions. Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal). 2018;(1):109–119. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2018.1.109

3. Devyatkin V. A. The use of needles as a phytobiotics in animal nutrition and aquaculture. *Agrarnaya nauka* = Agrarian science. 2023;(6):50–57. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-371-6-50-57

4. Nekrasova V. B., Bezborodova T. G. Preparation and application of biocorrector supply from wood biomass. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii*. 2012;(198):190–201. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=20398568

5. Baranova R. A., Fragina A. I., Chernomorsky S. A. Production and application of chlorophyll-containing preparations from needles: an overview. Moscow: *VNIPIEIlesprom*, 1973. 31 p.

6. Solodky F. T., Shcherbak F. N., Lifanov M. I., Fragina A. I., Agranat A. L. Using live tree elements. Leningrad: *LTA*, 1969. 133 p.

7. Dubur G. Ya., Uldrikis Ya. R., Valdman A. R., Spruzh Ya. Ya., Tirzit G. D., Peterson I. O., Melberg Ya. V. Carotene stabilizer: USSR author's certificate no. 365988. 1973. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=39682253

8. Berestov V. A., Petrova G. G., Izotova S. P. Use of wood greens in industrial fur farming and cuniculture. Leningrad: *Kolos, Leningradskoye otd-niye*, 1982. 96 p.

9. Savin M. A. Evaluation of the content of useful elements in a coniferous-vitamin feed additive from extruded pine wood greens. Discovery Science Research: collection of articles of the VI International scientific and practical conference. Petrozavodsk: *MTs nauchnogo partnerstva «Novaya nauka»,* 2020. pp. 118–122. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44586633

10. Terentyev V. I., Anikienko T. I. Nutritional value and chemical composition of fir pine flour made by LLC "Ekovit". *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2011;(5):163–166. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=16346187

11. Rogachiov V. A., Shelepov V. G., Itjes Yu. V. Strategy for the production of fodder additives based on wastes of plant raw materials of the Republic of Altai. Current problems of agriculture in mountainous territories: Proceedings of the VII International scientific and practical conference, dedicated to the 70th anniversary of the Gorno-Altaisk State University. Gorno-Altaysk: *Gorno-Altaysky GU*, 2019. pp. 447–451. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=38488501

12. Khokhryakova I. A., Adamovich T. A. Investigation of ascorbic acid content in conifers. Biodiagnostics of the state of natural and man-made systems: Proceedings of the XIX All-Russian scientific and practical conference with international participation. Kirov: *Vyatsky GU*, 2021. pp. 289–290. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=47323192

13. Zubareva E. V., Afanaskina E. V., Ekimova E. Yu. Geographic variability of the content of ascorbic acid in pine needles of the ordinary Krasnoyarsk krai. *Khvoyniye borealnoy zoni* = Conifers of the boreal area. 2020;38(5–6):244–249. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44597516

14. Korotaeva N., Oskorbina M., Gritsai E., Borovskii G. Changes in the content of water-soluble sugars in needles of scots pine and siberian spruce growing in the south of Eastern Siberia. Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2022;14(6):122–141. DOI: https://doi.org/10.12731/2658-6649-2022-14-6-122-141

15. Nitsievskaya K. N., Boroday E. V. The role of the needle as a biologically active substance of plant origin in food production (patent review). *Innovatsii i prodovolstvennaya bezopasnost* = Innovations and Food Safety. 2022;(3):36–43. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.31677/2311-0651-2022-37-3-36-43

16. Shavnin S. A., Yusupov I. A., Montile A. A., Golikov D. Yu., Marina N. V. Seasonal dynamics of content of antioxidant system component in needles of scots pine (Pinus sylvestris L.) trees situated in the local warming impact zone. *Izvestiya visshikh uchebnikh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* = Bulletin of Higher Educational Institutions. Lesnoy Zhurnal (Russian Forestry Journal). 2023;(2):38–57. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.37482/0536-1036-2023-2-38-57

17. Ziryanov M. A., Medvedev S. O., Andreeva A. A., Shvetsov V. Yu. Evaluation of the economic efficiency of the processing of coniferous wood greens. Universum: ekonomika i yurisprudentsiya. 2022;(6(93)):42–45. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.32743/UniLaw.2022.93.6.13678

18. Vorobiov A. L., Kalachev A. A., Zalesov S. V. Wastes left after logging utilization as a ran materialfor fodder additives production. *Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh* = Forests of Russia and economy in them. 2018;(3(66)):65–72. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=36950273

19. Prytkov Yu. N., Kistina A. A., Chervyakov M. Yu. Effect of conifer-energy feed supplement in the diet on the growth rate of heifers. *Agrarny nauchny zhurnal* = The Agrarian Scientific Journal. 2015;(4):36–38. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23368492

20. Tsiganov I. S. The experience of using pine needles in the diet of calves with polyhypovitaminosis. Science Time. 2020;(5(77)):72–77. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43091289

21. Tereshchenko V. A., Ivanov E. A., Ivanova O. V., Lyubimova Y. G. Effect of feeding with processed by-products of forests biomass on metabolism of cows. *Sibirsky vestnik selskokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2020;50(5):38–46. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.26898/0370-8799-2020-5-4

22. Kuprina O. V., Kuliyeva O. V., Medvedeva E. N., Sverlova N. B. Prospects of application of arabinogalactan in feeding animals. Current problems of biotechnology and veterinary medicine: Proceedings of the International scientific and practical conference of young scientists. Molodezhniy: *Irkutsky GAU im. A. A. Yezhevsekogo*, 2017. pp. 321–331. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35600864

23. Kusheev Ch. B., Babkin V. A., Oleynikov N. A., Lomboeva S. S., Medvedeva E. N., Dorzhiev B. I. Prospects application the water extract of siberian larch in the prevention of disease of young cattle. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2013;(9):59–61. (In Russ.).
URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=2031040

24. Tereshchenko V. A., Ivanov E. A., Ivanova O. V., Lyubimova Yu. G. Use of water infusion of coniferous forest biomass as a feed additive for cows. *Permsky agrarny vestnik* = Perm Agrarian Journal. 2021;(2):101–111. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.47737/2307-2873_2021_34_101

25. Skornyakova O. O., Korotky V. P., Rizhov V. A., Russkikh A. I. Method of correction of anemia syndrome in calves with dyspepsia. Current problems of treatment and prevention of diseases of young animals: Proceedings of International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the establishment of the Vitebsk Order of the Badge of Honor State Academy of Veterinary Medicine. Vitebsk, 2024. pp. 391–395.

26. Shishko O. O., Yemelin D. G., Sharonina Yu. V. Prospects for the use of wood processing industry wastes in livestock diets. Modern trends in agricultural production in the global economy: Proceedings of the XXII International scientific and practical conference. Kemerovo: *Kuzbassky GAU*, 2023. pp. 439–444.
URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=65600273

27. Pilyukshina E. V., Khaustov V. N., Rusanova V. V. The use of coniferous vitamin supplements in feeding cattle and poultry: scientific and methodological recommendations. Barnaul: *RIO Altayskogo GAU*, 2020. 38 p.
URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54509533

28. Zaytsev V. V., Bogolyubova N. V., Korotky V. P., Seitov M. S., Zaytseva L. M., Ryzhov V. A. Effect of coniferous energy supplement on methanogenesis in lactating cows. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2023;(2(100)):250–253. (In Russ.).
URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=50822496

29. Koval Yu. I., Vasiltsova I. V., Bochkareva I. I. Medicinal plants of the Novosibirsk region as additional exogenous sources biologically active substances. *Interekspo GEO Sibir*. 2024;4(2):95–102. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.33764/2618-981X-2024-4-2-95-102

30. Yatusevich A. I., Tolkach N. G., Vishnevets Zh. V., Karpenkova N. V., Verbitskaya L. A. Teoriya i praktika fitoterapii zhivotnikh. *Mezhdunarodny vestnik veterinarii* = International Bulletin of Veterinary Medicine. 2004;(1):80–90. URL: https://repo.vsavm.by/bitstream/123456789/15602/1/t-mvv-2004-1-80-90.pdf

31. Nekrasova V. B., Bezborodova T. G. Preparation and application of biocorrector supply from wood biomass. *Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii*. 2012;(198):190–201. (In Russ.).
URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20398568

32. Bergel K. Photochemical analysis of pine needles (Pinus sylvestris L.). Modern trends in the development of health-saving technologies: collection of scientific papers of the XII International scientific conference of young scientists. Moscow: *VILAR*, 2024. pp. 138–141. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=75989553&pff=1

33. Erzhanova A. B. ethanol extraction and useful properties of pine cones. Lomonosov: collection of articles of the V International competition of young scientists. Penza: *MTSNS «Nauka i prosveshcheniye»*, 2023. pp. 152–155.
URL: https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2023/12/K-566.pdf

34. Kalinina A. N., Lashko I. S., Tsarev V. N., Olesov E. E., Stepanov A. F., Glazkova E. V., Olesova V. N. New opportunities local medical treatment of periodontal diseases (microbiological rationale). *Rossiysky stomatologichesky zhurnal* = Russian Journal of Dentistry. 2018;22(4):180–183. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.18821/1728-2802-2018-22-4-180-183

35. Mikhaylov V. V., Sleptsov I. V., Rozhina S. M., Kirshengolts B. M. The prospects for the rational use of biologically active substances from Pinus sylvestris needles in the creation of biopreparations. *Prirodniye resursi Arktiki i Subarktiki* = Arctic and Subarctic Natural Resources. 2022;27(4):610–617. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.31242/2618-9712-2022-27-4-610-617

36. Nizhelskaya E. I. Sravnitelnaya effektivnost akaritsidnikh sredstv pri psoroptoze krupnogo rogatogo skota. *Tekhnologii pishchevoy i pererabativayushchey promishlennosti APK – produkti zdorovogo pitaniya* = Technologies of the food and processing industry of AIC – healthy food. 2024;(4):225–228. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.24412/2311-6447-2024-4-225-228

37. Luchko I. T. Inflammation of the mammary gland in cows (etiology, pathogenesis, diagnosis, treatment and prevention). Grodno: *GGAU*, 2019. 184 p.
URL: https://elib.ggau.by/bitstream/123456789/1739/1/Монография%20Лучко%202019.pdf

38. Negasee K. A. Clinical metritis and endometritis in dairy cattle: a review. Veterinary Medicine – Open Journal. 2020;5(2):51–56. DOI: https://doi.org/10.17140/vmoj-5-149

39. Hermadi1 H. A., Khairullah A. R., Damayanti Ye., Safitri E., Tyasningsih W., Warsito S. H., Kusala M. Kh. J., Wibowo S. et al. Endometritis in Cattle: A Review of Current Understanding and Practical Causes of Repeat Breeding. Trends in Sciences. 2025;22(6):9587. DOI: https://doi.org/10.48048/tis.2025.9587

40. Zenkin A. S., Korotky V. P., Kalyazina N. Yu., Svitin A. I., Ryzhova E. S., Ryzhov V. A. Method of preparation of ointment for the treatment of purulent-inflammatory and necrotic processes in the distal extremities of cattle: Patent RF, no. 2618400. 2017. URL: https://patents.google.com/patent/RU2618400C1/ru

41. Kalyazina N. Yu., Rizhov V. A., Kirdyaev V. M., Antoshin A. A. Therapeutic effect of the use of the original ointment in the treatment of interdigital dermatitis in cows. *Ucheniye zapiski Kazanskoy gosudarstvennoy akademii veterinarnoy meditsini im. N. E. Baumana* = Scientific Notes Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine. 2022;251(3):136–140. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.31588/2413_4201_1883_3_251_136

42. Tikhonova L. A. Development of the scheme of manufacturing anti-fungal spray against ringworm in cats on the basis of essential oils of scots pine and wormwood. Student's triumph: collection of articles of International scientific and research competition. Penza, 2023. pp. 103–107.
URL: https://naukaip.ru/wp-content/uploads/2023/04/K-486.pdf

43. Britvina I. V., Oshurkova Yu. L., Korotky V. P. Effectiveness of coniferous feed additive for feeding dairy cows. *AgroZooTekhnika* = Agricultural and Lifestock Technology. 2025;8(2):4. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.15838/alt.2025.8.2.4

44. Britvina I. V., Korotkiy V. P. Study of the ointment efficiency on the basis of phytoncidal forest complex for udder diseases prevention and treatment of dairy cows. *Molochnokhozyaystvenny vestnik*. 2021;(4(44)):20–33. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.52231/2225-4269_2021_4_20

45. Britvina I. V., Korotky V. P., Makarova E. M., Navolotskaya E. V., Smetkina E. A. Effectiveness of treatment of cow`s metritis using forest industry complex products. *Molochnokhozyaystvenny vestnik*. 2023;(1(49)):30–50. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=54180057

46. Korotky V. P., Novikova T. V., Britvina I. V., Khramov I. N., Rizhov V. A., Turubanov A. I. A preparation for treatment of animal skin diseases: Patent RF, no. 2798579. 2023.
URL: https://www1.fips.ru/registers-doc-view/fips_servlet

Вклад авторов: все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Сведения об авторах

✉ **Ирина Васильевна Бритвина,** кандидат с.-х. наук, доцент, доцент кафедры внутренних незаразных болезней, хирургии и акушерства, ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н. В. Верещагина», ул. Шмидта, д.2, с. Молочное, г. Вологда, Российская Федерация, 160505,
e-mail: academy@molochnoe.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6540-3498,**
e-mail: super.britvina2012@yandex.ru

Василий Павлович Короткий, почетный работник лесной промышленности, член-корреспондент МАНЭБ, директор ООО НТЦ "Химинвес", Нижневолжская набережная, 6/1 г. Нижний Новгород, Российская Федерация, 603001, e-mail: Himivestn-n@yandex.ru

Author contributions: all authors contributed equally to this article.

Information about the authors

✉ **Irina V. Britvina,** PhD in Agricultural Science, associate professor, associate professor at the Department of Internal Non-Contagious Diseases, Surgery and Obstetrics, Vologda State Dairy Farming Academy by N. V. Vereshchagin, 2 Shmidt str., settlement Molochnoe, Vologda, Russian Federation,160505,
e-mail: academy@molochnoe.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6540-3498,**
e-mail: super.britvina2012@yandex.ru

Vasiliy P. Korotky, Honorary Worker of the Timber Industry, corresponding member of MANEB, Director, OOO Scientific and technical center "Himinvest", 6/1 Nizhnevolzhskaya naberezhnaya, Nizhny Novgorod, Russian Federation, 603001, e-mail: Himivestn-n@yandex.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.558–571
УДК 639.3.043.2:639.371.5+636.086.1

(cc) BY

Повышение питательной ценности зерна, используемого для кормления карпа (обзор)

© 2026. В. И. Пахомов[1,2], С. В. Брагинец[1,2], О. Н. Бахчевников[1]✉
[1]*ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», г. Зерноград, Российская Федерация,*
[2]*ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация*

Аквакультура обыкновенного карпа (Cyprinus carpio* L.*) остается основой рыбоводства, а зерно пшеницы, ячменя и кукурузы традиционно служит недорогим источником энергии в кормах. Однако широкое применение зернового сырья сдерживается его ограниченной биологической ценностью и недостаточной усвояемостью отдельных компонентов. Цель исследования – обобщение и анализ информации, посвященной методам повышения питательной ценности зерна, используемого в качестве корма для карпа. Методической основой работы являлись поиск, отбор, систематизация и сравнительный анализ научных публикаций, размещенных в отечественных и зарубежных библиографических базах данных за 2010–2025 гг. Установлено, что традиционное зерновое сырье характеризуется недостаточным содержанием переваримого протеина, составляющим в среднем 8–12 %, дефицитом незаменимых аминокислот, прежде всего лизина и метионина, а также наличием значительной доли трудноусвояемых углеводов. Усвояемость крахмалистых полисахаридов зерна карпом не превышает 20–25 %. Рассмотрены направления повышения кормовой ценности зерна, включающие использование нетрадиционных зерновых культур, зерна ранней спелости и зернового вороха, побочных продуктов переработки зерна, проращивание, механическая и тепловая обработки. Использование нетрадиционных культур и вторичных продуктов переработки зерна способствует увеличению содержания белка в рационе и снижению стоимости кормов. Применение пророщенного зерна сопровождается улучшением аминокислотного состава и повышением витаминной ценности. Плющение, измельчение и тепловая обработка, включая экструзию, повышают доступность питательных веществ и эффективность использования корма. Сделан вывод о целесообразности дифференцированного выбора способов обработки зернового сырья с учетом ресурсного обеспечения хозяйств, производственных условий и экономической эффективности.

Ключевые слова: *аквакультура, рыба, корм, зерновые культуры, пшеница, обработка зерна, протеин, углеводы*

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской» (тема № FNFN-2025-0001).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

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

Для цитирования: Пахомов В. И., Брагинец С. В., Бахчевников О. Н. Повышение питательной ценности зерна, используемого для кормления карпа (обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):558–571. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.558-571

Поступила в редакцию: 26.06.2025 Принята к публикации: 14.05.2026
Доработана после рецензирования: 13.01.2026 Опубликована онлайн: 30.06.2026

Enhancing the nutritional value of grain used for carp feeding (review)

© 2026. Viktor I. Pakhomov[1,2], Sergey V. Braginets[1,2], Oleg N. Bakhchevnikov[1]✉
[1]*Agricultural Research Centre Donskoy, Zernograd, Russian Federation,*
[2]*Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation*

Common carp (Cyprinus carpio L.) aquaculture remains the foundation of global fish farming, whereas grain of wheat, barley and maize have traditionally served as the principal low-cost energy source in feeds. However, the extensive use of cereal feedstuffs is constrained by their limited biological value and insufficient digestibility of individual constituents. The aim of the study is to generalize and analyze information on methods for enhancing the nutritional value of grain used as feed for carp. The methodological framework comprised the search, selection, systematization and comparative analysis of scientific publications from domestic and international bibliographic databases covering the period of 2010–2025. It has been established that traditional grain raw materials are characterized by an insufficient content of digestible protein, averaging 8–12 %, a deficiency of essential amino acids, primarily lysine and methionine, as well as a significant proportion of poorly digestible carbohydrates. The digestibility of starchy polysaccharides in grain by carp does not exceed 20–25 %. The review examines approaches to improving the feed value of grain, including the use of non-traditional cereal crops, early-maturity grain and grain pile, grain processing by-products, germination, and mechanical and thermal processing. The utilization of non-traditional crops and grain processing by-products contributes to increased protein content in the diet and reduced feed costs. The use of germinated grain is accompanied by an improved amino acid profile and enhanced vitamin value. Rolling, grinding and thermal processing, including extrusion, increase nutrient availability and feed utilization efficiency.

The conclusion is drawn regarding the advisability of a differentiated selection of grain processing methods, taking into account the resource availability of farms, production conditions and economic efficiency.

Keywords: *aquaculture, fish, feed, cereals, wheat, cereal treatment, protein, carbohydrates*

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Agricultural Research Centre Donskoy (theme No. FNFN-2025-0001).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

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

For citation: Pakhomov V. I., Braginets S. V., Bakhchevnikov O. N. Enhancing the nutritional value of grain used for carp feeding (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):558–571. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.558-571

Received: 26.06.2025 Accepted for publication: 14.05.2026
Received: 13.01.2026 Published online: 30.06.2026

Аквакультура обыкновенного карпа (*Cyprinus carpio* L.) остается основой мирового рыбоводства [1]. Аквакультурное производство вида продолжает расти, увеличивается его поголовье и в России [2]. Быстрый рост обусловлен, в первую очередь, интенсификацией методов аквакультуры в последние десятилетия [3].

В Европе и России карпа в основном выращивают в искусственных прудах [4, 5]. Питание рыбы в них зависит как от естественных источников пищи (зоопланктона и зообентоса), так и от дополнительного корма [6, 7].

Основным недорогим источником сырья для кормов в полуинтенсивной аквакультуре карпа традиционно является зерно пшеницы, ячменя и кукурузы [8]. Его используют как в целом виде, так и после измельчения в качестве основного компонента в составе комбикорма.

Зерно играет важную роль в кормлении, обеспечивая энергией и необходимыми питательными веществами [9]. В рационе карпа оно может составлять значительную часть, особенно в периоды интенсивного роста и нагула [10]. По оценке Д. Хлавак (D. Hlavac), вклад зерна в прирост живой массы при полуинтенсивном разведении составляет примерно 35–50 % [11].

Кормление зерном насыщает карпа и избавляет его от возможного недостатка естественной пищи [10]. При этом зерно обеспечивает организм энергией в основном за счет распада содержащихся в нем углеводов [12], тогда как основным источником незаменимых аминокислот и жирных кислот остается естественная пища или кормовые добавки [13].

Недостатком зерна, как корма для карпа, является низкое содержание переваримого протеина (8–12 %), в том числе незаменимых аминокислот, особенно лизина и метионина [10]. Восполнять нехватку белка приходится путем включения в рацион рыб кормовых добавок и полнорационных комбикормов [14, 15]. Эти виды корма имеют значительно более высокую стоимость, чем зерно, поэтому применяются лишь как дополнение к основному зерновому рациону [16].

Несмотря на обилие углеводов в зерновом корме, их значительную часть составляют химические соединения, плохо усваиваемые организмом карпа [17]. К ним относятся крахмалистые полисахариды амилоза и амилопектин, усвояемость которых не превышает 20–25 % [12, 18]. Повысить их переваримость возможно, разрушив в результате обработки структуру молекул крахмала, переведя его в более простые легкоусвояемые углеводы – декстрины и сахара [19]. Кроме того, в составе зерна много некрахмалистых полисахаридов, которые не используются организмом карпа по причине отсутствия у него ферментов, обеспечивающих их расщепление [20].

Таким образом, для повышения питательной ценности зерна и улучшения усвояемости его компонентов необходимо использовать различные способы обработки, в том числе тепловой. При этом нужно заботиться о сохранности в зерне белка и витаминов. Также следует рассмотреть и альтернативные возможности повышения питательной ценности зернового сырья, используемого в кормлении карпа. Это тем более актуально, что в России часть сельхозпредприятий использует для кормления карпа чистое зерно, не подвергая его предварительной обработке.

Все вышеизложенное определило необходимость выполнения обзора и анализа возможных способов повышения питательной ценности зерна, используемого для кормления карпа, в том числе технологических приемов его механической и термической обработки.

Цель исследования – обобщение и анализ информации, посвященной способам повышения

питательной ценности зерна, используемого в качестве корма для карпа.

Материал и методы. Работа над обзором включала несколько ключевых этапов, начиная с поиска и отбора релевантной научной литературы, систематизации данных до обобщения и анализа выявленных закономерностей [21]. Процесс отбора и анализа статей базировался на методологии, предложенной М. Д. Питерс (M. D. Peters) [22] и В. Менгист (W. Mengist) [23], обеспечивающей максимальную полноту и систематичность обзора.

Поиск литературы осуществляли в авторитетных научных библиографических базах данных eLIBRARY, Google Scholar и ScienceDirect, а также в коллекциях научных издательств. Для повышения релевантности результатов поиск проводили по ключевым словам и их комбинациям на русском и английском языках. Особое внимание уделяли следующим типам научных публикаций: исследовательские статьи (Article); обзорные статьи (Review); обобщающие обзоры (Overview); главы из научных монографий (Chapter).

В обзор включены публикации, посвященные использованию нетрадиционных зерновых культур, зерна ранней спелости, пророщенного зерна и отходов его переработки, а также механической и термической обработок зерна как корма для карпа. Методы косвенного воздействия на переваримость (пробиотики, экзогенные ферменты) оставлены за рамками исследования.

Отбор литературы осуществляли по соответствию тематике и научной значимости; приоритет отдавали высокоцитируемым работам, за исключением недавно опубликованных. Дополнительно проводили анализ библиографических списков отобранных статей для выявления релевантных источников. Основной временной период – 2010–2025 гг. Более ранние работы привлекали при отсутствии современных данных по отдельным аспектам темы.

Таким образом, многоэтапный подход к поиску, отбору и анализу научной литературы позволил сформировать комплексное представление о современном состоянии проблемы, выявить ключевые тенденции и направления развития.

Основная часть. *Использование зерна нетрадиционных видов зерновых культур.* Зерно имеет низкое содержание протеина и незаменимых аминокислот. Эта особенность характерна для традиционных видов зерновых культур – мягкой пшеницы, ячменя, кукурузы и ржи, а также тритикале. Поэтому и появился интерес к изучению нетрадиционных видов зерновых культур с целью определения возможности использования их зерна в качестве корма для рыб.

Ю. А. Иванов и др. исследовали питательную ценность выращенной на юге России шарозерной пшеницы (*Triticum sphaerococcum* Percival) и установили, что ее зерно не превосходит по содержанию протеина другие зерновые культуры, но включает на 20–22 % больше незаменимых аминокислот, чем зерно мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), и имеет лучший аминокислотный профиль [24]. Недостатком зерна шарозерной пшеницы в качестве корма является бóльшее, чем у зерна мягкой пшеницы, содержание клетчатки – 20 % против 12 % (рис. 1) [25].

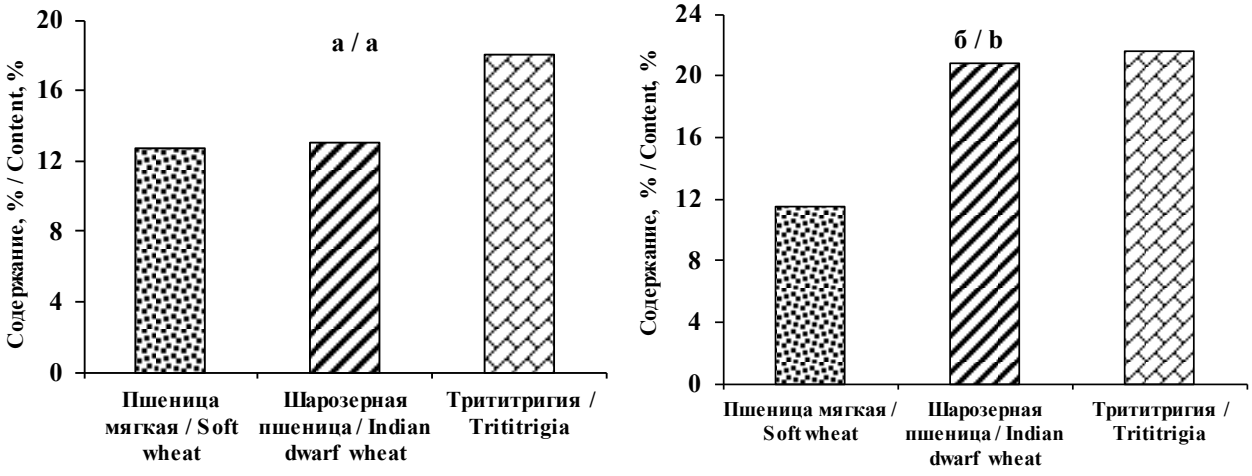

Рис. 1. **Содержание питательных веществ в зерне мягкой пшеницы, шарозерной пшеницы и трититригии: а – протеин; б – клетчатка [25] /**

Fig. 1. **Nutrient content in the grain of soft wheat, Indian dwarf wheat and trititrigia: a – protein; b – fiber [25]**

Как показали исследования О. Н. Бахчевникова и др., зерно трититригии (× *Tititrigia cziczinii* Tsvel), выращенной в Ростовской области, включает 18 % протеина, но при этом содержание клетчатки в нем достигает 21 % (рис. 1) [25]. Сходные результаты получены и Л. П. Ивановой и др. при оценке кормовой ценности культуры [26].

Таким образом, использование зерна шарозерной пшеницы и трититригии позволяет повысить содержание протеина в корме для карпа, но требует дополнительного применения ферментных препаратов для лучшего расщепления клетчатки.

Такого недостатка, как высокое содержание клетчатки, не имеет южноамериканская культура квиноа (*Chenopodium quinoa* Willd.). По данным С. М. Чаван (S. M. Chavan), зерно квиноа содержит 16 % протеина и лишь 7 % клетчатки [27]. При этом оно выгодно отличается от пшеницы сбалансированным аминокислотным профилем с высоким содержанием лизина [28]. С. М. Хуссейн (S. M. Hussain) провел опыты, в ходе которых заменял рыбную муку в составе корма для карпа на измельченное зерно квиноа и установил, что благодаря этому увеличился прирост массы рыбы [29]. Полученные данные свидетельствуют о том, что включение зерна квиноа в корм для карпа в количестве до 20 % положительно влияет на антиоксидантную активность и переваримость питательных веществ в организме рыб, а также на состав тушки. Квиноа еще не получила распространения в России, хотя ее сорта отечественной селекции уже внесены в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации с 2017 г. (патенты № 10093, 10094 и 10095).

В настоящее время ученые продолжают изучать различные виды нетрадиционных зерновых культур в поисках источников повышения питательной ценности кормов для карпа [30].

Использование зерна ранней спелости. Еще одним способом повышения питательной ценности кормов для карпа является использование зерна не полной, а ранней спелости, в частности молочной или восковой. Известно, что максимальное содержание протеина и незаменимых аминокислот в зернах мягкой пшеницы приходится на фазы начала и середины восковой спелости [31, 32]. Кроме того, на ранних стадиях созревания зерно пшеницы содержит значительно большее количество простых сахаров и меньшее количество клетчатки, чем полностью созревшее [31]. Высокая влажность зерна пшеницы ранней спелости, предположительно, будет способствовать усвояемости корма и лучшему использованию карпом, так как значительно сократится время, необходимое для увлажнения зерна водой, что является условием его потребления рыбой.

При использовании зерна мягкой пшеницы ранней спелости можно еще более повысить содержание в корме для карпа питательных веществ, применяя для его приготовления все части колоса, т. е. зерновой ворох, что подтвердили результаты исследований Ю. Ф. Лачуги и др. [33]. Зерновой ворох – это смесь зерна, колосков и связанной с ними половы. По данным О. Н. Бахчевникова и др., корм из этого вида сырья в стадии восковой спелости содержит 0,98 мг/кг β-каротина против 0,65 мг/кг в спелом зерне [25].

В исследованиях Ю. А. Иванова и др. [24] и О. Н. Бахчевникова и др. [25] было показано, что корм для карпа, приготовленный из зернового вороха пшеницы в стадии середины восковой спелости, содержит 14,9 % протеина и 5,03 % аминокислот против 12,7 и 4,65 % в зерне полной спелости соответственно (рис. 2). В работе Б. Ч. Месхи и др. была установлена динамика изменения содержания каждой из незаменимых аминокислот в зерновом ворохе озимой пшеницы и показано, что максимальное содержание большинства из них наблюдается в фазу BBCH 87 (твердая восковая спелость) [33].

В статьях Д. В. Рудого и др. были описаны результаты апробации комбикорма с зерновым ворохом пшеницы ранних фаз спелости для кормления карпа [34, 35]. В результате его использования увеличился прирост массы рыбы по сравнению с кормом на основе зерна полной спелости, при этом кормовой коэффициент изменился с 2,8 до 3,1, т. е. повысились затраты корма.

Препятствием для использования зерна и зернового вороха пшеницы ранней спелости для кормления карпа является сложность переработки сырья, так как существующие технологии и технические средства рассчитаны на использование только зерна полной спелости.

Использование отходов переработки зерна. Помимо самого зерна, в рацион карпа могут быть включены и отходы его переработки, содержащие большее количество протеина.

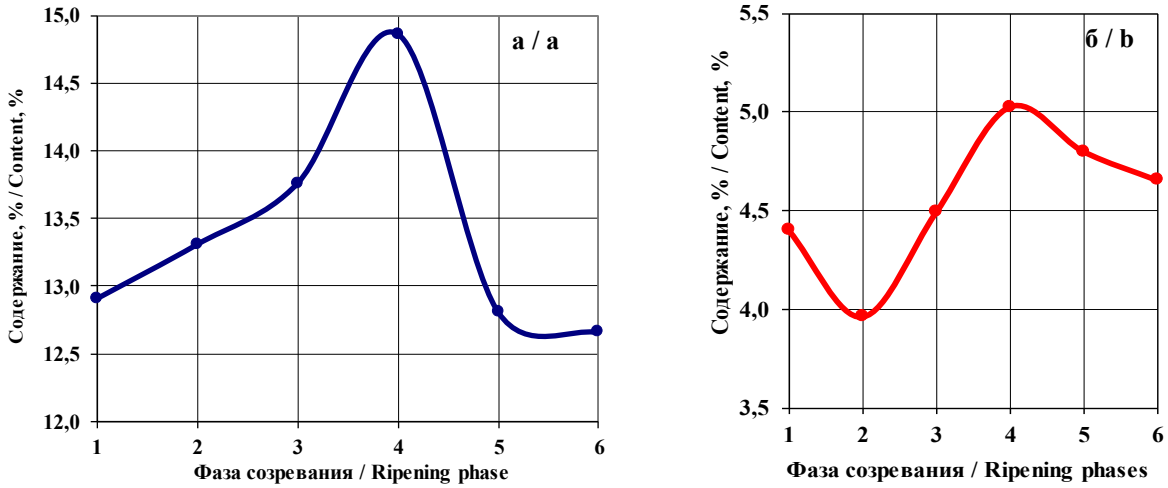

Рис. 2. **Изменение содержания протеина и незаменимых аминокислот в зерновом ворохе мягкой пшеницы в процессе созревания [25]: а – содержание протеина; б – содержание незаменимых аминокислот; 1 – молочная спелость; 2 – тестообразная спелость; 3 – начало восковой спелости; 4 – середина восковой спелости; 5 – конец восковой спелости; 6 – полная спелость /**

Fig. 2. **Changes in the content of protein and essential amino acids in the grain pile of soft wheat in the process of ripening [25]: a – protein content; b – essential amino acid content; 1 - milk ripeness; 2 - dough ripeness; 3 – beginning of waxy ripeness; 4 – middle of waxy ripeness; 5 – end of waxy ripeness; 6 – full ripeness**

Перспективным видом сырья для кормов является побочный продукт переработки зерна в спирт методом ферментации [36]. В России его называют сухая (послеспиртовая) барда, англоязычное обозначение – DDGS (Dried Distiller's Grain with Solubles – сухое ферментированное зерно с растворимыми веществами). DDGS содержит 23–30 % протеина, имея при этом низкую стоимость, что позволяет использовать его в качестве замены зерна в составе комбикормов для карпа.

К. А. Барбакариу и др. (C. A. Barbacariu et al.) сообщают, что кормление карпа рационом, включавшим 25 и 35 % DDGS, положительно повлияло на рост и развитие рыбы [37]. З. Дж. Шандор и др. (Z. J. Sándor et al.) установили, что экспериментальный корм для карпа, содержащий 40 % DDGS, способствовал более высоким темпам роста и лучшему использованию питательных веществ по сравнению с коммерческим кормом, а также увеличил чистую прибыль предприятия благодаря низкой себестоимости [38]. Н. Ревес и др. (N. Révész et al.) установили, что традиционные источники растительного белка могут быть заменены сухой бардой (до 40 % в рационе) без негативных последствий для роста и здоровья карпов [39]. Ж. В. Кошак и др. сообщают, что кормление рыбы рационом, содержащим сухую барду, не отразилось отрицательно на её физиологическом состоянии [40, 41].

Другим потенциальным видом зернового сырья для кормов в аквакультуре является побочный продукт приготовления пива из ячменя – высушенная пивная дробина (BSG – Brewers' Spent Grain), содержащая 19–25 % протеина [42]. В. И. Каур (V. I. Kaur) установил, что этот вид сырья может быть введен в рацион различных видов рыб, выращиваемых полуинтенсивным способом, в количестве до 30 % с положительным эффектом для их роста [43]. Д. К. Джей Морган и др. (D. K. J. Morgan et al.) сообщают, что пивную дробину можно вводить в состав корма для карпа в количестве до 40 % без вредных последствий [44]. Н. Н. Терещенко установлено, что добавление сухой дробины в корм для этого вида рыб обеспечило 11–15 % прибавки живого веса молоди к контролю [45]. Но следует учитывать, что пивная дробина включает в себя плохо усваиваемые организмом карпа оболочки ячменных зерен, которые характеризуются высоким содержанием клетчатки (30–35 %) [42].

Таким образом, побочные продукты переработки зерна имеют большой потенциал применения в качестве недорогого источника протеина для прудовой аквакультуры.

Использование пророщенного зерна. Еще одним способом повышения питательной ценности зерна является его предварительное проращивание, в результате которого улучшается аминокислотный профиль корма, в частности, увеличивается содержание лизина

и аргинина, а также повышается количество витаминов [46].

По данным И. И. Грициняк, благодаря использованию пророщенного зерна пшеницы для кормления двухлетков карпа его продуктивность увеличилась на 7,8–15,0 % по сравнению с рационом из цельного зерна, экономия корма составила 10,5 % (рис. 3) [47].

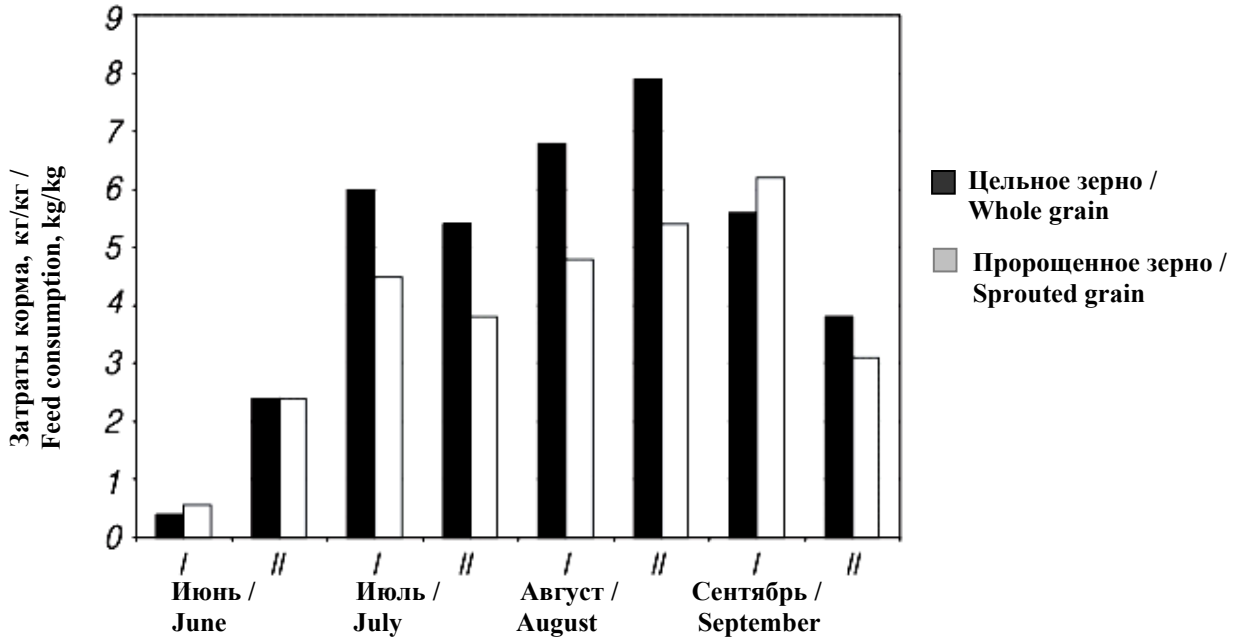

Рис. 3. **Затраты корма для кормления двухлетков карпа: *I* – первая половина месяца; *II* – вторая половина месяца [47] /**

Fig. 3. **Feed consumption for feeding two-year-old carps: *I* – first half of the month; *II* – second half of the month [47]**

Н. М. Абдулрахман (N. M. Abdulrahman) использовал зеленую часть пророщенного зерна пшеницы как кормовую добавку для карпа (дозы 25 и 50 г/кг) и добился бóльшего суточного прироста массы и относительной скорости роста рыбы, чем в контрольной группе [48]. В. М. Ахмед (V. M. Ahmed) включал в состав корма как зеленые побеги, так и пророщенные зерна пшеницы (дозы 10 и 15 г/кг) [49]. Использование дозировки 10 г/кг показало свою эффективность – наблюдали максимальный прирост массы и высокую удельную скорость роста карпа, при этом коэффициент конверсии корма составил 1,91.

Таким образом, пророщенное зерно, в особенности его зеленая часть, может быть использовано как кормовая добавка для карпа, улучшающая его рост, но определенную сложность представляет организация проращивания непосредственно в сельхозпредприятии.

Механическая обработка зерна. Традиционным способом повышения питательной ценности зерна является его предварительная механическая обработка – плющение и измельчение [9].

В процессе плющения зерно в стадии восковой спелости при влажности 35–40 % пропускают между вращающимися валами вальцовой плющилки, в результате чего разрушаются оболочки, что повышает усвояемость корма, особенно углеводов, входящих в его состав [50]. В результате разрушения оболочки крахмал эндосперма зерна подвергается интенсивному микробному и ферментативному гидролизу в кишечнике карпа [51].

По данным Дж. Масилко (J. Masilko), у карпа, получавшего корм из плющенного зерна, наблюдали значительно меньшую вариабельность массы по сравнению с особями, получавшими рацион с цельным зерном [51]. В другой статье Дж. Масилко (J. Másílko) сообщает, что особи, которых кормили плющеным зерном тритикале, достигли значительно (P<0,05) более высоких средних приростов массы (0,95 кг) и удельной скорости роста (0,68 %), чем карпы, которых кормили цельным зерном тритикале (0,86 кг и 0,61 % соответственно) [52].

Установлено, что плющение зерна снижает коэффициент конверсии корма (кормовой

коэффициент) для карпа на 12–15 % за счет повышения биологической доступности питательных веществ [53]. Значение этого показателя для плющеного зерна тритикале составило 1,43–1,50, превысив уровень для цельного зерна (1,7–1,9) за счет улучшения переваримости [52]. Таким образом, плющение зерна может стать эффективным средством повышения его питательной ценности при кормлении карпа.

Механическое измельчение зерна является традиционным способом его подготовки к скармливанию. Помол, уменьшая линейный размер частиц зерен, увеличивает площадь их поверхности, контактирующую с водой и ферментами в пищеварительном тракте карпа, сокращая длительность и улучшая переваривание корма, тем самым повышая конверсию корма [54].

Эффективность разведения карпа можно повысить, используя в качестве корма измельченное (дробленое) зерно вместо цельного [55]. Первичное дробление рационально проводить на валковых дробилках. По данным Дж. Масилко (J. Masilko), при кормлении карпа дробленым зерном разница в скорости роста различных особей была меньше, чем при использовании цельного, что является экономически важным преимуществом [53].

Однако чаще всего измельчение зерна используется для его подготовки к смешиванию с добавками, экструдирования или гранулирования. Эту операцию выполняют в молотковых дробилках. При производстве гранулированного или экструдированного корма следует учитывать, что молоди карпа весом 30–50 г для оптимального пищеварения требуются частицы корма размером 0,2–0,4 мм, тогда как рыбе товарного размера (более 1 кг) – 0,8–1,2 мм. При этом использование корма с величиной частиц более 2 мм увеличивает отходы на 29 % из-за его неполного переваривания [55, 56].

При приготовлении корма для мальков карпа требуется тщательное измельчение зернового сырья. С. Гао и др. (S. Gao et al.) исследовали влияние на молодь гибрида карпа (*Carassius gibelio* var. CAS V) с начальной массой 7 г гранулированного и экструдированного корма на основе измельченного зерна с величиной частиц от 104 до 260 мкм и установили, что их оптимальный размер составляет 163 мкм [57]. У мальков, получавших корм с величиной частиц 260 мкм, отмечено повреждение поверхности кишечника. В то же время потребление корма с размером частиц 104 и 115 мкм привело к снижению прироста массы. Таким образом, измельчение зернового сырья для корма, предназначенного для мальков карпа, до размера частиц менее 0,15 мм (150 мкм) нецелесообразно.

Измельчение зерна также непосредственно влияет на эффективность экструдированного и гранулированного корма. Результаты исследований показали, что степень измельчения зерна напрямую влияет на эффективность экструдированного корма для рыбы: при размере частиц менее 1 мм степень желатинизации крахмала в ходе тепловой обработки возрастает на 15–20 % по сравнению с более крупными фракциями [58]. Следует учесть, что для получения качественных водостойких гранул корма на основе зернового сырья в результате гранулирования оптимальной, по мнению исследователей, является фракция 1–3 мм [59], тогда как измельчение зерна до величины менее 0,5 мм ухудшает прочность и водостойкость гранул [60].

Тепловая обработка зерна. Существуют различные способы тепловой обработки зерна – поджаривание, пропаривание, экструзия. Они способствуют повышению усвояемости углеводов и протеина, но увеличивают себестоимость кормов. Под действием высокой температуры в зерне происходит желатинизация крахмала, что повышает его доступность для пищеварительных ферментов и переваримость [61]. Под действием нагрева в зерне также происходит термическая денатурация проламиновых белков, в результате чего улучшается их усвояемость организмом рыб [62].

С. Б. Абдулазиз (S. B. Abdulazeez) провел эксперимент, в ходе которого зерно кукурузы и ячменя обработали в течение 10 мин при температуре 121 ºС и атмосферном давлении в лабораторном автоклаве [63]. Результаты показали, что операция значительно повысила коэффициенты «видимой» переваримости питательных веществ зерна, использованного для кормления мальков карпа. Прирост их массы увеличился по сравнению с контролем.

Д. Хлавак (D. Hlavac) исследовал эффективность использования карпом термически обработанного зерна по сравнению с обычным [64, 65]. Зерно пшеницы предварительно выдерживали при температуре 100 ºС в конвективной сушилке в течение 90 с. Результаты опыта показали, что использование термически обра-

ботанного зерна улучшило показатели роста карпа и привело к снижению концентрации питательных веществ в сточных водах за счет улучшения их переваримости, при этом на 10 % снизился коэффициент конверсии корма.

В настоящее время все бóльшее распространение получает такой способ тепловой обработки зерна, как экструдирование (экструзия) [61]. В результате его применения существенно улучшается усвояемость белков и углеводов [66]. Опубликованы многочисленные работы, посвященные экструзии кормов для рыб [61, 66, 67], однако лишь немногие из них посвящены обработке корма для карпа. Это можно объяснить тем, что экструзия является энергоемким и дорогостоящим процессом, поэтому экструдированные корма применяют в основном для кормления ценных пород рыб. Кроме того, имеющиеся исследования посвящены экструдированию комбикормов, включающих зерновое сырье как один из компонентов, тогда как при выращивании карпа в небольших хозяйствах эффективным может быть и обработка только зерна без добавок.

Результаты исследований показали, что экструдированный корм имеет бóльшую питательную ценность, чем гранулированный, приготовленный из того же зернового сырья. Х. В. Ли (X. Q. Li) установил в результате эксперимента, что карпы, получавшие экструдированный корм на основе зерна ячменя и кукурузы, демонстрировали более высокий прирост массы и более низкий коэффициент конверсии корма, чем рыбы, получавшие гранулированный корм того же состава (рис. 4) [68].

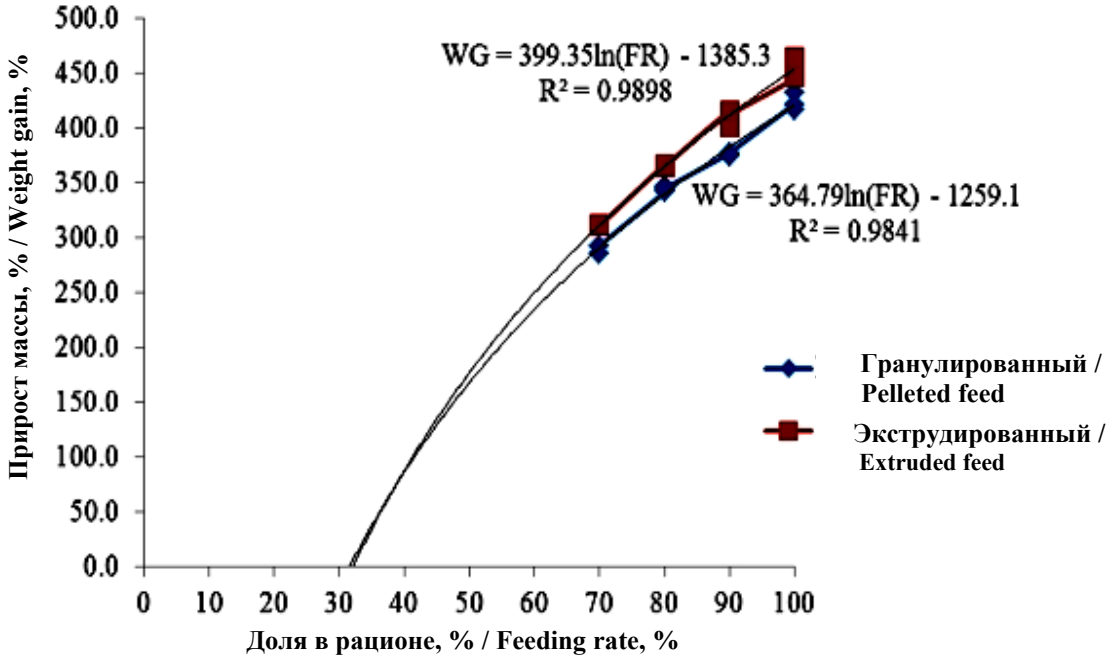

Рис. 4. **Сравнение прироста массы карпа (WG) в зависимости от типа корма [68] /**
Fig. 4. **Comparison of carp weight gain (WG) depending on feed type [68]**

По данным В. Ф. Радчика, экструзия зерна даёт менее выраженный эффект при кормлении карпа, чем теплокровных животных, что связано с особенностями функционирования пищеварительной системы всеядных рыб [69].

Таким образом, применяя такие виды термической обработки, как экструзия, можно значительно повысить питательную ценность зерновых кормов для карпа, что приведет к улучшению показателей его роста и повышению эффективности производства продукции аквакультуры.

Заключение. Зерно традиционно является основным видом сырья для приготовления кормов в аквакультуре карпа, обеспечивая рыбу энергией и питательными веществами. Однако, несмотря на его широкое использование, фуражное зерно имеет ряд недостатков, таких как низкое содержание протеина и незаменимых аминокислот, а также наличие трудноусвояемых углеводов. Для повышения питательной ценности зерна и улучшения его усвояемости карпом необходимо применять раз-

личные способы обработки, включая механическую и термическую обработки.

Повысить питательность корма также помогает использование в его составе нетрадиционных видов зерновых культур и отходов переработки зерна. Замена фуражного зерна на малоиспользуемые виды зерновых культур, такие как шарозерная пшеница, трититригия и квиноа, позволит увеличить содержание протеина и улучшить аминокислотный профиль корма для карпа. Однако эти культуры имеют высокое содержание клетчатки, что требует дополнительного введения ферментных препаратов.

Использование зерна и зернового вороха пшеницы ранней спелости в составе корма также способствует повышению питательной ценности кормов для карпа, однако требует разработки специальных технологий и технических средств для его переработки.

Отходы переработки зерна, такие как сухая барда и пивная дробина, представляют собой перспективные источники протеина для аквакультуры. Их использование позволяет снизить стоимость корма для карпа и улучшить его питательную ценность. Проращивание зерна также является эффективным способом повышения его питательной ценности, но требует организации технологического процесса непосредственно в хозяйстве.

Механическая обработка зерна – плющение и измельчение, улучшает его усвояемость и конверсию корма. Плющение позволяет разрушить оболочку зерен и повысить доступность крахмала для ферментов, а измельчение увеличивает площадь поверхности частиц и улучшает переваривание корма карпом.

Тепловая обработка зерна, такая как экструзия, способствует желатинизации крахмала и денатурации белков, что повышает усвояемость питательных веществ. Однако экструзия является энергоемким и дорогостоящим процессом, что ограничивает ее применение в небольших хозяйствах, выращивающих карпа.

Таким образом, существует множество способов повышения питательной ценности зерна и улучшения его усвояемости в аквакультуре карпа, актуальных и для российских условий. Выбор конкретного способа для предприятия зависит от доступности ресурсов, технологических возможностей и экономических соображений. Дальнейшие исследования в этой области будут способствовать разработке более эффективных и устойчивых методов обработки зернового сырья и приготовления кормов для карпа, что приведет к повышению продуктивности аквакультуры.

References

1. Rahman M.M. Role of common carp (*Cyprinus carpio*) in aquaculture production systems. Frontiers in Life Science. 2015;8(4):399–410. DOI: https://doi.org/10.1080/21553769.2015.1045629

2. Пищенко Е. В., Морузи И. В. Мировые тенденции и перспективы выращивания карпа. Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2022;16(3):164–177. DOI: https://doi.org/10.33920/sel-09-2203-01 EDN: PPSVGZ

Pishchenko E. V., Moruzi I. V. Global trends and prospects of carp cultivation. *Ribovodstvo i ribnoye khozyaystvo* = Fish Breeding and Fisheries. 2022;16(3):164–177. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.33920/sel-09-2203-01

3. Verdegem M., Buschmann A. H., Latt U. W., Dalsgaard A. J. T., Lovatelli A. The contribution of aquaculture systems to global aquaculture production. Journal of the World Aquaculture Society. 2023;54(2):206–250. DOI: https://doi.org/10.1111/jwas.12963

4. Vrba J., Šorf M., Nedoma J., Benedová Z., Kröpfelová L., Šulková J. et al. Top-down and bottom-up control of plankton structure and dynamics in hypertrophic fishponds. Hydrobiologia. 2024;851(5):1095–1111. DOI: https://doi.org/10.1007/s10750-023-05312-5

5. Науменкова А. В., Ханчина А. Р., Левкин Е. А., Базылев М. В., Линьков В. В. Производство рыбы в искусственных водоемах Беларуси. Экономические перспективы рыбоводства карпа. Ветеринарный журнал Беларуси. 2024;(1):92–96. Режим доступа: https://repo.vsavm.by/bitstream/123456789/24373/1/j-2024-1-92-96.pdf EDN: ECKGCI

Naumenkova A. V., Khanchina A. R., Levkin E. A., Bazilev M. V., Linkov V. V. Production of fish in artificial reservoirs of Belarus. Economic prospects for carp fish culture. *Veterinarny zhurnal Belarusi*. 2024;(1):92–96. (In Belarus). URL: https://repo.vsavm.by/bitstream/123456789/24373/1/j-2024-1-92-96.pdf

6. Adámek Z., Kajgrová L., Regenda J., Roy K. Carp pond aquaculture – Concordance of production and nature. Aquaculture Europe. 2023;48(1):6–15. DOI: https://doi.org/10.13140/RG.2.2.34095.82087

7. Морузи И. В., Митяев Е. М., Пищенко Е. В., Осинцева Л. А., Кропачев Д. В. Естественная кормовая база рыбоводных прудов и ее использование при выращивании сеголетков карпа. Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). 2023;(4):241–252.
DOI: https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-69-4-241-252 EDN: AMVSCY

Moruzi I. V., Mityayev E. M., Pishchenko E. V., Osintseva L. A., Kro-pachev D. V. Natural food base of fish culture ponds and its use in growing fellow of carp. *Vestnik NGAU (Novosibirsky gosudarstvenny agrarny universitet)* = Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University). 2023;(4):241–252. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.31677/2072-6724-2023-69-4-241-252

8. Roy K., Vrba J., Kajgrova L., Mraz J. The concept of balanced fish nutrition in temperate European fishponds to tackle eutrophication. Journal of Cleaner Production. 2022;364:132584.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132584

9. Ferenczi D., Bodnar K. The role of cereals in carp feeding (short review). Research Journal of Agricultural Science. 2024;56(1):77–83. URL: https://clck.ru/3NcXAn

10. Riha M., Rabaneda-Bueno R., Prchalova M., Kajgrová L., Vrba J., Meador T. B. et al. A fresh perspective on carp feeding behavior in an aquaculture pond and its consequences for individual growth. bioRxiv preprint. 2025. 41 p.
DOI: https://doi.org/10.1101/2025.01.27.635164

11. Hlaváč D., Adámek Z., Hartman P., Másílko J. Effects of supplementary feeding in carp ponds on discharge water quality: A review. Aquaculture International. 2014;22(1):299–320.
DOI: https://doi.org/10.1007/s10499-013-9718-6

12. Goh K. W., Abdul Kari Z., Wee W., Van Doan H., Hanif Reduan M. F., Kabir M. A. et al. The roles of polysaccharides in carp farming: A review. Animals. 2023;13(2):244. DOI: https://doi.org/10.3390/ani13020244

13. Roy K., Kajgrova L., Capkova L., Zabransky L., Petraskova E., Dvoraket P. et al. Synergistic digestibility effect by planktonic natural food and habitat renders high digestion efficiency in agastric aquatic consumers. Science of the Total Environment. 2024;927:172105. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172105

14. Markovic Z., Stankovic M., Raskovic B., Dulić Z., Živić I., Poleksić V. Comparative analysis of using cereal grains and compound feed in semi-intensive common carp pond production. Aquaculture International. 2016;24(6):1699–1723. DOI: https://doi.org/10.1007/s10499-016-0076-z

15. Астренков А. В., Радчиков В. Ф., Гадлевская Н. Н., Литвинчук К. Г. Влияние разных комбикормов на эффективность выращивания карпа. Зоотехническая наука Беларуси. 2021;56(1):140–146.
Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=47278493 EDN: JAQDJH

Astrenkov A. V., Radchikov V. F., Gadlevskaya N. N., Litvinchuk K. G. Effect of different compound feeds on efficiency of carp rearing. *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi* = Zootechnical Science of Belarus. 2021;56(1):140–146. (In Belarus). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=47278493

16. Радчиков В. Ф., Столович В. Н., Гадлевская Н. Н., Тютюнова М. Н., Астренков А. В., Литвинчук К. Г. Способ снижения себестоимости выращиваемого карпа. Зоотехническая наука Беларуси. 2021;56(1):278–285.
Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=47278510 EDN: CRBZSC

Radchikov V. F., Stolovich V. N., Gadlevskaya N. N., Tyutyunova M. N., Astrenkov A. V., Litvinchuk K. G. The ways to reduce the price cost of carp growing. *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi* = Zootechnical Science of Belarus. 2021;56(1):278–285. (In Belarus). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=47278510

17. Wu Y., Li R., Wu X., Guo W., Zhong W., Li Y. et al. Overexpression of growth hormone improved hepatic glucose catabolism and relieved liver lipid deposition in common carp (*Cyprinus carpio* L.) fed a high-starch diet. Frontiers in Endocrinology. 2022;13:1038479. DOI: https://doi.org/10.3389/fendo.2022.1038479

18. Fan Z., Wu D., Li C., Li J., Wang L., Zheng X. et al. Alternate feeding between high-and low-carbohydrate based diets improves the growth digestive capacity, liver glycometabolism for common carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture Reports. 2024;34:101920. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2024.101920

19. Anand G., Kumari P., Varghese T., Dar S. A. Feeding carbohydrates to fish: utilization and looking beyond energy nutrition. In book: Coldwater Fisheries and Aquaculture Management. 2023. pp. 279–289.
DOI: https://doi.org/10.1201/9781003369905

20. Xiao P., Wu Y., Sha H., Luio X., Zou G., Liang H. Effects of different carbohydrate levels in diets on growth performance and muscle nutritive value of ying carp and scattered-scaled mirror carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture Nutrition. 2025;(1):9966429. DOI: https://doi.org/10.1155/anu/9966429

21. Snyder H. Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. Journal of Business Research. 2019;104:333–339. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039

22. Peters M. D., Marnie C., Colquhoun H., Garritty Ch. M., Hempel S., Horsley T. et al. Scoping reviews: reinforcing and advancing the methodology and application. Systematic Reviews. 2021;10:263.
DOI: https://doi.org/10.1186/s13643-021-01821-3

23. Mengist W., Soromessa T., Legese G. Method for conducting systematic literature review and meta-analysis for environmental science research. MethodsX. 2020;7:100777.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.100777

24. Иванов Ю. А., Пахомов В. И., Брагинец С. В., Рудой Д. В., Бахчевников О. Н. Питательная ценность колосьев шарозерной пшеницы в качестве корма. Российская сельскохозяйственная наука. 2024;(2):30–33.
DOI: https://doi.org/10.31857/S2500262724020069 EDN: GTRCIP

Ivanov Yu. A., Pakhomov V. I., Braginets S. V., Rudoy D. V., Bakhchevnikov O. N. The nutritive value of indian dwarf wheat ears as feed. *Rossiyskaya selskokhozyaystvennaya nauka* = Russian Agricultural Sciences. 2024;(2):30–33. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.31857/S2500262724020069

25. Бахчевников О. Н., Брагинец С. В., Кравченко Н. С., Пахомов В. И. Колосья зерновых культур ранних фаз спелости как источник повышения питательной ценности кормов для рыб. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса. 2024;(2):230–240.
DOI: https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-02-28 EDN: GANUPU

Bakhchevnikov O. N., Braginets S. V., Kravchenko N. S., Pakhomov V. I. Cereal crops ears of early ripening stages as a source of increasing the nutritive value of fish feeds. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa*. 2024;(2):230–240. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-02-28

26. Иванова Л. П., Щуклина О. А., Ворончихина И. Н., Ворончихин В. В., Завгородний С. В., Энзенкрей Е. С., Комкова А. Д., Упелниек В. П. Перспективы использования новой сельскохозяйственной культуры трититригии (× *Tititrigia cziczinii* Tsvelev) в кормопроизводстве. Кормопроизводство. 2020;(10):13–16. DOI: https://doi.org/10.25685/krm.2020.43.35.001 EDN: MWYMIA

Ivanova L. P., Shchuklina O. A., Voronchikhina I. N., Voronchikhin V. V., Zavgorodny S. V., Enzenkrey E. S., Komkova A. D., Upelniek V. P. Prospects for use the new *Tititrigia crop* (×*Tititrigia cziczinii* Tsvelev) in feed production. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2020;(10):13–16. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.25685/krm.2020.43.35.001

27. Chavan S. M., Khadatkar A., Hasan M., Ahmad D., Kumar V., Jain N. K. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): paving the way towards nutraceuticals and value-added products for sustainable development and nutritional security. Applied Food Research. 2025;5(1):100673. DOI: https://doi.org/10.1016/j.afres.2024.100673

28. Oustani M., Mehda S., Halilat M. T., Chenchouni H. Yield, growth development and grain characteristics of seven Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotypes grown in open-field production systems under hot-arid climatic conditions. Scientific Reports. 2023;13(1):1991. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-023-29039-4

29. Hussain S. M., Noor M., Ali S., Khurram F., Hussain A. I., Hassan Arsalan M. Z. U. et al. Study on effect of *Chenopodium quinoa* on growth performance, carcass composition and antioxidant activity of *Oreochromis niloticus* and *Cyprinus carpio*. The Journal of Animal and Plant Sciences. 2024;34(5):1239–1248.
DOI: https://doi.org/10.36899/JAPS.2024.5.0806

30. Roumia H., Kókai Z., Mihály-Langó B., Csobod E. C., Benedek C. Ancient wheats – a nutritional and sensory analysis review. Foods. 2023;12(12):2411. DOI: https://doi.org/10.3390/foods12122411

31. Khalid A., Hameed A., Tahir M. F. Wheat quality: A review on chemical composition, nutritional attributes, grain anatomy, types, classification, and function of seed storage proteins in bread making quality. Frontiers in Nutrition. 2023;10:1053196. DOI: https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1053196

32. Лачуга Ю. Ф., Месхи Б. Ч., Пахомов В. И., Рудой Д. В., Камбулов С. И., Мальцева Т. А. Исследование изменения аминокислотного состава зерновых колосовых культур в процессе созревания. Инженерные технологии и системы. 2023;33(4):508–523. DOI: https://doi.org/10.15507/2658-4123.033.202304.508-523 EDN: HXYJQJ

Lachuga Yu. F., Meskhi B. Ch., Pakhomov V. I., Rudoy D. V., Kambu-lov S. I., Maltseva T. A. Study of changes in the amino acid composition of spiked cereals during the ripening process. *Inzhenerniye tekhnologii i sistemi* = Engineering Technologies and Systems. 2023;33(4):508–523. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.15507/2658-4123.033.202304.508-523

33. Meskhi B., Pakhomov V., Rudoy D., Maltseva T., Olshevsskaya A., Mazanko M. Early-maturity wheat as a highly valuable feed raw material with prebiotic activity. Agriculture. 2025;15(3):317.
DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture15030317

34. Рудой Д. В. Результаты апробации комбикорма с зерновым ворохом пшеницы ранних фаз спелости. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2023;(188):183–194. DOI: http://doi.org/10.21515/1990-4665-188-013 EDN: IWMDUL

Rudoy D. V. Results of approbation of compound feed with a grain heap of wheat of the early phases of ripeness. *Politematichesky setevoy elektronny nauchny zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2023;(188):183–194. (In Russ.). DOI: http://doi.org/10.21515/1990-4665-188-013

35. Rudoy D. V., Ponomareva E. N., Pakhomov V. I., Maltseva T. A., Starostin D. V., Martynyuk I. O. The use of specialized feeds with a grain pile of wheat in the early stages of ripeness and probiotic additives in the diet of juvenile carp. Journal of Agriculture and Environment. 2024;(12):6. DOI: https://doi.org/10.60797/JAE.2024.52.16

36. Ray G. W., Li X., He S., Lin H., Yang Q., Tan B. et al. A review on the use of dried distiller's grains with solubles (DDGS) in aquaculture feeds. Annals of Animal Science. 2022;22(1):21–42.
DOI: https://doi.org/10.2478/aoas-2021-0041

37. Barbacariu C. A., Rimbu C. M., Dirvariu L., Burducea M., Boiangiu R. S., Todirascu-Ciornea E., Dumitru G. Evaluation of DDGS as a low-cost feed ingredient for common carp (*Cyprinus carpio* Linneus) cultivated in a semi-intensive system. Life. 2022;12(10):1609. DOI: https://doi.org/10.3390/life12101609

38. Sándor Z. J., Révész N., Varga D., Tóth F., Ardó L., Gyalog G. Nutritional and economic benefits of using DDGS (distiller'dried grains soluble) as feed ingredient in common carp semi-intensive pond culture. Aquaculture Reports. 2021;21:100819. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2021.100819

39. Révész N., Havasi M., Lefler K. K., Hegyi A., Ardó L., Sándor Z. Protein replacement with dried distiller's grain with solubles (DDGS) in practical diet of common carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation. 2019;12(4):1174–1188. URL: http://www.bioflux.com.ro/docs/2019.1174-1188.pdf

40. Кошак Ж. В., Гаддевская Н. Н., Дегтярик С. М. Физиологическое состояние карпа при использовании в рационе сухой зерновой послеспиртовой барды. Перспективные технологии аквакультуры: мат-лы Всеросс. научн.-практ. конф. с международ. участием (Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 18 – 19 мая 2021 г). М.: изд-во «Перо», 2021. С. 127–132. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=47083498&pff=1
EDN: ECZHFP

Koshak Zh. V., Gaddevskaya N. N., Degtyarik S. M. Physiological condition of carp when using dry grain post-alcoholed bard in the diet. Promising technologies of aquaculture: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation (Moscow, Crocus Expo International Exhibition Center, May 18-19, 2021). Moscow: *izd-vo «Pero»*, 2021. pp. 127–132. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=47083498&pff=1

41. Кошак Ж. В., Гадлевская Н. Н. Влияние разных доз сухой зерновой послеспиртовой барды на рост карпа. Перспективные технологии аквакультуры: мат-лы Всеросс. научн.-практ. конф. с международ. участием (Москва, МВЦ «Крокус Экспо», 18 – 19 мая 2021 г). М.: изд-во «Перо», 2021. С. 133–138.
Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=47083499&pff=1 EDN: LSCLGD

Koshak Zh. V., Gadlevskaya N. N. Influence of different doses of dry grain after-alcoholic bard on carp growth. Promising technologies of aquaculture: Proceedings of the All-Russian scientific and practical conference with international participation (Moscow, Crocus Expo International Exhibition Center, May 18-19, 2021). Moscow: *izd-vo «Pero»*, 2021. pp. 133–138. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=47083499&pff=1

42. San Martin D., Orive M., Iñarra B., Castelo J., Estévez A., Nazzaro J. et al. Brewers' spent yeast and grain protein hydrolysates as second-generation feedstuff for aquaculture feed. Waste and Biomass Valorization. 2020;11:(10):5307–5320. DOI: https://doi.org/10.1007/s12649-020-01145-8

43. Kaur V. I., Saxena P. K. Incorporation of brewery waste in supplementary feed and its impact on growth in some carps. Bioresource Technology. 2004;91(1):101–104. DOI: https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00073-7

44. Morgan D. K. J., Verbeek C. J. R., Rosentrater K. A., Hicks B. J. The palatability of flavoured novel floating pellets made with brewer's spent grain to captive carp. New Zealand Journal of Zoology. 2013;40(2):170–174. DOI: https://doi.org/10.1080/03014223.2012.719912

45. Терещенко Н. Н., Кравец А. В., Минаева О. М. Биоконверсия отходов пивоваренной промышленности в кормовое сырье – перспективный путь повышения эффективности аквакультуры. Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2020;(4):47–59.

Tereshchenko N. N., Kravets A. V., Minayeva O. M. Bioconversion of brewing industry wastes to feed raw materials is a promising wayto increas the efficiency of aquaculture. *Ribovodstvo i ribnoye khozyaystvo* = Fish Breeding and Fisheries. 2020;(4):47–59. (In Russ.).

46. Hübner F., Arendt E. K. Germination of cereal grains as a way to improve the nutritional value: a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2013;53(8):853–861.
DOI: https://doi.org/10.1080/10408398.2011.562060

47. Грициняк І. І. Використання пророщеного зерна пшениці в годівлі дволіток коропа. Рибогосподарська наука України. 2008;(1):34–41. Режим доступа: https://oaji.net/articles/2015/2115-1434972682.pdf

Gritsinyak I. I. Use of germinated wheat grain in feeding two-year-old carp. *Ribogospodarska nauka Ukraïni*. 2008;(1):34–41. (In Ukraine). URL: https://oaji.net/articles/2015/2115-1434972682.pdf

48. Abdulrahman N. M., Sadeeq E. T. The effects of using germinated wheat on *Cyprinus carpio* L. productive and developmental performances. ProEnvironment Promediu. 2022;15(50):162–169.
URL: https://journals.usamvcluj.ro/index.php/promediu/article/view/14548

49. Ahmed V. M. Effects of adding germinated wheat green part and seed to the diet on common carp (*Cyprinus carpio* L.): growth performance, somatic indices, and hemato-biochemical responses. Journal of Kirkuk University for Agricultural Sciences. 2024;15(2):81–91.
URL: https://iasj.rdd.edu.iq/journals/uploads/2025/05/20/b0c683d5d94c03238d8f5aa9d20fec23.pdf

50. Романьский Л., Чигарев О. Ю. Определение кинематических и динамических параметров процесса плющения зерна. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2009;(2):75–78.
URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=12419102 EDN: JKPJBX

Romansky L., Chigarev O. Yu. Determination of kinematic and dynamic parameters of the grain flattening process. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2009;(2):75–78. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=12419102

51. Másílko J., Hartvich P., Rost M., Urbánek M., Hlaváč D., Dvořák P. Potential for improvement of common carp production efficiency by mechanical processing of cereal diet. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2014;14(1):143–153. DOI: https://doi.org/10.4194/1303-2712-v14_1_16

52. Másílko J., Bláha M., Hlaváč D., Vejsada P. The effects of using mechanically modified cereals on the growth, feed conversion, fat content and fillet yield of market size common carp grown in ponds. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 2015;15(3):593–600. DOI: https://doi.org/10.4194/1303-2712-v15_3_02

53. Hlaváč D., Másílko J., Anton-Pardo M., Hartman P., Regenda J., Vejsada P. et al. Compound feeds and cereals as potential tools for improved carp *Cyprinus carpio* production. Aquaculture Environment Interactions. 2016;8:647–657. DOI: https://doi.org/10.3354/aei00206

54. Gatlin III D. M., Barrows F. T., Brown P., Dabrowski K., Gaylord T.G., Hardy R. W. et al. Expanding the utilization of sustainable plant products in aquafeeds: a review. Aquaculture Research. 2007;38(6):551–579. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01704.x

55. Przybyl A., Mazurkiewicz J. Nutritive value of cereals in feeds for common carp (*Cyprinus carpio* L.). Czech Journal of Animal Science. 2004;49(7):307–314. URL: https://cjas.agriculturejournals.cz/pdfs/cjs/2004/07/04.pdf

56. Hasan M. R., Macintosh D. J. Optimum food particle size in relation to body size of common carp, *Cyprinus carpio* L., fry. Aquaculture Research. 1992;23(3):315–325.
DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.1992.tb00774.x

57. Gao S., Jin J., Liu H., Han D., Zhu X., Yang Yu., Xie S. Effects of pelleted and extruded feed of different ingredients particle sizes on feed quality and growth performance of gibel carp (*Carassius gibelio* var. CAS V). Aquaculture. 2019;511:734236. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734236

58. Lancheros J. P., Espinosa C. D., Stein H. H. Effects of particle size reduction, pelleting, and extrusion on the nutritional value of ingredients and diets fed to pigs: a review. Animal Feed Science and Technology. 2020;268:114603. DOI: https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114603

59. Nielsen S. K., Mando M., Rosenorn A. B. Review of die design and process parameters in the biomass pelleting process. Powder Technology. 2020;364:971–985. DOI: https://doi.org/10.1016/j.powtec.2019.10.051

60. Muramatsu K., Massuquetto A., Dahlke F., Maiorka A. Factors that affect pellet quality: a review. Journal of Agricultural Science and Technology. 2015;9(2):717–722. DOI: https://doi.org/10.17265/2161-6256/2015.09.002

61. Zhao Y., Dang X., Du H., Wang D., Zhang J., Liu R. et al. Understanding the impact of extrusion treatment on cereals: insights from alterations in starch physicochemical properties and in vitro digestion kinetics. Animals. 2024;14(21):3144. DOI: https://doi.org/10.3390/ani14213144

62. Offiah V., Kontogiorgos V., Falade K. O. Extrusion processing of raw food materials and by-products: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2019;59(18):2979–2998.
DOI: https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1480007

63. Abdulazeez S. B., Al-Tameemi R. A. Effects of thermal treatment of some dietary feed ingredients on their digestibility and growth of common carp, *Cyprinus carpio* fingerlings. International Journal of Aquatic Biology. 2023;11(6):551–562. DOI: https://doi.org/10.22034/ijab.v11i6.2106

64. Hlaváč D., Másílko J., Hartman P., Bláha M., Pechar L., Anton-Pardo M., Adámek Z. Effects of common carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) supplementary feeding with modified cereals on pond water quality and nutrient budget. Journal of Applied Ichthyology. 2015;31:30–37. DOI: https://doi.org/10.1111/jai.12850

65. Hlaváč D., Anton-Pardo M., Másílko J., Hartman P., Regenda J., Vejsada P. et al. Supplementary feeding with thermally treated cereals in common carp (*Cyprinus carpio* L.) pond farming and its effects on water quality, nutrient budget and zooplankton and zoobenthos assemblages. Aquaculture International. 2016;24(6):1681–1697. DOI: https://doi.org/10.1007/s10499-016-0059-0

66. Moreno C. R., Fernández P. C. R., Rodríguez E. O. C., Carrillo J. M., Rochin S. M. Changes in nutritional properties and bioactive compounds in cereals during extrusion cooking. Extrusion of Metals, Polymers and Food products. 2018. Chapter 6. pp. 104–124. DOI: https://doi.org/10.5772/intechopen.68753

67. Delgado E., Reyes-Jaquez D. Extruded Aquaculture Feed: A Review. Extrusion of Metals, Polymers and Food Products. 2018. Chapter 6. pp. 145–163. DOI: https://doi.org/10.5772/intechopen.69021

68. Li X. Q., Xu H. B., Sun W. T., Xu X.-Y., Xu Z., Leng X.-J. Grass carp fed a fishmeal-free extruded diet showed higher weight gain and nutrient utilization than those fed a pelleted diet at various feeding rates. Aquaculture. 2018;493:283–288. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2018.04.058

69. Радчиков В. Ф., Столович В. Н., Гадлевская Н. Н., Астренков А. В. Повышение эффективности выращивания карпа. Жодино: Научно-практический центр НАН Беларуси по животноводству, 2010. 102 с.

Radchikov V. F., Stolovich V. N., Gadlevskaya N. N., Astrenkov A. V. Improving the efficiency of carp farming. Zhodino: *Nauchno-prakticheskiy tsentr NAN Belarusi po zhivotnovodstvu*, 2010. 102 p.

Вклад авторов: Пахомов В. И. – концепция и план исследований; Брагинец С.В., Бахчевников О. Н. – концепция и план исследований, анализ данных, подготовка рукописи.

Сведения об авторах

Виктор Иванович Пахомов, доктор техн. наук, член-корреспондент РАН, директор, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», ул. Научный городок 3, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, 347740, e-mail: vniizk30@mail.ru; заведующий кафедрой «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», пл. Гагарина 1, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, 344000, e-mail: reception@donstu.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8715-0655

Сергей Валерьевич Брагинец, доктор техн. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», ул. Научный городок 3, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, 347740, e-mail: vniizk30@mail.ru; профессор кафедры «Технологии и оборудование переработки продукции агропромышленного комплекса», ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», пл. Гагарина 1, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация, 344000, e-mail: reception@donstu.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7137-5692

✉ **Олег Николаевич Бахчевников**, кандидат техн. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Аграрный научный центр «Донской», ул. Научный городок 3, г. Зерноград, Ростовская область, Российская Федерация, 347740, e-mail: vniizk30@mail.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3362-5627**, e-mail: oleg-b@list.ru

Author Contributions*:* Pakhomov V. I. – research concept and plan; Braginets S. V., Bakhchevnikov O. N. – research concept and plan, data analysis, manuscript preparation.

Information about the authors

Viktor I. Pakhomov, DSc in Engineering, Corresponding member of RAS, Director, Agricultural Research Centre Donskoy, 3 Nauchny Gorodok St., Zernograd, Rostov Region, Russian Federation, 347740, e-mail: vniizk30@mail.ru; Head of the Department of Technologies and Equipment for Processing Agricultural Products, Don State Technical University, 1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, Russian Federation, 344000, e-mail: reception@donstu.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8715-0655**

Sergey V. Braginets, DSc in Engineering, leading researcher, Agricultural Research Centre Donskoy, 3 Nauchny Gorodok St., Zernograd, Rostov Region, Russian Federation, 347740, e-mail: vniizk30@mail.ru; Professor at the Department of Technologies and Equipment for Processing Agricultural Products, Don State Technical University, 1 Gagarin Square, Rostov-on-Don, Russian Federation, 344000, e-mail: reception@donstu.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7137-5692

✉ **Oleg N. Bakhchevnikov**, PhD in Engineering, senior researcher, Agricultural Research Centre Donskoy, 3 Nauchny Gorodok St., Zernograd, Rostov Region, Russian Federation, 347740, e-mail: vniizk30@mail.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3362-5627**, e-mail: oleg-b@list.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.572–582
УДК 633.14:631.526.32:636.085.51

(cc) BY

Формирование кормовой продуктивности и питательной ценности зеленой массы озимой ржи в условиях Кировской области

© 2026. Н. А. Набатова✉, М. Г. Шамова
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

Работа выполнена в почвенно-климатических условиях Кировской области. Цель исследования – изучение кормовой продуктивности районированных сортов озимой ржи Вятка 2, Фаленская 4, Флора и выявление оптимальных сроков скашивания, обеспечивающих максимальный сбор зеленой массы с высокой питательной ценностью. Исследования проводили в течение 6 лет (2019, 2020, 2022–2025 гг.). Скашивание зеленой массы осуществляли в 3 фазах вегетации: выход в трубку (15–22 мая), флаговый лист (24 мая – 6 июня), колошение (29 мая – 19 июня). Установлено, что урожайность зеленой массы возрастала по фазам вегетации от 6,05–8,14 т/га (фаза выхода в трубку) до 20,27–25,13 т/га (фаза колошения). Наибольшую продуктивность по сбору зеленой (17,29 т/га) и сухой (3,81 т/га) масс показала Вятка 2. Сорт Флора продемонстрировал урожайность зеленой массы на уровне высокостебельного Вятка 2 (16,24 т/га), а сорт Фаленская 4 существенно уступил обоим сортам – 13,61 т/га. Высота растений и их облиственность различались по сортам и фазам вегетации. В фазу выхода в трубку не все сорта достигли укосной спелости: высота растений Вятка 2 составила 46 см, Фаленская 4 и Флора – 33 см. К фазе флагового листа высота растений всех сортов выросла в 2 раза, а к фазе колошения – еще в 1,5 раза. В целом сорта Фаленская 4 и Флора уступали Вятке 2 по высоте на 28–31 %. Коэффициент корреляции между высотой растений и сбором зеленой массы составил 0,81–0,90. Облиственность при скашивании в начале весенней вегетации была высокой (Вятка 2 – 77 %, Фаленская 4 – 80 %, Флора – 79 %) и снизилась к фазе колошения в 1,7–2,1 раза (до 36, 44, 46 % соответственно). В ходе биохимического анализа выявлено, что содержание протеина и клетчатки, а также уровень фосфора и кальция варьирует в зависимости от сорта и даты скашивания, при этом прослеживалась тенденция к повышению содержания протеина и кальция в ранние сроки отбора; увеличение доли клетчатки и фосфора – в более поздние сроки сбора зеленой массы.

Ключевые слова: *Secale cereale* L., *сорт, зеленый корм, сухая масса, высота растений, облиственность, химический состав*

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № FNWE-2022-0007).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Набатова Н. А., Шамова М. Г. Формирование кормовой продуктивности и питательной ценности зеленой массы озимой ржи в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):572–582. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.572-582

Поступила в редакцию: 10.03.2026 Принята к публикации: 26.05.2026
Доработана после рецензирования: 30.03.2026 Опубликована онлайн: 30.06.2026

Formation of fodder productivity and nutritional value of the green mass of winter rye in the conditions of the Kirov region

© 2026. Natalia A. Nabatova✉, Marina G. Shamova
Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The research was carried out in the soil and climatic conditions of the Kirov region. The aim of the research was to study the forage productivity of zoned cultivars of winter rye – 'Vyatka 2', 'Falenskaya 4' and 'Flora', and to identify optimal mowing times that ensure maximum harvesting of green mass with high nutritional value. The research was conducted for 6 years (2019, 2020, 2022–2025). Mowing of the green mass was carried out in 3 phases of vegetation: booting (May 15–22), flag leaf (May 24 – June 6) and heading (May 29 – June 19). It has been established that the yield of green mass increases in the phases of cultivation – from 6.05–8.14 t/ha in the booting phase to 20.27–25.13 t/ha in the heading phase. The cultivar 'Vyatka 2' showed the highest productivity in harvesting green mass (17.29 t/ha) and dry mass (3.81 t/ha). The cultivar 'Flora' demonstrated the yield in harvesting green mass at the level of the high–stemmed 'Vyatka 2' cultivar (16.24 t/ha), while the cultivar ' Falenskaya 4' significantly lagged behind both cultivars, yielding 13.61 t/ha. The height of the plants and their foliage varied by the cultivars and phases of vegetation. During the booting stage, not all cultivars reached the cutting stage: the height of the 'Vyatka 2' cultivar was 46 cm, while the 'Falenskaya 4' and 'Flora' cultivars reached only 33 cm. By the flag

leaf stage, the height of all cultivars had doubled, and by the heading stage, it had increased by additional 1.5 times. Overall, the 'Falenskaya 4' and 'Flora' cultivars remained 28–31 % shorter than 'Vyatka 2'. The correlation coefficients between the plant height and green mass yield ranged from 0.81 to 0.90. The leafiness at mowing in the early spring growing season was high ('Vyatka 2' – 77 %, 'Falenskaya 4' – 80 %, 'Flora' – 79 %) and decreased 1.7–2.1 times by the heading stage (to 36 %, 44 and 46 % respectively). Biochemical analysis revealed that the content of protein and fiber, as well as the levels of phosphorus and calcium, varied depending on the cultivar and the mowing date. There was a tendency for protein and calcium levels to be higher in early sampling periods, while the proportion of fiber and phosphorus increased in later green mass harvests.

Keywords: *Secale sereale* L., *cultivar, green fodder, dry mass, plant height, leafiness, chemical composition*

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. FNWE-2022-0007).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Nabatova N. A., Shamova M. G. Formation of fodder productivity and nutritional value of the green mass of winter rye in the conditions of the Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):572–582. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.572-582

Received: 10.03.2026
Received after review: 30.03.2026
Accepted for publication: 26.05.2026
Published online: 30.06.2026

Озимая рожь (*Secale cereale* L.) – одна из основных сельскохозяйственных культур в России, которая находит широкое применение на территориях с неблагоприятными климатическими и почвенными условиями, в их числе Северо-Восточный регион Европейской части РФ. Основное хозяйственное значение озимой ржи связано с производством зерна, которое используется как в пищевой промышленности, так и кормопроизводстве [1, 2]. Между тем биологические особенности и агротехнические преимущества культуры позволяют эффективно использовать и ее зеленую массу в качестве корма. Благодаря раннему старту вегетации озимая рожь формирует пригодную для скармливания массу в те сроки, когда большинство других кормовых культур еще не успело достичь нужной фазы развития. Это помогает преодолеть дефицит кормов в начале вегетационного периода, гарантируя животным доступ к свежему, богатому питательными веществами корму после долгих месяцев ограниченного рациона. Вследствие высокой скорости нарастания биомассы в весенние месяцы озимая рожь способна давать значительные объемы зеленой массы уже к концу мая – началу июня, что делает ее ценным компонентом кормовых севооборотов [3, 4, 5]. Кормовая ценность зеленой массы озимой ржи определяется сбалансированным содержанием основных питательных веществ. В ранние фазы вегетации (выход в трубку и флаговый лист) растения характеризуются высоким уровнем сырого протеина – до 15–20 %, что сопоставимо с показателями бобовых трав [6, 7]. Кроме того, зеленая масса богата легкопереваримыми углеводами, комплексом макро- и микроэлементов, которые обеспечивают высокую энергетическую ценность корма и способствуют эффективному пищеварению сельскохозяйственных животных [8, 9, 10]. Важным преимуществом озимой ржи как кормовой культуры является ее устойчивость к неблагоприятным погодным условиям. Культура демонстрирует высокую зимостойкость и способность быстро возобновлять вегетацию при низких положительных температурах, что обеспечивает стабильное формирование зеленой массы, даже в условиях возвратных заморозков [11].

Разнообразие сортов озимой ржи, различающихся по морфологическим и физиологическим признакам (в т. ч. по типу короткостебельности, темпам роста и облиственности), открывает широкие возможности для подбора генотипов, оптимально сочетающих высокую урожайность зеленой массы и ее питательную ценность. При этом динамика накопления биомассы и изменения химического состава в ходе вегетации требуют тщательного изучения – поскольку с переходом к более поздним фазам (от выхода в трубку к колошению) увеличивается общий объем зеленой массы, но одновременно снижается доля листьев и концентрация протеина, а содержание клетчатки возрастает [12, 13]. Для оптимизации кормовой продуктивности целесообразно высевать 2-3 сорта озимой ржи с разными сроками укосной спелости. Это обеспечивает бесперебойное поступление зеленого корма с высокими питательными показателями в течение продолжительного периода[1].

[1]Зеленая масса ржи – корм [Электронный ресурс]. URL: https://direct.farm/post/zelenaya-massa-rzhi-korm-9448 (дата обращения: 17.02.2026).

Цель исследования **–** оценить кормовую продуктивность районированных сортов озимой ржи селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (Вятка 2, Фаленская 4, Флора), выявить оптимальные сроки скашивания для получения максимального объема зеленой массы с высокой питательной ценностью.

Научная новизна – в условиях Кировской области проведена комплексная оценка кормовой продуктивности востребованных в производстве сортов озимой ржи с учетом их генетических и морфологических особенностей – в частности, различий между высокостебельными и короткостебельными сортами. Проанализировано содержание важнейших биохимических компонентов (в т. ч. сырого протеина и сырой клетчатки) в зеленой массе озимой ржи в трех фазах вегетации.

Материал и методы. Исследования проведены в 2019, 2020 и 2022–2025 гг. на опытном поле ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока (г. Киров). Объектами исследования служили районированные сорта селекции ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока: Вятка 2, характеризующийся рецессивно-полигенным типом короткостебельности; Фаленская 4 и Флора, обладающие доминантно-моногенным типом короткостебельности. Скашивание зеленой массы выполняли в период весенне-летней вегетации в 3 фазы: выход в трубку (15–22 мая); флаговый лист (24 мая – 6 июня); колошение (29 мая – 19 июня). Учетная площадь, с которой проводили скашивание зеленой массы, составляла 1 м^2. Повторность опыта 3-кратная. Биохимические показатели качества образцов (протеин, клетчатка, фосфор и кальций) определяли на приборе Инфраскан-М 4200. Проба содержала все части растений: листья, стебель и колос (при последнем сроке скашивания). Статистическая обработка исследований проведена методами двухфакторного дисперсионного и корреляционного анализов с использованием программ Agros 2.07 и Microsoft Office Excel 2016.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая тяжелосуглинистая окультуренная, с агрохимическими показателями: гумус 1,37 % (по методу Тюрина); подвижный фосфор – 190 мг/кг, обменный калий – 221 мг/кг почвы (по методу Кирсанова); pH солевой вытяжки – 4,0. В рамках агротехнических мероприятий ежегодно проводили весеннюю подкормку посевов аммиачной селитрой (N_{30}) из расчета 1 ц/га и внесение нитроаммофоски ($N_{16}P_{16}K_{16}$) в предпосевную культивацию – 2,5–3,0 ц/га.

Условия осенних периодов вегетации озимой ржи в сезоны 2018/2019, 2019/2020, 2021/2022 и 2022/2023 гг. были достаточно благоприятными для формирования дружных всходов, активного кущения и подготовки растений к перезимовке. Метеорологические условия весенне-летних периодов (апрель – июнь) в годы наблюдений показали значительную неоднородность. Дефицитом осадков в весенний период характеризовался 2019 г.: в апреле выпало лишь 44 % осадков от нормы, в мае – 65 % (рис. 1). Недостаток влаги негативно повлиял на формирование зеленой массы озимой ржи. Весной 2020 г. отмечали избыточное увлажнение: количество осадков в апреле составило 247 % от нормы, в мае – 153 %. Такие условия привели к переувлажнению и замедлению темпов роста в начале весеннего периода вегетации. Стабильно прохладным и влажным режимом на протяжении всех трех месяцев (апрель – июнь) отличался 2022 г. Пониженные температуры (на 0,1–3,4 °С ниже нормы) (рис. 2) в сочетании с избыточным увлажнением потенциально замедляли темпы вегетации: фазы флагового листа растения достигли только 6 июня, что на 2–13 дней позже, чем в другие опытные годы. Наиболее благоприятные условия для весенней вегетации ржи сложились в 2023 г. – умеренная теплообеспеченность и увлажненность, близкая к климатической норме (75…85 %), создали предпосылки для хорошего нарастания биомассы.

В сезоне 2023/2024 г. (урожай 2024 г.) зафиксирован дефицит влаги в период осенней вегетации (сентябрь – октябрь 2023 г.), что затруднило появление всходов озимой ржи. Дополнительно негативный эффект усилился весной 2024 г.: отмечен избыток влаги в весенний период – в апреле осадки составили 132 % от нормы, в мае – 137 %.

Осенняя вегетация 2024 г. также сопровождалась недостаточным увлажнением (от 39 до 78 % осадков от нормы), что негативно повлияло на полевую всхожесть озимой ржи. Период весенне-летней вегетации 2025 г. сложился наиболее влажным за все годы наблюдений: с апреля по июнь сохранялось избыточное увлажнение (от 116 до 166 % осадков от нормы).

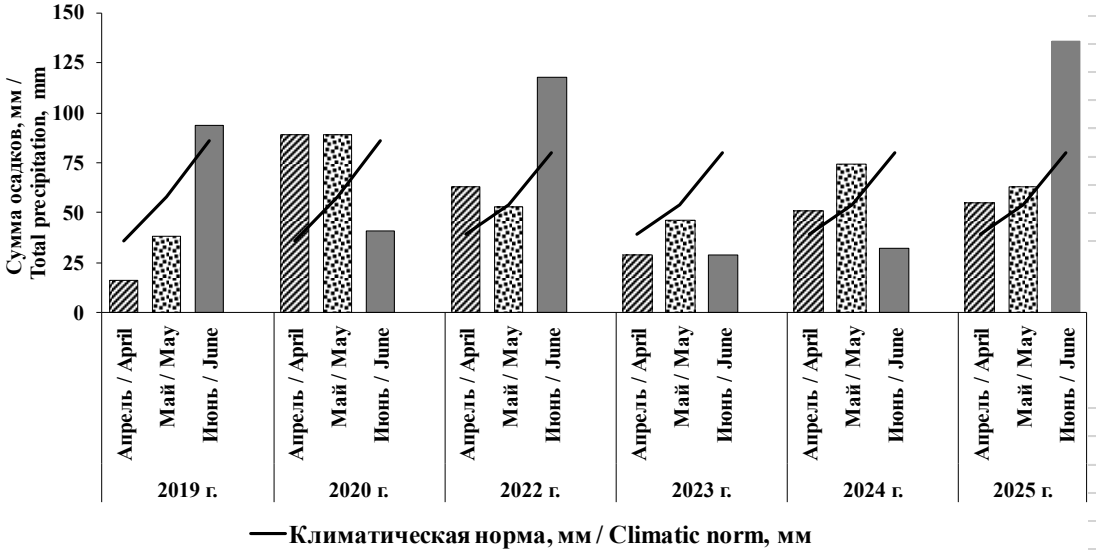

Рис. 1. **Сумма осадков весенне-летнего вегетационного периода /**
Fig. 1. **Total precipitation of the spring-summer vegetation period**

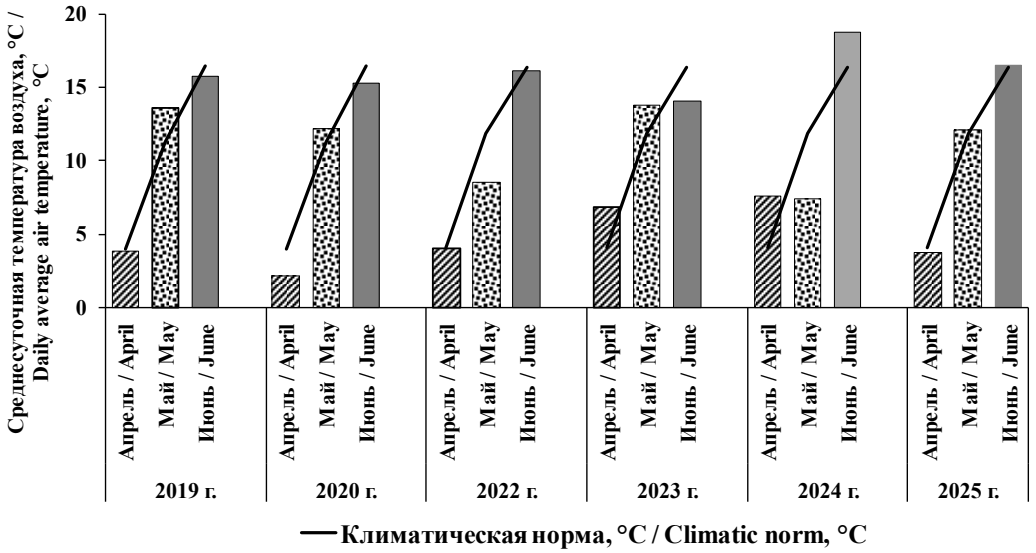

Рис. 2. **Среднесуточная температура воздуха весенне-летнего вегетационного периода /**
Fig. 2. **Daily average air temperature of the spring-summer vegetation period**

Результаты и их обсуждение. В ходе исследования изучали сорта озимой ржи, селектированные в условиях Кировской области, что обеспечило их максимальную приспособленность к местным условиям перезимовки. На этапе возобновления весенней вегетации сорта продемонстрировали устойчивую регенерационную активность: Вятка 2 – 78–100 %, Фаленская 4 – 73–96 %, Флора – 76–100 %. Такая стабильность показателя свидетельствует о высокой зимостойкости и адаптивном потенциале исследуемых генотипов в условиях региона.

На рисунке 3 представлены данные по высоте растений изучаемых сортов озимой ржи в трех фазах развития. К первому скашиванию (фаза выхода в трубку) высота растений длинностебельного сорта Вятка 2 в среднем достигала 46 см, Фаленская 4 и Флора сформировали растения на 13 см короче. Из этого следует, что изучаемые сорта достигали укосной спелости ко второй –третьей декадах мая лишь в отдельные годы.

В конце мая – начале июня растения озимой ржи вошли в фазу флагового листа. К этому сроку все сорта уже достигли укосной спелости. Высота растений Вятка 2 в среднем составила 93 см, сорта Фаленская 4 и Флора были ниже на 26-27 см, или 28-29 %. Такая же тенденция сохранилась к моменту третьего скашивания: в фазу колошения растения сорта Вятка 2 были выше на 46 см, или 31 % растений Фаленская 4 и Флора. Проведённый корре-

ляционный анализ данных по трем укосам за 6-летний период (n = 18) выявил тесную положительную связь между высотой растений и сбором зеленой массы: коэффициент корреляции составил r = 0,81–0,90 (рис. 4).

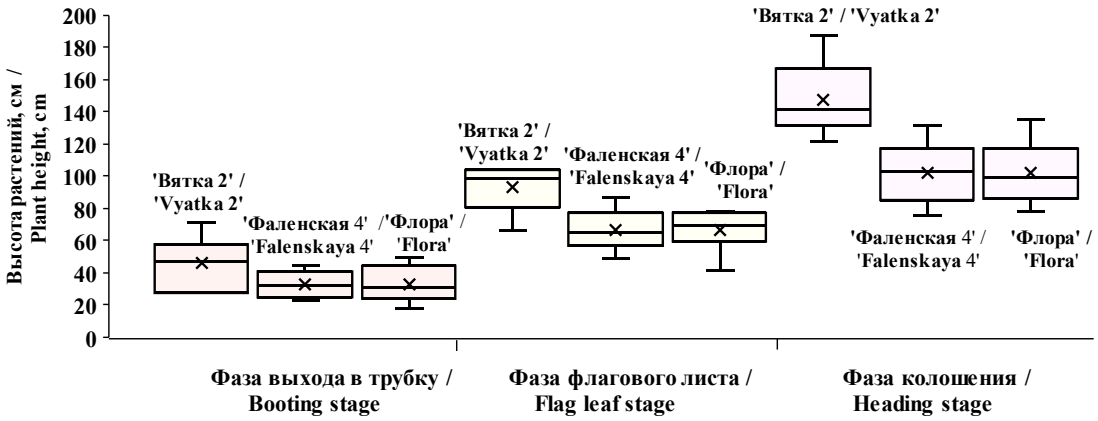

Рис. 3. **Высота растений сортов озимой ржи при разных сроках скашивания**: «ящики» показывают межквартильный размах значений, линия внутри «ящика» соответствует медиане, «усы» отражают диапазон значений, крестик (×) внутри ящиков – среднее значение /

Fig. 3. **Plant height of winter rye cultivars at different mowing periods**: "boxes" show the interquartile range of values, the line inside the "box" corresponds to the median, the "whiskers" reflect the range of values, and the cross (×) inside the boxes represents the average value

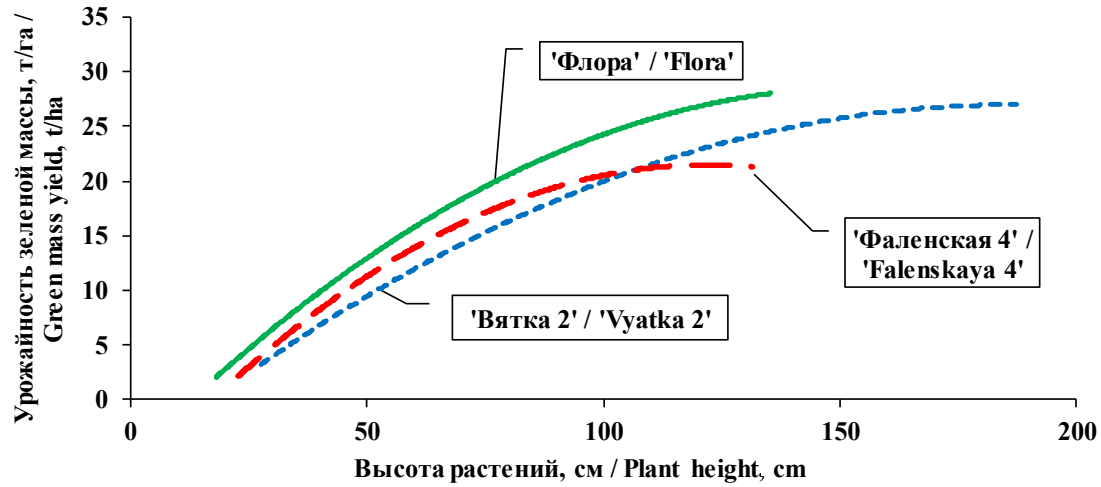

Рис. 4. **Зависимость урожайности зеленой массы сортов озимой ржи от высоты растений /**
Fig. 4. **The dependence of the yield of green mass of winter rye varieties on the height of the plants /**

В процессе вегетации озимой ржи, по мере увеличения высоты растений, повышается общая биомасса; при этом доля листьев в зеленой массе снижается – ресурсы перераспределяются в пользу стебля. Поскольку листья содержат максимальное количество протеина, легкоперевариваемых углеводов и витаминов, снижение облиственности ухудшает кормовую ценность зеленой массы – падает содержание питательных веществ и ухудшается переваримость из-за увеличения доли сырой клетчатки [6]. Таким образом, облиственность растений озимой ржи – важный показатель кормовой ценности: увеличение доли листьев в общей массе повышает питательность получаемого корма. Наибольшая облиственность в опыте сформировалась в фазу выхода в трубку, при этом у всех исследуемых сортов озимой ржи были зафиксированы высокие показатели облиственности: Вятка 2 – 77 %, Фаленская 4 – 80 %, Флора – 79 % (рис. 5). В ходе вегетации озимой ржи облиственность снижалась по фазам развития. При втором скашивании (фаза флагового листа) облиственность снизилась на 11–19 % по сравнению с фазой выхода в трубку. К третьему скашиванию (фаза колошения) тенденция сохранилась: облиственность уменьшилась еще на 22–26 % относительно предыдущей фазы и составила у сорта Вятка 2 – 36 %, Фаленская 4 – 44 % и Флора – 46 %.

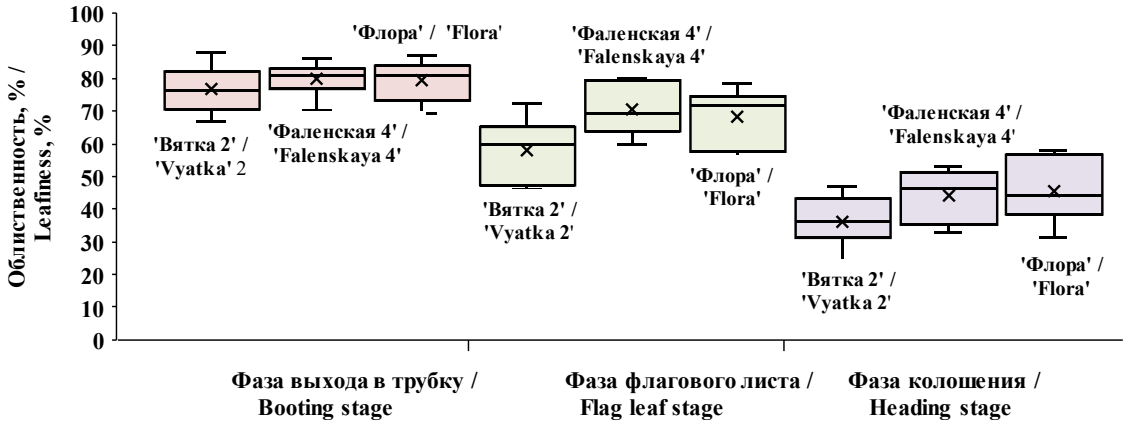

Рис. 5. **Облиственность сортов озимой ржи при разных сроках скашивания:** «ящики» показывают межквартильный размах значений, линия внутри «ящика» соответствует медиане, «усы» отражают диапазон значений, крестик (×) внутри ящиков – среднее значение /

Fig. 5. **Leafiness of winter rye cultivars at different mowing periods:** "boxes" show interquartile range of values, the line inside the "box" corresponds to the median, "whiskers" reflect the range of values, the cross (×) inside the boxes represents the mean value

Анализ динамики выявил не только последовательное уменьшение облиственности растений ржи по срокам скашивания, но и устойчивое межсортовое различие: Фаленская 4 и Флора во всех трех скашиваниях превосходили сорт Вятка 2 по доле листьев в зеленой массе (разница составила 2-3 % в первом скашивании, 10–12 % – во втором и 8–10 % – в третьем).

В ходе исследования изучена динамика накопления зеленой массы у сортов озимой ржи в зависимости от фазы вегетации. Результаты демонстрируют четкую зависимость урожайности от сроков скашивания и сортовых особенностей. При скашивании во второй – третьей декадах мая все сорта показали минимальную продуктивность: урожайность зеленой массы варьировал от 6,05 т/га (Фаленская 4) до 8,14 т/га (Вятка 2), при среднем показателе по всем сортам 7,04 т/га (табл. 1). При следующем скашивании (последняя декада мая – первая декада июня) наблюдался существенный рост урожайности зеленой массы. У сорта Вятка 2 показатель увеличился до 18,61 т/га (рост на 128 % относительно первого среза), Фаленская 4 – до 14,53 т/га (+141 %), Флора – до 16,97 т/га (+145 %). Среднее значение по сортам составило 16,70 т/га, что почти в 2,4 раза превышло показатели первого среза. Этот скачок объясняется активным удлинением стебля, что значительно увеличило общий объем биомассы. Максимальная продуктивность зафиксирована на этапе формирования генеративных органов (фаза колошения). В этот период урожайность зеленой массы варьировала от 20,27 т/га (Фаленская 4) до 25,13 т/га (Вятка 2) при среднем значении по сортам 23,41 т/га. Это в 3,3 раза выше, чем при раннем скашивании, что связано с завершением линейного роста стебля и накоплением максимального объема вегетативной массы перед началом репродуктивной фазы.

При сравнительном анализе сортов выявлены следующие особенности. Сорт Вятка 2 показывал стабильно высокую урожайность зеленой массы при каждом скашивании (в среднем 17,29 т/га). Сбор зеленой массы сорта Флора находился на уровне высокостебельного Вятка 2 и составил в среднем 16,24 т/га. Фаленская 4 уступала остальным сортам при каждом скашивании, средняя урожайность зеленой массы составила 13,61 т/га, что достоверно ниже, чем у Вятки 2 и Флоры.

Урожайность сухой массы возрастала в зависимости от срока скашивания, повторяя динамику сбора зеленой массы: в среднем по всем сортам показатель увеличился с 1,30 т/га в фазе выхода в трубку до 3,30 т/га в фазе флагового листа (прирост на 153,8 % относительно первого среза), в фазе колошения – до 5,61 т/га (дополнительный рост на 69,7 % по сравнению с предыдущим срезом).

При этом между сортами зафиксированы значимые различия по урожайности сухой массы: Вятка 2 показал наилучший результат в среднем по опыту (3,81 т/га), Фаленская 4 достоверно уступал Вятке 2 и сформировал урожайность в среднем ниже на 0,86 т/га. Сорт Флора занял промежуточное положение (3,46 т/га), не отличаясь статистически ни от одного из сортов.

Таблица 1 – **Кормовая продуктивность сортов озимой ржи при разных сроках скашивания (в среднем за 2019, 2020, 2022–2025 гг.) /**
Table 1 – **Fodder productivity of winter rye cultivars at different mowing periods (on average for 2019, 2020, 2022–2025)**

Сорт (А) / Cultivar (A)	*Фаза вегетации при скашивании (В) / Vegetation phase at the time of mowing (B)*			*Среднее (А) / Average (A)*
	выход в трубку / booting	*флаговый лист / flag leaf*	*колошение / heading*	
Зеленая масса, т/га / Green mass, t/ha				
‘Вятка 2’ / ‘Vyatka 2’	8,14	18,61	25,13	17,29 b*
‘Фаленская 4’ / ‘Falenskaya 4’	6,05	14,53	20,27	13,61 a
‘Флора’ / ‘Flora’	6,93	16,97	24,83	16,24 b
Среднее (В) / Average (B)	*7,04 a*	*16,70 b*	*23,41 c*	-
$НСР_{05}$ (А) / $НСР_{05}$ (А) = 2,24; $НСР_{05}$ (В) / $НСР_{05}$ (В) = 2,24				
Сухая масса, т/га / Dry mass, t/ha				
‘Вятка 2’ / ‘Vyatka 2’	1,47	3,66	6,30	*3,81 b*
‘Фаленская 4’ / ‘Falenskaya 4’	1,15	2,89	4,81	*2,95 a*
‘Флора’ / ‘Flora’	1,29	3,37	5,72	*3,46 ab*
Среднее (В) / Average (B)	*1,30 a*	*3,30 b*	*5,61 c*	-
$НСР_{05}$ (А) / $НСР_{05}$ (А) = 0,63; $НСР_{05}$ (В) / $НСР_{05}$ (В) = 0,63				
Содержание сухого вещества, % / Dry matter content, %				
‘Вятка 2’ / ‘Vyatka 2’	0,18	0,19	0,25	*0,21*
‘Фаленская 4’ / ‘Falenskaya 4’	0,19	0,19	0,24	*0,21*
‘Флора’ / ‘Flora’	0,19	0,20	0,23	*0,21*
Среднее (В) / Average (B)	*0,19 a*	*0,19 a*	*0,24 b*	-
$НСР_{05}$ (А) / $НСР_{05}$ (А) – NS; $НСР_{05}$ (В) / $НСР_{05}$ (В) = 0,017				

* По критерию Дункана средние, обозначенные разными буквами, статистически различаются ($p \leq 0,05$); NS – нет достоверных различий /

*According to Duncan's criterion, averages indicated by different letters are statistically different ($p \leq 0.05$); NS – no significant differences.

По содержанию сухого вещества между сортами не обнаружено значимых различий – средний показатель для каждого составил 0,21 %; при этом у всех сортов отмечено увеличение данного показателя к фазе колошения (с 0,19 % в первых двух фазах до 0,24 %), наибольший прирост зафиксирован у Вятки 2 (с 0,18 до 0,25 %). Таким образом, несмотря на существенную разницу в сборе зеленой и сухой массы, сорта не показали достоверных различий по содержанию сухого вещества.

Содержание сырого протеина – важнейший показатель кормовой ценности, определяющий белковый потенциал корма. Исследования показали достоверные различия в содержании протеина как по фазам вегетации, так и по сортам. Максимальные значения зафиксированы в фазе выхода в трубку (в среднем по сортам 16,32 %) с последующим снижением до 11,25 % (фаза флагового листа) и 8,39 % (фаза колошения) ($НСР_{05}$ = 1,35). Это говорит о том, что в ходе вегетации происходит постепенное снижение питательной ценности зеленой массы. При межсортовом сравнении установлено, что содержание сырого протеина достоверно различается между сортами: у высокостебельного Вятка 2 средний показатель по фазам вегетации составил 10,92 %, тогда как у короткостебельных сортов значения были существенно выше – 12,30 % у Фаленской 4 и 12,74 % – у Флоры (табл. 2).

В ходе исследования выявлена динамика сбора сырого протеина (кг/га) в зависимости от фазы вегетации и сорта. В фазе выхода в трубку зафиксирован минимальный сбор сырого протеина – 193–222 кг/га, что обусловлено небольшим объемом биомассы (рис. 6). При этом процентное содержание сырого протеина на данном этапе достигало максимума

(16,32 %). Таким образом, высокая массовая доля протеина не обеспечивает значительного абсолютного выхода протеина из-за недостаточного объема биомассы. В фазе флагового листа наблюдается увеличение сбора сырого протеина (на 68–75 %). В фазе колошения показатели сбора протеина достигают максимума (447–488 кг/га). Существенный прирост общей массы растений компенсирует снижение процентного содержания протеина, что обеспечивает максимальный выход протеина с единицы площади.

Таблица 2 – **Биохимический состав зеленой массы сортов озимой ржи при разных сроках скашивания (в среднем за 2019, 2020, 2022–2025 гг.) /**
Table 2 – **Biochemical composition of dry mass of winter rye cultivars at different mowing periods ((on average for 2019, 2020, 2022–2025)**

Сорт (А) / Cultivar (A)	*Фаза вегетации при скашивании (В) / Vegetation phase at the time of mowing (B)*			*Среднее (А) / Average (A)*
	выход в трубку / booting	*флаговый лист / flag leaf*	*колошение / heading*	
Сырой протеин, % / Crude protein, %				
‘Вятка 2’ / ‘Vyatka 2’	15,08	10,33	7,36	*10,92a**
‘Фаленская 4’ / ‘Falenskaya 4’	17,00	11,38	8,53	*12,30b*
‘Флора’ / ‘Flora’	16,89	12,04	9,29	*12,74b*
Среднее (В) / Average (B)	*16,32c*	*11,25b*	*8,39a*	-
$НСР_{05}$ (А) / LSD_{05} (A) = 1,35; $НСР_{05}$ (В) / LSD_{05} (B) = 1,35				
Сырая клетчатка, % / Crude fiber, %				
‘Вятка 2’ / ‘Vyatka 2’	32,48	37,18	42,14	*37,27 b*
‘Фаленская 4’ / ‘Falenskaya 4’	31,23	34,75	39,19	*35,06 a*
‘Флора’ / ‘Flora’	31,24	34,44	39,15	*34,94 a*
Среднее (В) / Average (B)	*31,65 a*	*35,46 b*	*40,16 c*	-
$НСР_{05}$ (А) / LSD_{05} (A) = 1,29; $НСР_{05}$ (В) / LSD_{05} (B) = 1,29				
Фосфор, % / Phosphorus, %				
‘Вятка 2’ / ‘Vyatka 2’	1,86	2,76	3,41	*2,68 b*
‘Фаленская 4’ / ‘Falenskaya 4’	1,53	2,49	3,06	*2,36 a*
‘Флора’ / ‘Flora’	1,54	2,40	2,95	*2,30 a*
Среднее (В) / Average (B)	*1,64 a*	*2,55 b*	*3,14 c*	-
$НСР_{05}$ (А) / LSD_{05} (A) = 0,24; $НСР_{05}$ (В) / LSD_{05} (B) = 0,24				
Кальций, % / Calcium, %				
‘Вятка 2’ / ‘Vyatka 2’	21,49	21,18	21,03	*21,23 a*
‘Фаленская 4’ / ‘Falenskaya 4’	21,59	21,29	21,12	*21,33 b*
‘Флора’ / ‘Flora’	21,61	21,31	21,14	*21,35 b*
Среднее (В) / Average (B)	*21,56 c*	*21,26 b*	*21,10 a*	-
$НСР_{05}$ (А) / LSD_{05} (A) = 0,06; $НСР_{05}$ (В) / LSD_{05} (B) = 0,06				

*По критерию Дункана средние, обозначенные разными буквами, статистически различаются ($p \leq 0,05$) /
*According to Duncan's criterion, averages indicated by different letters are statistically different ($p \leq 0.05$).

Сырая клетчатка – структурный компонент растительных кормов. Она играет двойственную роль в кормлении: с одной стороны, обеспечивает необходимую структурность рациона и стимулирует моторику желудочно-кишечного тракта, с другой – при избытке снижает общую переваримость и доступность питательных веществ. В ходе исследования выявлено, что содержание сырой клетчатки возрастало по мере развития растений: в фазе выхода в трубку составило 31,65 %, в фазе флагового листа увеличилось до 35,46 %, а к фазе колошения – 40,16 % ($НСР_{05}$ = 1,29).

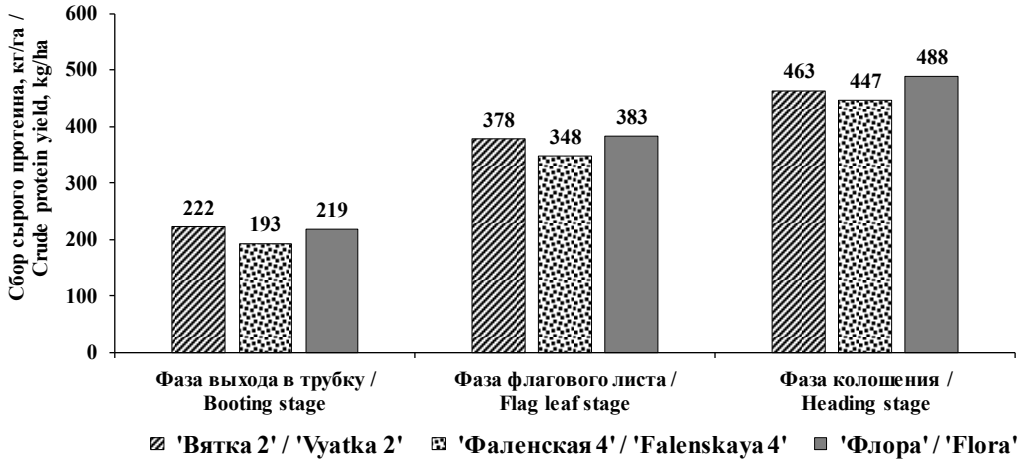

Рис. 6. **Сбор сырого протеина по сортам озимой ржи и срокам скашивания, кг/га /**
Fig. 6. **Crude protein yield by winter rye variety and mowing time, kg/ha /**

В ходе межсортового анализа выявлено, что сорт Вятка 2 характеризовался наиболее высоким содержанием сырой клетчатки – в среднем 37,27 %, что статистически значимо превосходит показатели сортов Фаленская 4 (35,06 %) и Флора (34,94 %). Данная разница обусловлена морфологическими особенностями сорта Вятка 2: как высокорослый сорт он формирует более мощный высокий стеблестой, а основная масса клетчатки содержится в стеблях, поэтому их увеличенная биомасса повышает общий показатель.

По сравнению с азотом и калием фосфор в течение всей вегетации поступает в растение более равномерно. На динамику потребления влияют погодные условия, почвенные факторы, предшествующая культура и сортовые особенности. Максимальное потребление фосфора озимой рожью приходится на период «выход в трубку – колошение», который характеризуется активным ростом и формированием репродуктивных органов [3]. В нашем опыте содержание фосфора в растениях возрастало по фазам вегетации – от 1,64 % (выход в трубку) до 3,14 % (колошение). Сорт Вятка 2 (2,68 %) статистически превосходил Фаленскую 4 (2,36 %) и Флору (2,30 %).

Кальций – жизненно важный элемент для сельскохозяйственных животных: поддерживает здоровье костной ткани, участвует в свертывании крови, передаче нервных сигналов и мышечных сокращениях, а его недостаток может приводить к рахиту и остеопорозу[2]. В начале вегетации содержание кальция в зеленой массе сортов озимой ржи составляло 21,56 %, по мере развития растений постепенно снижалось – в фазе флагового листа зафиксировано 21,26 %, а к фазе колошения уменьшилось до 21,10 % ($НСР_{05}$ = 0,06). Такая тенденция связана с тем, что кальций по мере роста растения закрепляется в его структурных тканях, а поступление этого элемента из почвы не успевает за наращиванием биомассы. Сорт Вятка 2 продемонстрировал значимо более низкое содержание кальция (21,23 %) по сравнению с сортами Фаленская 4 (21,33 %) и Флора (21,35 %).

Заключение. По результатам шестилетней оценки кормовой продуктивности сортов озимой ржи (Вятка 2, Фаленская 4 и Флора) в условиях Кировской области установлено, что урожайность зеленой массы существенно возрастает по фазам вегетации – от 6,05–8,14 т/га (выход в трубку) до 20,27–25,13 т/га (колошение), при этом максимальный прирост (в 2,4 раза) наблюдается между фазами «выход в трубку» и «флаговый лист» за счет интенсивного роста стебля. Наибольшую среднюю по всем срокам скашивания продуктивность зеленой (17,29 т/га) и сухой (3,81 т/га) массы продемонстрировал высокостебельный сорт Вятка 2. По урожайности зеленой массы короткостебельный сорт Флора (16,24 т/га) соответствовал уровню Вятки 2 благодаря высокой облиственности. Сорт Фаленская 4 существенно уступил обоим сортам (13,61 т/га).

Сорта с разными типами короткостебельности различались по облиственности. Короткостебельные сорта Фаленская 4 и Флора стабильно превосходили Вятку 2 по этому показателю на 2–12 % в зависимости от фазы вегетации. Более высокая облиственность обеспечила сортам Фаленская 4 и Флора повышенное содержание сырого протеина, особенно в ранние фазы вегетации.

[2]Хохрин С. Н., Савенко Ю. П. Кормопроизводство и кормление сельскохозяйственных животных: учебник для СПО. СПб., 2026. 300 с.

Анализ динамики биохимических показателей выявил четкие закономерности: в процессе вегетации отмечено снижение содержания сырого протеина в зеленой массе с 16,32 до 8,39 % ($НСР_{05}$ = 1,35) и устойчивое повышение содержания сырой клетчатки с 31,65 до 40,16 % ($НСР_{05}$ = 1,29). Наибольшее содержание протеина и наименьшая доля клетчатки зафиксированы в фазе выхода в трубку, что определяет оптимальную питательную ценность на этом этапе. Однако следует учитывать, что в ранневесенний период из-за складывающихся погодных условий растения зачастую не достигали необходимой укосной спелости.

При оценке минерального состава отмечено снижение содержания кальция в зеленой массе растений в ходе вегетации с 21,56 до 21,10 % ($НСР_{05}$ = 0,06). При этом сорт Вятка 2 характеризуется более низким уровнем содержания кальция по сравнению с Фаленской 4 и Флорой. В отношении фосфора наблюдается обратная тенденция: его концентрация увеличивается по мере развития растений с 1,64 до 3,14 % ($НСР_{05}$ = 0,24), при этом наиболее высокие показатели зафиксированы у Вятки 2.

Таким образом, поскольку в летний период кормления сельскохозяйственных животных зеленые корма являются основными в рационе, то эффективная схема зеленого конвейера является важной составной частью создания прочной кормовой базы. Исходя из потребностей хозяйства и с учетом биологических особенностей сортов, для использования на кормовые цели рекомендуется высевать несколько сортов ржи. Так, для получения максимального объема зеленой массы в фазу колошения для заготовки силоса идеально подходит высокостебельный сорт Вятка 2. Флора обеспечивает повышенную питательность корма при скашивании в фазе выхода в трубку, когда достигается оптимальное соотношение урожайности зеленой массы и ее кормовой ценности. При этом важно отметить, что сорт Фаленская 4, уступая Флоре и Вятке 2 по урожайности зеленой и сухой массы, имеет практически равный с ними выход сухого вещества. Это говорит о том, что различия в объеме зеленой массы обусловлены главным образом неодинаковым содержанием воды в тканях растений, тогда как доля сухого (питательного) вещества остается на одном уровне независимо от сорта.

Список литературы

1. Кедрова Л. И. Озимая рожь в Северо-Восточном регионе России. Киров: НИИСХ Северо-Востока, 2000. 158 с.

2. Сысуев В. А., Кедрова Л. И., Уткина Е. И. Значение озимой ржи для сохранения природного агроэкологического баланса и здоровья человека (обзор). Теоретическая и прикладная экология. 2020;(1):14–20. DOI: https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-1-014-020 EDN: DCHBUD

3. Уткина Е. И., Кедрова Л. И., Шамова М. Г., Парфенова Е. С., Набатова Н. А., Шешегова Т. К., Щеклеина Л. М., Шляхтина Е. А. Возделывание озимой ржи в условиях северного земледелия: научно-практические рекомендации. Киров: ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 2021. 120 с. Режим доступа: http://fanc-sv.ru/activity/info/izdaniya-2021-g.html

4. Потапова Г. Н., Жакубеков К. К. Озимые рожи и тритикале – важная часть зеленого конвейера. Земледелие. 2009;(6):24–25. Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/ozimye-rozh-i-tritikale-vazhnaya-chast-zelenogo-konveyera

5. Phillips H. N., Heins B. J., Delate K., Turnbull R. Biomass yield and nutritive value of rye (*Secale cereale* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) forages while grazed by cattle. Crops. 2021;1(2):42–53. DOI: https://doi.org/10.3390/crops1020006

6. Потапова Г. Н., Зобнина Н. Л. Озимая рожь и тритикале – источник раннего зеленого корма на Урале. Стратегические задачи по научно-технологическому развитию АПК: сб. мат-лов Международ. научн.-практ. конф. Секция: Селекция и семеноводство в растениеводстве. Екатеринбург: Уральское аграрное изд-во, 2018. С. 69–77. Режим доступа: https://usau.editorum.ru/ru/nauka/conference_article/2141/view

7. Потапова Г. Н., Зобнина Н. Л. Перспективы использования озимой ржи и тритикале на ранний зеленый корм в Свердловской области. Достижения науки и техники АПК. 2018;32(8):46–50. DOI: https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10812 EDN: YAHKKL

8. Тимина М. А., Данилова В. В., Мудрова В. Е., Чуслин А. А. Перспективы использования сортов озимой ржи на зерно и ранний зеленый корм в условиях открытой лесостепи Красноярского края. Вестник КрасГАУ. 2022;10(187):49–56. DOI: https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-10-49-56 EDN: KQFBYZ

9. Иванаева И. А., Мусина М. К., Исмагилов Р. Р., Ахиярова Л. М. Продуктивность и кормовая ценность озимой ржи. Российский электронный научный журнал. 2014;(1(7)):134–138. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=26644136 EDN: WLBKAP

10. Максимов В. А., Золотарева Р. И., Максимова Р. Б. Влияние разных доз азотной подкормки на зерновую и кормовую продуктивность сортов озимой ржи в условиях Республики Марий Эл. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018;(4(65)):36–41. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.65.4.36-41 EDN: XVLNWH

11. Уткина Е. И., Кедрова Л. И. Зимостойкость озимой ржи: проблемы и решения. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018;(1(62)):11–18. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.62.1.11-18 EDN: YSACTW

12. Волкова Е. С., Шайкова Т. В., Дятлова М. В. Влияние минеральных удобрений и биопрепаратов на урожайность и качество зеленой массы озимой ржи. Известия Великолукской государственной сельскохозяйственной академии. 2022;(4(41)):27–38. DOI: https://doi.org/10.56323/23088583_2022_04_27 EDN: NTDBVS

13. Kantar M., Sheaffer C., Porter P., Krueger E., Ochsner T. E. Growth stage influences forage yield and quality of winter rye. Forage & Grazinglands. 2011;9(1):1–7. DOI: https://doi.org/10.1094/FG-2011-0126-01-RS

References

1. Kedrova L. I. Winter rye in the Northeastern region of Russia. Kirov: *NIISKh Severo-Vostoka*, 2000. 158 p.

2. Sisuyev V. A., Kedrova L. I., Utkina E. I. Importance of winter rye for maintaining natural agroecological balance and human health (review). *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* = Theoretical and Applied Ecology**.** 2020;(1):14–20. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.25750/1995-4301-2020-1-014-020

3.Utkina E. I., Kedrova L. I., Shamova M. G., Parfenova E. S., Nabatova N. A., Sheshegova T. K., Shchekleina L. M., Shlyakhtina E. A. Cultivation of winter rye in the conditions of northern agriculture: scientific and practical recommendations. Kirov: *FGBNU FANTs Severo-Vostoka*, 2021. 120 p. URL: http://fanc-sv.ru/activity/info/izdaniya-2021-g.html

4. Potapova G. N., Zhakubekov K. K. Winter rye and triticale are the important part of the green production line. *Zemledeliye*. 2009;(6):24–25. (In Russ.).
URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ozimye-rozh-i-tritikale-vazhnaya-chast-zelenogo-konveyera

5. Phillips H. N., Heins B. J., Delate K., Turnbull R. Biomass yield and nutritive value of rye (*Secale cereale* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.) forages while grazed by cattle. Crops. 2021;1(2):42–53. DOI: https://doi.org/10.3390/crops1020006

6. Potapova G. N., Zobnina N. L. Winter rye and triticale are sources of early green fodder in the Urals. Strategic objectives for the scientific and technological development of the agro-industrial complex: collection of articles of the International scientific and practical conference. Section: Breeding and seed production in crop production. Yekaterinburg: *Uralskoye agrarnoye izd-vo*, 2018. pp. 69–77. URL: https://usau.editorum.ru/ru/nauka/conference_article/2141/view

7. Potapova G. N., Zobnina N. L. Prospects of using winter rye and triticale for early green forage in Sverdlovsk region. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2018;32(8):46–50. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10812

8. Timina M. A., Danilova V. V., Mudrova V. E., Chuslin A. A. Prospects to use winter rye varieties for grain and early green forage in the open forest-steppe conditions of the Krasnoyarsk region. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2022;10(187):49–56. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-10-49-56

9. Ivanayeva I. A., Musina M. K., Ismagilov R. R., Akhiyarova L. M. Roductivity and feeding value of winter rye. *Rossiysky elektronny nauchny zhurnal* = Russian electronic scientific journal. 2014;(1(7)):134–138. (In Russ.).
URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=26644136

10. Maksimov V. A., Zolotareva R. I., Maksimova R. B. Effect of different doses of nitrogen fertilizing on the grain and fodder productivity of winter rye varieties in the conditions of the Republic of Mari El. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2018;(4(65)):36–41. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.65.4.36-41

11. Utkina E. I., Kedrova L. I. Winter hardiness in winter rye: problems and solutions *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2018;(1(62)):11–18. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.62.1.11-18

12. Volkova E. S., Shaykova T. V., Dyatlova M. V. The effect of mineral fertilizers and biological preparations on the winter rye yields and green mass quality. *Izvestiya Velikolukskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2022;(4(41)):27–38. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.56323/23088583_2022_04_27

13. Kantar M., Sheaffer C., Porter P., Krueger E., Ochsner T. E. Growth stage influences forage yield and quality of winter rye. Forage & Grazinglands. 2011;9(1):1–7. DOI: https://doi.org/10.1094/FG-2011-0126-01-RS

Вклад авторов: Набатова Н. А. – концепция и план исследований, анализ данных, подготовка рукописи;
Шамова М. Г. – концепция и план исследования.

Сведения об авторах

✉ **Набатова Наталья Александровна**, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой ржи, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru,
ORCID: **https://orcid.org/0000-0002-3845-0168**, e-mail: nabatova43@rambler.ru

Шамова Марина Геннадьевна, кандидат с.-х. наук, научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства озимой ржи, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4991-1510

Author contributions: Nabatova N. A. – research concept and plan, data analysis, manuscript preparation;
Shamova M. G. – research concept and plan

Information about the authors

✉**Natalia A. Nabatova**, junior researcher, the Laboratory of Breeding and Seed Production of Winter Rye, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, 166a Lenin str., Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0000-0002-3845-0168**, e-mail: nabatova43@rambler.ru

Marina G. Shamova, PhD in Agricultural Science, researcher, the Laboratory of Breeding and Seed Production of Winter Rye, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, 166a Lenin str., Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0000-0003-4991-1510**

✉ – Для контактов / Corresponding author

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.583–591
УДК 633.13:631.52

(cc) BY

Показатели адаптивности пленчатых образцов овса посевного по признаку «содержание белка в зерне»

© 2026. Н. В. Кротова✉, Г. А. Баталова
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

Цель исследований *– оценить 22 генотипа пленчатого овса из коллекции ВИР по адаптивным показателям признака «содержание белка в зерне», выявить наиболее перспективные для последующего включения в селекционные программы. Работы выполнены в период 2023–2025 гг. в условиях Кировской области. Наибольшее влияние на содержание белка в зерне оказал фактор «сорт» – 69,01 %. Вариабельность (CV) признака по годам исследований изменялась от низкой 1,02 % (к-15622 Чемал, Россия) до средней 17,22 % (к-15607 UFRGS 930597-4, Бразилия). Лучшие условия для формирования повышенного содержания белка складывались в 2023 г. (индекс среды 0,56). В среднем за 2023–2025 гг. максимальное содержание белка в зерне получено у образцов из Швеции – к-15057 и к-15054 (11,88 и 11,91 %, на 2,72–2,75 % выше стандарта Архан). По изучаемому признаку выделены устойчивые к стрессу образцы: к-15622 (Россия), к-15402 (Франция), к-15057 (Швеция). Высокими значениями генетической гибкости (11,06–11,90 %) характеризовались образцы к-15606, к-15607, к-15609 (Бразилия), к-15054 (Швеция). Стрессоустойчивость и генетическую гибкость сочетал к-15057 Plym (Швеция). Высокие значения уровня интенсивности (И = 25,5–32,0) по признаку «содержание белка в зерне» и коэффициента отзывчивости ($К_р$ = 1,30–1,40) отмечены у образцов к-15040 местный (Кения), к-15600 UFRGS 086208-3, к-15607 UFRGS 930597-4 (Бразилия), к-15700 Olands (Швеция). Стабильностью по содержанию белка отличались генотипы к-15622 (ИС = 9,88), к-15402 (ИС = 6,60), к-15054 (ИС = 1,70), к-15057 (ИС = 2,72). 11 генотипов имели коэффициент адаптивности (КА) свыше 100 %. Ранжирование по показателям адаптивности позволило выделить образцы, способные формировать наиболее высокий уровень белка в зерне в условиях региона возделывания: к-15600 UFRGS 086208-3, к-15607 UFRGS 930597-4, к-15609 UFRGS 953195 (Бразилия); к-15700 Olands, к-15054 Sirius II (Швеция) (сумма рангов 54–61). Эти генотипы отличаются адаптированностью к изменяющимся условиям среды по признаку «содержание белка в зерне» и рекомендованы для использования при создании нового селекционного материала.*

Ключевые слова: *Avena sativa* L., *стрессоустойчивость, генетическая гибкость, интенсивность, стабильность*

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № FNWE-2025-0007).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Кротова Н. В., Баталова Г. А. Показатели адаптивности пленчатых образцов овса посевного по признаку «содержание белка в зерне». Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):583–591.
DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.583-591

Поступила в редакцию: 17.02.2026 Принята к публикации: 02.06.2026
Доработана после рецензирования: 17.04.2026 Опубликована онлайн: 30.06.2026

Adaptability indicators of hulled oat accessions by the "protein content in grain" trait

© 2026. Nadezda V. Krotova✉, Galina A. Batalova
Federal Agricultural Research Center of the Nort-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The objective of the research was to evaluate 22 genotypes of hulled oats from the VIR collection for adaptive indicators of the "grain protein content" trait and to identify the most promising ones for subsequent inclusion in breeding programs. The work was carried out in the period 2023–2025 in the Kirov region. The "cultivar" factor had the greatest influence on the protein content in grain – 69.01 %. The coefficient of variability (CV) of the trait by the years of the research changed from a low of 1.02 % (k-15622 'Chemal', Russia) to an average of 17.22 % (k-15607 UFRGS 930597-4, Brazil). The best conditions for the formation of increased protein content were formed in 2023 (environment index 0.56). On average for 2023–2025, the maximum protein content in grain was obtained from accessions from Sweden k-15057 and k-15054 (11.88 and 11.91 %, 2.72–2.75 % higher than the 'Arkhan' standard). Based on the studied trait, stress-resistant accessions were identified: k-15622 (Russia), k-15402 (France), and k-15057 (Sweden). Accessions k-15606, k-15607, k-15609 (Brazil), and k-15054 (Sweden) were characterized by high values of genetic flexibility (11.06–11.90 %). Stress resistance and genetic flexibility were combined in k-15057 Plym (Sweden). High values of the intensity level (И = 25.5–32.0) for the "protein content in grain" trait and the response coefficient (Kr = 1.30–1.40) were noted in the samples k-15040 local (Kenya), k-15600 UFRGS 086208-3, k-15607 UFRGS 930597-4 (Brazil), k-15700 Olands (Sweden). The genotypes k-15622 (ИС = 9.88), k-15402 (ИС = 6.60), k-15054 (ИС = 1.70), k-15057 (ИС = 2.72) were distinguished by stability in protein content. In 11 genotypes the adaptability coefficient (CA) was greater than 100 %. Ranking by the adaptability indicators made it possible to identify accessions capable of producing

the highest protein content in grain under the conditions of the cultivation region: k-15600 UFRGS 086208-3, k-15607 UFRGS 930597-4, k-15609 UFRGS 953195 (Brazil), k-15700 Olands, k-15054 Sirius II (Sweden) (sum of ranks 54–61). These genotypes are distinguished by their adaptability to changing environmental conditions according to the "grain protein content" trait and are recommended for use in creating new breeding material.

Key words: *Avena sativa* L., *stress resistance, genetic flexibility, intensity, stability*

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the Nort-East named N. V. Rudnitsky (theme No. FNWE-2025-0007).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citation: Krotova N. V., Batalova G. A. Adaptability indicators of hulled oat accessions by the "protein content in grain" trait. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):583–591. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.583-591

Received: 17.02.2026
Revised: 14.04.2026
Accepted for publication: 02.06.2026
Published online: 30.06.2026

В значительной мере рост экономики региона определяет обеспеченность населения продуктами питания высокого качества [1, 2]. Правильное питание – основа поддержания активной и долгой жизни. Продукты, полученные из овса, являются ценным компонентом как для специализированного, так и функционального питания. Овес обладает уникальными лечебными и диетическими свойствами. Его зерно богато пищевыми волокнами, в частности бета-глюканами, содержит полный набор незаменимых аминокислот, антиоксиданты, витамины и минералы. Эти компоненты способствуют нормализации работы пищеварительной системы и служат профилактикой многих заболеваний [3, 4, 5, 6]. Белок овса превосходит по сбалансированности белки других злаков, включая все аминокислоты, которые организм не способен синтезировать самостоятельно, что делает его высокоценным продуктом [7]. Перед пищевой промышленностью и производителями кормов стоит задача расширения ассортимента продуктов с улучшенными свойствами. Это касается как продуктов для людей (каши, хлеб, макароны, десерты, мюсли, йогурты), так и кормов с оптимальным аминокислотным составом для животных [8].

Пленчатый овес – одна из основных культур, выращиваемых в Кировской области. Главный приоритет в селекции овса направлен на выведение сортов, которые легко приспосабливаются к любым условиям произрастания [9, 10, 11]. Изучение образцов овса посевного из коллекции ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР), собранных из разных экосистем, в климатических условиях конкретного региона позволяет оценить их адаптивный потенциал для выявления источников хозяйственно ценных признаков, в том числе повышенного содержания белка в зерне, создания адаптированных и ценных по качеству сортов [12, 13].

Цель исследования – выявить наиболее перспективные коллекционные генотипы пленчатых форм овса посевного для последующего включения в селекционные программы по адаптивным свойствам признака «содержание белка в зерне».

Научная новизна – впервые представлена оценка образцов из коллекции ВИР по способности формировать высокобелковое зерно в вариативных условиях вегетации Кировской области, что позволяет оценить их адаптивные свойства по изучаемому признаку.

Материал и методы. На опытном поле ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, Кировская область) в 2023–2025 гг. изучали 22 образца *Avena sativa* L. различного эколого-географического происхождения из коллекции ВИР (стандарт – сорт Архан) в соответствии с методическими указаниями ВИР[1, 2]. Посев проводили по предшественнику чистый пар, почва участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая, размерность делянки 1 м^2, повторность 3-кратная. Вносили минеральные удобрения NPKS (25:4:4:2) в дозе 3 ц/га.

[1]Лоскутов И. Г., Ковалева О. Н., Блинова Е. В. Методические указания по изучению и сохранению мировой коллекции ячменя и овса. Санкт-Петербург: ВИР, 2012. 63 с.
[2]Международный классификатор рода *Avena* L. Л.: ВИР, 1984. 39 с.

Гидротермический коэффициент (ГТК) определяли по методике А. И. Селянинова[3], индекс условий среды (I_j) – S. A. Eberhart, W. A. Rassel в изложении В. З. Пакудина и Л. М. Лопатиной[4], коэффициент вариации – Б. А. Доспехова[5]. Показатели стрессоустойчивости (Y_{min} - Y_{max}) и генетической гибкости (Y_{max} + Y_{min})/2) рассчитывали по уравнениям A. A. Rosielle и J. Hamblin в изложении А. А. Гончаренко [14]. Коэффициент отзывчивости (K_p) на благоприятные условия выращивания определяли по методу В. А. Зыкина с соавт.[6], индекс стабильности (ИС) и индекс интенсивности (И) – Р. А. Удачина и А. П. Головченко[7], показатель уровня стабильности сорта (ПУСС) – Э. Д. Неттевича [15], коэффициент адаптивности (КА) для каждого года и сорта – Л. А. Животкова с соавт.[8].

Содержание белка определяли на приборе «Инфраскан М» производства компании «ЭКАН» (Россия). Анализ результатов проводили с использованием вариационной, дисперсионной и корреляционной статистики в программах AGROS 2.07 и Microsoft Office Excel 2007. Значимость коэффициентов корреляции оценивали по таблицам критических значений. Итоговую оценку пленчатых образцов овса по показателям адаптивности признака «содержание белка в зерне» проводили методом ранжирования – наиболее значимому показателю присваивали ранг 1, образцы с наименьшей суммой рангов относили к наиболее адаптивным и устойчивым по изучаемому признаку.

Результаты и обсуждение. Условия произрастания в 2023–2025 гг. были контрастными. Период вегетации 2023 г. характеризовался неустойчивой по тепло- и влагообеспеченности погодой: ГТК за апрель и май составил 1,33, июнь – 0,49, июль и август – 0,10. Благоприятный по метеоусловиям 2023 г. позволил сформировать выполненное качественное зерно овса. Вегетационный период 2024 г. был крайне неблагоприятным для овса: избыточно увлажненный май с осадками в виде мокрого снега (ГТК = 3,25), засушливые июнь, июль и август (ГТК – 0,50, 0,37 и 0,21 соответственно). Экстремальные погодные условия 2024 г. создали серьезные трудности для роста и развития растений, что неизбежно привело к снижению урожайности. Вегетация 2025 г. начиналась в условиях низкой теплообеспеченности и переувлажнения мая, сменившимися в июне жаркой и влажной погодой (ГТК = 2,74), в июле – дефицитом осадков (30 % от среднемноголетнего значения, ГТК = 0,44), в августе – избыточным увлажнением при достаточной теплообеспеченности (ГТК = 2,71). Важно отметить, что разнообразие погодных условий в период исследований позволило всесторонне оценить адаптивный потенциал изучаемых образцов *Avena sativa* L.

Коллекционные образцы по продолжительности периода вегетации отнесены к среднеспелым (70–76 дней), стандарт Архан также входит в эту группу (73 дня в среднем за годы исследований). Геномы разного происхождения редко приспособлены к произрастанию в условиях Кировской области, что, в первую очередь, сказывается на урожайности зерна, которая составила в 2023–2025 гг. от 307 г/м^2 (к-15042 Simonen) до 543 г/м^2 (к-15621 Тройка), что ниже или на уровне стандарта Архан (522 г/м^2).

Результаты двухфакторного дисперсионного анализа подтвердили достоверное влияние фактора А (образец) и взаимодействие факторов (образец и год) на содержание белка в зерне овса ($P \geq 0,95$) (табл. 1).

Анализ данных показал, что основным фактором, определяющим содержание белка в зерне овса, является генотип, с долей влияния 69,01 %. Фактор «год урожая» продемонстрировал незначительный вклад (0,92 %), в то время как взаимодействие генотипа и года составило 29,97 %. Эти результаты позволяют выделить источники овса с высокой адаптивностью, что открывает перспективы для увеличения белковости зерна и достижения стабильности этого показателя в различных условиях выращивания.

[3]Селянинов Г. Т. О сельскохозяйственной оценке климата. Труды по сельскохозяйственной метеорологии. 1928. Вып. 20. С. 165–177.
[4]Пакудин В. З., Лопатина Л. М. Оценка экологической пластичности и стабильности сортов сельскохозяйственных культур. Сельскохозяйственная биология. 1984;(4):109–113.
[5]Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
[6]Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С. Методика расчета и оценки параметров экологической пластичности сельскохозяйственных растений. Уфа: БашГАУ, 2005. 100 с.
[7]Удачин Р. А., Головченко А. П. Методика оценки экологической пластичности сортов пшеницы. Селекция и семеноводство. 1990;(5):2–6.
[8]Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю урожайности. Селекция и семеноводство. 1994;(2):3–6.

Таблица 1 – **Результаты дисперсионного анализа по влиянию факторов на содержание белка в зерне пленчатых образцов овса (2023–2025 гг.) /**
Table 1 – **Results of the analysis of variance on the influence of factors on the protein content in the grain of hulled oat accessions (2023–2025)**

Источник варьирования / Source of variation	*ss*	*df*	*ms*	*F*	*HCP*	*Доля влияния фактора, % / The share of influence of the factor, %*
Общее / General	229,643	137	-	-	-	-
Блоки / Blocks	0,040	1	0,040	16,234*	-	-
Варианты / Variants	229,436	68	3,374	1368,757*	0,099	-
Фактор A (сорт) / Factor A (cultivar)	158,484	22	7,204	2922,385*	0,057	69,01
Фактор B (год) / Factor B (year)	2,126	2	1,063	431,258	0,021	0,92
Взаимодействие AB / Interaction AB	68,825	44	1,564	634,557*	0,099	29,97
Случайные отклонения / Random deviations	0,168	68	0,002	-	-	0,07

* Значимо при P≥0,95 / It is significant at P≥0.95

Количество белка в зерне овса зависит от генотипа образца и условий выращивания. Содержание белка варьировало по годам от 8,12 % (2025 г. – к-15621 Тройка, Россия) до 12,89 % (2024 г. – к-15607 UFRGS 930597-4, Бразилия) (табл. 2). Индекс условий среды (I_j) изменялся от -0,89 (2025 г.) до 0,56 (2023 г.), что свидетельствует об оптимальных условиях 2023 г. для формирования повышенного содержания белка в зерне – от 9,48 до 12,51 %. В среднем за 2023–2025 гг. максимальное содержание белка в зерне получено у образцов из Швеции к-15057 и к-15054 (11,88–11,91 %, на 2,72–2,75 % выше стандарта Архан).

В своих работах Б. А. Доспехов[9] широко применял коэффициент вариабельности (CV), который отражает стабильность признака. Содержание белка в зерне образцов варьировало в зависимости от условий года. Образец Чемал (Россия) показал очень стабильные результаты (CV = 1,02 %) при разных погодных условиях выращивания. В отличие от него бразильский образец (UFRGS 930597-4) продемонстрировал более существенные изменения (CV = 17,22 %), что свидетельствует о реакции генома на изменения условий произрастания.

Незначительная изменчивость признака «содержание белка в зерне» отмечена у образцов: к-15402 (Франция), к-15054, к-15057 (Швеция), к-14857, к-15626, к-15613, к-15614, к-15617 (Россия), к-15627 (Казахстан), к-15606 (Бразилия), к-15042 (Финляндия) (CV = 1,54–9,30 %).

Интервал между минимальным и максимальным значением количества белка являет собой степень устойчивости генотипов овса к неблагоприятным факторам среды (Y_{min} - Y_{max}). Наименьшая разница в показателях означает высокую стрессоустойчивость, к этой группе относятся образцы: к-15622 (Россия), к-15402 (Франция) и к-15057 (Швеция) (табл. 3).

Характеристику сортов по стрессоустойчивости, или реакцию растений на условия выращивания, полнее отражает показатель генетической гибкости (Y_{min} + Y_{max})/2. Чем выше этот показатель, тем лучше среда соответствует потребностям растения для формирования белка в зерне. Максимальные значения (Y_{min} + Y_{max})/2 (от 11,06 до 11,90 %) отмечены у образцов из Бразилии к-15606 UFRGS 930551-6, к-15607 UFRGS 930597-4, к-15609 UFRGS 953195 и Швеции к-15054 Sirius II. Оптимальные значения стрессоустойчивости и генетической гибкости сочетал в себе образец к-15057 Plym (Канада). Корреляционная зависимость между данными показателями не выявлена (r = -0,243).

В. А. Зыкин с соавторами[10] для оценки хозяйственно-селекционной ценности сортообразцов рекомендует использовать коэффициент отзывчивости ($К_р$) на благоприятные условия выращивания. Чем больше показатель содержания белка, достигнутый при благоприятных условиях роста растений, отличается от показателя при неблагоприятных, тем более наглядны полученные результаты. Поэтому при $К_р$>1 генотипы положительно реагировали на лучшие условия среды, при $К_р$<1,0 – отрицательная реакция, а при $К_р$= 0 – нейтральная. Как видно

[9]Доспехов Б. А. Указ. соч
[10]Зыкин В. А., Белан И. А., Юсов В. С. Указ. соч.

из данных таблицы 3, уровень величины коэффициента отзывчивости у всего набора образцов пленчатого овса варьировал от 1,02 (к-15622 Чемал) до 1,40 (к-15607 UFRGS 930597-4). Все изучаемые сортообразцы, включая стандарт Архан, положительно откликались на улучшение условий выращивания.

Таблица 2 – **Содержание белка в зерне пленчатых образцов овса (2023–2025 гг.) /**
Table 2 – **Protein content in grain of hulled oat accessions (2023–2025)**

Номер в каталоге ВИР / VIR catalogue number	*Образец / Accession*	*Содержание белка, % / Protein content, %*				*CV, %*
		2023 г.	*2024 г.*	*2025 г.*	*среднее / average*	
к-15040	местный / local	11,28	11,61	8,57	10,49	15,91
к-15626	‘Памяти Ушакова’ / ‘Pamyati Ushakova’	9,86	10,04	8,87	9,59	6,57
к-15624	‘Егорыч’ / ‘Egorych’	10,19	8,10	9,02	9,10	11,51
к-15623	‘Казыр’ / ‘Kazyr’	10,95	9,59	9,22	9,92	9,18
к-15613	Ot-Fl 520-89	10,56	10,60	9,39	10,18	6,75
к-15614	‘Атула 508-89’ / ‘Atula 508-89’	9,48	10,12	8,41	9,34	9,25
к-15621	‘Тройка’ / ‘Troyka’	10,17	8,98	8,12	9,09	11,32
к-15627	‘Донен’ / ‘Donen’	11,16	10,32	9,61	10,36	7,49
к-15628	‘Кулан’ / ‘Kulan’	10,80	8,54	8,54	9,29	14,04
к-15612	‘Valer’	9,58	8,13	8,08	8,60	9,91
к-15600	UFRGS 086208-3	12,08	12,50	9,09	11,22	16,57
к-15606	UFRGS 930551-6	11,76	12,46	10,41	11,54	9,03
к-15607	UFRGS 930597-4	12,33	12,89	9,22	11,48	17,22
к-15609	UFRGS 953195	12,51	11,79	9,74	11,35	12,67
к-15617	‘Ассоль’ / ‘Assol’	11,33	10,99	9,90	10,74	6,96
к-15622	‘Чемал’ / ‘Chemal’	10,16	10,00	9,97	10,04	1,02
к-15042	‘Simonen’	11,41	11,42	9,67	10,83	9,30
к-15700	‘Olands’	11,38	12,36	9,53	11,09	12,96
к-15402	‘Japelour’	9,99	10,30	10,12	10,14	1,54
к-15054	‘Sirius II’	11,95	12,73	11,06	11,91	7,01
к-15057	‘Plym’	11,29	12,11	12,25	11,88	4,36
к-14857	‘Кречет’ / ‘Krechet’	9,73	8,96	8,80	9,16	5,43
к-15752	ст. ‘Архан’ / st. ‘Arkhan’	9,73	8,96	8,80	9,16	5,43
Индекс условий среды (I_j) / Environment index (I_j)		0,56	0,33	-0,89	-	-

Таблица 3 – **Показатели адаптивности пленчатых образцов овса по признаку «содержание белка в зерне» /**
Table 3 – **Adaptability indicators of hulled oat accessions according to the "protein content in grain" trait**

Номер в каталоге ВИР / VIR catalogue number	*Образец / Accession*	$Y_{min} - Y_{max}$	$(Y_{min} + Y_{max})/2$	K_p	*И*	*ИС*	*КА*	*ПУСС*
1	2	3	4	5	6	7	8	9
к-15040	местный / local	-3,04	10,09	1,35	29,0	0,66	102	15,9
к-15626	‘Памяти Ушакова’ / ‘Pamyati Ushakova’	-1,17	9,46	1,13	12,2	1,46	93	6,6
к-15624	‘Егорыч’ / ‘Egorych’	-2,09	9,15	1,26	23,0	0,79	88	11,5
к-15623	‘Казыр’ / ‘Kazyr’	-2,09	10,27	1,19	17,4	1,08	96	9,2
к-15613	Ot-Fl 520-89	-1,21	10,00	1,13	11,9	1,51	99	6,7
к-15614	‘Атула 508-89’ / ‘Atula 508-89’	-1,71	9,27	1,20	18,3	1,01	90	9,2
к-15621	‘Тройка’ / ‘Troyka’	-2,05	9,15	1,25	22,6	0,80	88	11,3
к-15627	‘Донен’ / ‘Donen’	-1,55	10,39	1,16	15,0	1,38	100	7,5

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
к-15628	‘Кулан’ / ‘Kulan’	-2,26	9,67	1,26	24,3	0,66	90	14,0
к-15612	‘Valer’	-1,50	8,83	1,19	17,4	0,87	83	9,9
к-15600	UFRGS 086208-3	-3,41	10,80	1,38	30,4	0,68	109	16,6
к-15606	UFRGS 930551-6	-2,05	11,44	1,20	17,8	1,28	112	9,0
к-15607	UFRGS 930597-4	-3,67	11,06	1,40	32,0	0,67	111	17,2
к-15609	UFRGS 953195	-2,77	11,13	1,28	24,4	0,90	110	12,7
к-15617	‘Ассоль’ / ‘Assol’	-1,43	10,62	1,14	13,3	1,54	104	7,0
к-15622	‘Чемал’ / ‘Chemal’	-0,19	10,07	1,02	1,9	9,88	97	1,0
к-15042	‘Simonen’	-1,75	10,55	1,18	16,2	1,16	105	9,3
к-15700	‘Olands’	-2,83	10,95	1,30	25,5	0,86	107	13,0
к-15402	‘Japelour’	-0,31	10,15	1,03	3,1	6,60	98	1,5
к-15054	‘Sirius II’	-1,67	11,90	1,15	14,0	1,70	115	7,0
к-15057	‘Plym’	-0,96	11,77	1,09	8,1	2,72	115	4,4
к-14857	‘Кречет’ / ‘Krechet’	-1,24	9,94	1,13	12,2	1,47	98	6,9
к-15752	ст. ‘Архан’ / st. ‘Arkhan’	-0,93	9,27	1,11	10,2	1,69	89	5,4

Примечания: Y_{min} - Y_{max} – стрессоустойчивость; (Y_{min} + Y_{max})/2 – генетическая гибкость; $К_р$ – коэффициент отзывчивости; И – индекс интенсивности; ИС – индекс стабильности; КА – коэффициент адаптивности; ПУСС – показатель уровня стабильности сорта /

Notes: Y_{min} - Y_{max} – stress resistance; (Y_{min} + Y_{max})/2 – genetic flexibility; $К_р$ – responsiveness coefficient; И – intensity index; ИС – stability index; КА – adaptability coefficient; ПУСС – indicator of cultivar stability level

Реакцию генотипа на изменяющиеся условия среды позволяет оценить расчет показателя интенсивности (И), предложенный В. А. Удачиным и А. П. Головченко[11]. В опыте максимальные значения уровня интенсивности (И = 25,5 – 32,0) по белку в зерне и коэффициента отзывчивости ($К_р$ = 1,30–1,40) отмечены у образцов к-15040 местный (Кения), к-15600 UFRGS 086208-3, к-15607 UFRGS 930597-4 (Бразилия), к-15700 Olands (Швеция). Индекс интенсивности имел отрицательную корреляцию с индексом стабильности (r = -0,711) и положительную с коэффициентом вариации (r = 0,994)

Индекс стабильности (ИС) является показателем гомеостатической реакции образца на различные условия выращивания. Максимально стабильными по содержанию белка были генотипы к-15622 (ИС = 9,88), к-15402 (ИС = 6,60), к-15054 (ИС = 1,70), к-15057 (ИС = 2,72).

Чтобы обладать объективными данными об адаптивности образцов к условиям произрастания, необходимо вычислить коэффициент адаптивности (КА) для сравнения каждого отдельного генотипа со средним содержанием белка образцов по каждому изучаемому году. В эксперименте он варьирует от 83 % (к-15612 Valer, Норвегия) до 115 % (к-15054 Sirius II, Швеция). За 2023–2025 гг. исследований 11 генотипов из 23 имели коэффициент адаптивности свыше 100 %: к-15040 (102 %); к-15627 (100 %); к-15600 (109 %); к-15606 (112 %); к-15607 (111 %); к-15609 (110 %); к-15617 (104 %); к-15042 (105 %); к-15700 (107 %); к-15054 (115 %); к-15057 (115 %).

Способ статистической оценки стабильности сортов предложен Э. Д. Неттевичем [12] по показателю уровня стабильности сорта (ПУСС), который более полно характеризует стабильность и уровень содержания белка в зерне образцов овса. Полученные результаты свидетельствуют, что по стабильности формирования белка в зерне превышали стандарт Архан 19 образцов (ПУСС = 6,6–17,2, или +1,1 – +11,8 к стандарту).

Многие авторы отмечают [10, 16], что одного или двух методов оценки адаптивности недостаточно для всесторонней оценки генотипа. Причина в том, что, хотя разные методы и дают возможность рассмотреть признак со всех сторон и очень глубоко, они иногда могут противоречить друг другу, выдавая разные результаты. Для получения объективных выводов целесообразно использовать большое количество методик, оценивающих адаптивные свойства образцов. Далее необходимо использовать ранжирование всех показателей у каждого генотипа по сумме рангов (табл. 4).

[11]Удачин Р. А., Головченко А. П. Указ. соч.

Таблица 4 – **Ранги показателей адаптивной способности пленчатых образцов овса по признаку «содержание белка в зерне» /**
Table 4 **– Ranks of indicators of adaptive capacity of hulled oat accessions according to the "protein content in grain" trait**

Образец / Accession	*CV**	Y_{min} - Y_{max}	$(Y_{min} + Y_{max})/2$	K_p	*И*	*ИС*	*КА*	*ПУСС*	∑ *рангов* / ∑ *ranks*
UFRGS 930597-4	23	21	5	1	1	21	4	1	54
UFRGS 953195	18	17	4	5	5	15	5	6	57
UFRGS 086208-3	22	20	7	2	2	20	6	2	59
‘Sirius II’	9	11	1	12	15	4	1	15	59
‘Olands’	19	18	6	4	4	17	7	5	61
UFRGS 930551-6	11	14	3	8	10	11	3	13	62
‘Plym’	3	4	2	16	21	3	2	21	69
местный / local	21	19	13	3	3	22	10	3	73
‘Simonen’	14	13	9	10	13	12	8	10	75
‘Ассоль’ / ‘Assol’	8	8	8	13	16	6	9	16	76
‘Донен’ / ‘Donen’	10	10	10	11	14	10	11	14	80
‘Казыр’ / ‘Kazyr’	12	15	11	9	12	13	16	12	88
‘Кулан’ / ‘Kulan’	20	16	17	6	6	22	19	4	90
‘Japelour’	2	2	12	17	22	2	13	22	90
Ot-Fl 520-89	6	6	15	14	19	7	12	18	91
‘Атула 508-89’ / ‘Atula 508-89’	13	12	19	8	9	14	18	11	91
‘Кречет’ / ‘Krechet’	7	7	16	14	17	8	14	17	93
‘Егорыч’ / ‘Egorych’	17	15	20	6	7	19	21	7	95
‘Чемал’ / ‘Chemal’	1	1	14	18	23	1	15	23	95
‘Тройка’ / ‘Troyka’	16	14	20	7	8	18	22	8	97
‘Valer’	15	9	21	9	11	16	23	9	98
‘Памяти Ушакова’ / ‘Pamyati Ushakova’	5	5	18	14	18	9	17	19	100
ст. ‘Архан’ / st. ‘Arkhan’	4	3	19	15	20	5	20	20	102

* Ранги показателя CV не включены в сумму рангов / * The CV ranks are not included in the sum of the ranks

При ранжировании выделили образцы, способные наиболее эффективно формировать повышенный уровень белка в зерне при возделывании в условиях Кировской области. К ним отнесены образцы из Бразилии – к-15600, к-15607, к-15609, Швеции – к-15700 и к-15054 с суммой рангов 54–61. Эти образцы показывают лучшие результаты, когда их выращивают в более жестких условиях. Остальные генотипы отнесены к пластичным сортам, в зерне которых накопление белка в сильной степени зависело от погодно-климатических условий.

Заключение. На основе полученных данных отобраны перспективные генотипы, обладающие потенциалом для создания сортов пленчатого овса с требуемыми характеристиками:

к-15622 Чемал (Россия) – стрессоустойчивый, стабильный по содержанию белка в зерне;

к-15042 Simonen (Финляндия), к-15617 (Россия), к-15627 (Казахстан) – стабильные по содержанию белка в зерне, адаптированные образцы;

к-15040 местный (Кения) – адаптивный по содержанию белка, отзывчивый на условия произрастания.

Для дальнейшего изучения в условиях Кировской области и использования при создании нового материала рекомендуются образцы – к-15600 UFRGS 086208-3, к-15607 UFRGS 930597-4, к-15609 UFRGS 953195 (Бразилия), к-15700 Olands, к-15054 Sirius II (Швеция) (∑ рангов 54–61). Эти генотипы отличаются адаптированностью к изменяющимся условиям среды по признаку «содержание белка в зерне».

Список литературы

1. Барчо М. Х., Денисенко К. М., Сало А. Д., Уткин А. И. Обеспечение продовольственной безопасности Российской Федерации в условиях действия санкций. Вестник Академии знаний. 2023;(1(54)):51–56. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50343993 EDN: NSVQWY

2. Румянцев Н. М., Леонидова Е. Г., Чеплинските И. Р. Качество экономического роста через призму обеспечения населения базовыми благами (на материалах регионов СЗФО). Проблемы развития территории. 2024;28(2):68–84. DOI: https://doi.org/10.15838/ptd.2024.2.130.6 EDN: HJLTPU

3. Абугалиева А. И., Лоскутов И. Г., Савин Т. В., Чудинов В. А. Изучение голозерного овса из коллекции ВИР на качественные показатели в условиях Казахстана. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021;182(1):9–21. DOI: https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-1-9-21 EDN: TIMHPQ

4. Гапонова Л. В., Полежаева Т. А., Матвеева Г. А., Блинова Е. В., Лоскутов И. Г. Особенности подбора сортов овса и ячменя для использования в технологиях получения белково-липидно-углеводных композиций со сбалансированным нутриентным составом. Хранение и переработка сельхозсырья. 2021;(4):118–131. DOI: https://doi.org/10.36107/spfp.2021.252 EDN: WEUVIG

5. Шаболкина Е. Н., Шевченко С. Н., Анисимкина Н. В. Влияние биоактивации на биохимический состав и амилолитическую активность зерна овса голозерного. Зерновое хозяйство России. 2022;(3):31–36. DOI: https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-81-3-31-36 EDN: GYTNHF

6. Кобелев К. В., Харламова Л. Н., Лазарева И. В., Синельникова М. Ю., Матвеева Д. Ю. Овес – перспективный материал для производства растительного молока. Пищевая промышленность. 2022;(7):89–92. DOI: https://doi.org/10.52653/PPI.2022.7.7.016 EDN: KVRCHW

7. Исачкова О. А., Логинова А. О., Коркина В. И. Содержание аминокислот в зерне голозерного овса при различных условиях возделывания. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2022;(5(52)):15–23. DOI: https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-2 EDN: FZPBUQ

8. Шаболкина Е. Н., Шевченко С. Н., Анисимкина Н. В. Результаты исследований реологических и хлебопекарных показателей теста из цельносмолотого биоактивированного зерна овса голозерного в смеси с пшеничной мукой. Зерновое хозяйство России. 2022;(4):28–33. DOI: https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-82-4-28-33 EDN: ISBLCP

9. Pereira H. S., Alvares R. C., Silva F. C., Faria L. C., Melo L. C. Genetic, environmental and genotype x environment interaction effects on the common bean grain yield and commercial quality. Semina: Ciências Agrárias. 2017;38(3):1241–1250. DOI: https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n3p1241

10. Василевский В. Д. Адаптивный потенциал зерновой продуктивности сортов овса в южной лесостепи Западной Сибири в зависимости от предшественника. Вопросы степеведения. 2024;(1):114–125. DOI: https://doi.org/10.24412/2712-8628-2024-1-114-125 EDN: LJJUJP

11. Жуйкова О. А., Баталова Г. А. Оценка генотипов овса на устойчивость к шведской мухе в условиях Кировской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(5):706–713. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.706-713 EDN: LVHDWX

12. Тулякова М. В., Баталова Г. А., Лоскутов И. Г., Пермякова С. В., Кротова Н. В. Оценка адаптивных параметров коллекционных образцов овса пленчатого по урожайности в условиях Кировской области. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021;182(1):72–79. DOI: https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-1-72-79 EDN: AMHHFZ

13. Салтыков С. С., Тулякова М. В., Баталова Г. А., Пермякова С. В. Урожайность и адаптивный потенциал коллекционных образцов пленчатого овса в условиях Волго-Вятского региона. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025;26(6):1195–1205. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.6.1195-1205 EDN: OZIKEU

14. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур. Вестник РАСХН. 2005;(6):49–53.

15. Неттевич Э. Д., Моргунов А. И., Максименко М. И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна. Вестник сельскохозяйственной науки. 1985;(1):66–73.

16. Юсова О. А., Николаев П. Н., Васюкевич С. В., Аниськов Н. И., Сафонова Н. И. Качество зерна сортов ярового овса селекции Омского аграрного научного центра. Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020;(3(185)):81–91. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42724310 EDN: AYYSJW

References

1. Barcho M. Kh., Denisenko K. M., Salo A. D., Utkin A. I. Ensuring food security of the Russian Federation in the conditions of sanctions. *Vestnik Akademii znany* = Bulletin of the Academy of Knowledge. 2023;(1(54)):51–56. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50343993

2. Rumyantsev N. M., Leonidova E. G., Cheplinskite I. R. Quality of Economic Growth through the Prism of Providing Basic Goods to the Population (on the Materials of the NWFD Regions). *Problemi razvitiya territorii* = Problems of Territory's Development. 2024;28(2):68–84. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.15838/ptd.2024.2.130.6

3. Abugalieva A. I., Loskutov I. G., Savin T. V., Chudinov V. A. Evaluation of naked oat accessions from the VIR collection for their qualitative characteristics in Kazakhstan. *Trudi po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2021;182(1):9–21. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-1-9-21

4. Gaponova L. V., Polezhaeva T. A., Matveeva G. A., Blinova E. V., Loskutov I. G. Selection of Oats and Barley Varieties for the Production of Protein-lipid-carbohydrate Compositions with a Balanced Nutrient Composition. *Khraneniye i pererabotka selkhozsirya* = Storage and Processing of Farm Products. 2021;(4):118–131. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.36107/spfp.2021.252

5. Shabolkina E. N., Shevchenko S. N., Anisimkina N. V. The effect of bioactivation on the biochemical composition and amylolytic activity of hulles oats. *Zernovoye khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2022;(3):31–36. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-81-3-31-36

6. Kobelev K. V., Kharlamova L. N., Lazareva I. V., Sinelnikova M. Yu., Matveyeva D. Yu. Oat is a promising material for the production of plant-based milk. *Pishchevaya promishlennost* = Food Industry. 2022;(7):89–92. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.52653/PPI.2022.7.7.016

7. Isachkova O. A., Loginova A. O., Korkina V. I. Amino acid content in the grain of naked oats under various cultivation conditions. *Sibirsky vestnik selskokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2022;52(5):15–23. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.26898/0370-8799-2022-5-2

8. Shabolkina E. N., Shevchenko S. N., Anisimkina N. V. Study results of rheological and baking parameters of dough from wholemeal bioactivated grain of hulless oats mixed with wheat flour. *Zernovoye khozyaystvo Rossii* = Grain Economy of Russia. 2022;(4):28–33. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.31367/2079-8725-2022-82-4-28-33

9. Pereira H. S., Alvares R. C., Silva F. C., Faria L. C., Melo L. C. Genetic, environmental and genotype x environment interaction effects on the common bean grain yield and commercial quality. Semina: Ciências Agrárias. 2017;38(3):1241–1250. DOI: https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n3p1241

10. Vasilevsky V. D. The adaptive potential of grain productivity of oats varieties in the southern forest-steppe of Western Siberia depending on the predecessor. *Voprosi stepevedeniya* = Steppe Science. 2024;(1):114–125. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24412/2712-8628-2024-1-114-125

11. Zhuikova O. A., Batalova G. A. Assessment of oat genotypes for resistance to frit fly in the conditions of the Kirov region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(5):706–713. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.5.706-713

12. Tulyakova M. V., Batalova G. A., Loskutov I. G., Permyakova S. V., Krotova N. V. Assessment of adaptability parameters in hulled oat germplasm accessions in terms of their yield in the environments of Kirov Province. *Trudi po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2021;182(1):72–79. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-1-72-79

13. Saltykov S. S., Tulyakova M. V., Batalova G. A., Permyakova S. V. Yield and adaptive potential of collection samples of filmy oats in the conditions of the Volga-Vyatka region *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2025;26(6):1195–1205. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.6.1195-1205

14. Goncharenko A. A. On adaptivity and ecological resistence of grain crop varieties. *Vestnik RASKHN*. 2005;(6):49–53. (In Russ.).

15. Nettevich E. D., Morgunov A. I., Maksimenko M. I. Increasing the efficiency of spring wheat selection for stability, yield, and grain quality. Agricultural Science Bulletin. 1985;(1):66–73.

16. Yusova O. A., Nikolaev P. N., Vasyukevich S. V., Aniskov N. I., Safonova N. I. Grain quality of spring oat varieties developed at the Omsk agricultural scientific center. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Bulletin of Altai State Agricultural University. 2020;(3(185)):81–91. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42724310

Вклад авторов: все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Сведения об авторах

✉ **Кротова Надежда Викторовна**, кандидат с.-х. наук, ст. научный сотрудник лаборатории селекции овса, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1355-083X**, e-mail: nadja.1979@yandex.ru

Баталова Галина Аркадьевна, доктор с.-х. наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник, зам. директора, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3491-499X

Author contributions: All authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Information about the authors

✉ **Nadezda V. Krotova**, PhD in Agriculture, senior researcher, the Laboratory of Oat Breeding, Federal Agricultural Research Center of North-East named N. V. Rudnitsky, 166-a Lenin Street, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1355-083X**, e-mail: nadja.1979@yandex.ru

Galina A. Batalova, DSc in Agriculture, professor, academician of RAS, chief researcher, deputy director, Federal Agricultural Research Center of North-East named N. V. Rudnitsky, 166-a Lenin Street, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3491-499X**

✉ – Для контактов / Corresponding author

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.592–602
УДК 633.511:631.52

(cc) BY

Качество масла семян хлопчатника. Анализ главных компонент

© 2026. С. В. Григорьев[1]✉, К. В. Илларионова[2], Т. В. Шеленга[3], Л. П. Подольная[3]

[1]*ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук», с. Соленое Займище, Астраханская область, Российская Федерация,*
[2]*ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,*
[3]*ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский научно- исследовательский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

Хлопковое масло занимает третье место в мире после соевого и рапсового по производству масличного сырья и играет значимую роль в разнообразии пищевых рационов. Качество, окислительная стабильность и биологическая эффективность растительных масел зависят от их жирнокислотного состава. Оксистабильность масла важна для производителей масла и торговых сетей, поскольку позволяет удлинять сроки хранения продукта. Цель работы – оценка содержания жирных кислот масла семян хлопчатника видов Gossypium hirsutum L., G. Herbaceum L., G. Barbadense L., выращенных в Южном и Северо-Кавказском ФО РФ, во взаимосвязи с местом возделывания и принадлежности к виду. Была поставлена задача описать взаимозависимости компонентов качества масла, ранжировать факторы, определяющие дисперсию исследованных переменных, оценить признаки качества по факторным нагрузкам. Жирные кислоты (ЖК) изучали с помощью газожидкостной хроматографии. Выявлено, что для хлопкового масла характерно высокое содержание линолевой (40,94 %), олеиновой (33,49 %), пальмитиновой (14,76 %) и стеариновой (6,03 %) ЖК. Содержание остальных ЖК – менее 1,2 %. Влияние места произрастания на содержание линолевой и олеиновой кислот слабое. Наибольшие факторные нагрузки по главному фактору 1 (44,6 % дисперсии) выявлены для арахиновой (-0,89), гептадеценовой (-0,87), пальмитолеиновой (-0,85), бегеновой (-0,85), маргариновой (-0,80), пальмитиновой (-0,78), миристиновой и эйкозадиеновой (по -0,76) кислот. Факторные нагрузки признаков вида хлопчатника и зоны его возделывания минимальны. Несмотря на процентное преобладание линолевой, олеиновой, пальмитиновой и стеариновой кислот, выявлены значимые факторные нагрузки (-0,89…-0,78) для минорных по содержанию кислот, имеющих важную роль в метаболическом формировании качества масла, биогенез которых функционально связан с накоплением характерных для масла олеиновой и линолевой кислот.

Ключевые слова. *Gossypium hirsutum* L., *G. herbaceum* L., *G. barbadense* L, *жирные кислоты масла, факторные нагрузки признаков качества, биофункциональность, оксистабильность растительного масла*

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук» (тема № FNMW-2025-0004), в рамках Государственного задания согласно тематическому плану ВИР 102032421329-8-4.1.1 «Растительные ресурсы масличных и прядильных культур ВИР как основа теоретических исследований и их практического использования (FGEM-2022-0005), в рамках реализации Программы развития ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский Политехнический университет им. Петра Великого» (Приоритет 2030 – достижение технологического суверенитета России).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Григорьев С. В., Илларионова К. В., Шеленга Т. В., Подольная Л. П. Качество масла семян хлопчатника. Анализ главных компонент. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):592–602.
DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.592-602

Поступила: 09.10.2025 Принята к публикации: 20.05.2026
Доработана после рецензирования: 10.04.2026 Опубликована онлайн: 30.06.2026

Cottonseed oil quality: principal component analysis

© 2026. Sergei V. Grigoriev[1]✉, Ksenia V. Illarionova[2], Tatyana V. Shelenga[3], Larisa P. Podolnaya[3]

[1]*Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, s. Solenoe Zajmishche, Astrakhan region, Russian Federation,*
[2]*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russian Federation,*
[3]*Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, Saint-Petersburg, Russian Federation*

Cottonseed oil ranks third in the world after soybean and rapeseed oil in terms of oilseed raw material production and contributes significantly to dietary diversity. The quality, oxidation stability and biological effectiveness of vegetable oil depend on its fatty acid composition. Oil oxidation stability is important for oil producers and retailers as it prolongs the product shelf life.

The aim of the research was to assess the fatty acid content of cottonseed oil of the species Gossypium hirsutum, G. herbaceum, G. Barbadense grown in the Southern and North Caucasian Federal Districts of the Russian Federation in relation to the place of cultivation and belonging to the species. The task was to describe the interdependencies of the oil quality components, to rank the factors determining the dispersion of variables, to assess the quality traits by factor loadings. Fatty acids (FA) were studied using gas-liquid chromatography. It was established that the cottonseed oil was characterized by a high content of linoleic (40.94 %), oleic (33.49 %), as well as palmitic (14.76 %) and stearic FA (6.03 %). The content of other acids was less than 1.2 %. The influence of the growing area on the content of linoleic and oleic acids was weak. The highest factor loadings for the main factor 1 (44.6 % of variance) were carried by arachidic (-0.89), heptadecenoic (-0.87), palmitoleic (-0.85), behenic (-0.85), margaric (-0.80), palmitic (-0.78), myristic and eicosadienoic acids (each by -0.76). Factor loadings of the cotton species traits and its cultivation zone were minimal. Despite the percentage predominance of linoleic, oleic, palmitic and stearic acids, significant factor loadings (-0.89…-0.78) were identified for minor acids playing an important role in the metabolic formation of oil quality, the biogenesis of which is functionally associated with the accumulation of oleic and linoleic acids characteristic of the oil.

Key words. *Gossypium hirsutum* L., *G. herbaceum* L., *G. barbadense* L, *oil fatty acids, factor loadings of quality traits, biofunctionality, vegetable oil oxystability*

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education within the state assignment of the Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences (theme No. FNMW-2025-0004), within the state assignment of the Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources according to the thematic plan 102032421329-8-4.1.1 "Plant resources of oil and fiber crops of VIR as the basis of theoretical research and practical use" (theme No. FGEM-2022-0005), as part of the implementation of the Development Program of the Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (Priority 2030 – achieving technological sovereignty of Russia).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Grigoriev S. V., Illarionova K. V., Shelenga T. V., Podolnaya L. P. Cottonseed oil quality: principal component analysis. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):592–602. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.592-602

Received: 09.10.2025 Accepted for publication: 20.05.2026
Revised: 10.04.2026 Published online: 30.06.2026

В рационе населения большинства стран мира растительное масло является главным источником калорий. Качество и биологическая эффективность растительных масел зависят от жирнокислотного состава (ЖКС). Окислительная стабильность масла исключительно важна для производителей масла и торговых сетей, поскольку позволяет удлинять сроки хранения продукта. Снижение ненасыщенности ЖК масла повышает его стабильность и может достигаться методом гидрогенизации, однако при этом возникает опасность образования трансжирных кислот и связанных с этим проблем со здоровьем. Среди существующих решений проблемы – создание сортов масличных с высоким содержанием олеиновой кислоты или повышение доли мононенасыщенных кислот, поскольку считается, что масла с таким ЖКС более полезны для здоровья и оптимальны для жарки [1]. Хлопчатник является широко культивируемой в мире сельскохозяйственной культурой, возобновляемым источником натурального текстильного волокна и вместе с тем – одной из важнейших масличных культур мира [2, 3]. Урожай семян на единицу площади примерно в 1,5 раза превышает урожай хлопкового волокна. Маслосемена и рафинированные растительные масла различаются по цене в зависимости от их биохимического состава и направления использования. Благодаря окислительной стабильности и потребительским свойствам, хлопковое масло считается наилучшим растительным маслом для жарки, но с адаптированным ЖКС масло может использоваться шире. Биохимический состав экстрагированных растительных масел может меняться в зависимости от селекционного сорта и экологических факторов его возделывания, что может способствовать появлению желательных и нежелательных компонентов. Однако селекционные программы в хлопкосеющих странах мира направлены, прежде всего, на увеличение выхода волокна и его качества. Ориентация селекции культуры на качество волокна существенно сузила генотипическое разнообразие используемого селекционного материала хлопчатника, который также эффективно мог бы быть полезен для улучшения пищевых и кормовых достоинств семян. Как отмечалось [1, 4], диапазон ЖК масла, в частности олеиновой кислоты, в семенах хлопчатника довольно узок среди доступных генетических ресурсов хлопчатника, что затрудняет селекцию специализированных сортов культуры.

Семена хлопчатника остаются не только источником пищевого масла во многих странах, но и потенциальным белковым ресурсом [5]. В мире существует устойчивый спрос на семена хлопчатника с улучшенными биохимическими показателями. Высок интерес к семенам с повышенным содержанием белка, масла, сбалансированным жирнокислотным и аминокислотным

составом для производства биотоплива, продуктов и кормов [6, 7]. В научной литературе приведены данные о том, что у сельскохозяйственных животных, которым в дополнительный рацион вводили хлопковое масло, изменялся профиль жирных кислот – наблюдалось снижение насыщенных ЖК и увеличение мононенасыщенных и полиненасыщенных ЖК. У крупного рогатого скота было описано изменение липидного состава молока, что связывалось с количественным снижением таких жирных кислот, как пальмитиновая и стеариновая [8]. Показано, что эти изменения были связаны с включением в рацион хлопкового масла, богатого линолевой ЖК [9]. Очевидно, что жирнокислотный состав хлопкового масла определяет его разнообразное применение, пищевую и кормовую ценность. Однако в понимании биогенеза хлопкового масла достигнут небольшой прогресс [7]. Анализ ЖК состава масла, изучение комплекса признаков, связанных с регуляцией его качественного состава, имеет большое значение для улучшения качества масла методами классической селекции растений [10].

Цель исследований – оценить содержание жирных кислот (ЖК) в масле семян у сортов хлопчатника российской селекции, выращенных в Южном и Северо-Кавказском ФО России, выделить факторы, определившие изменчивость и сопряженность признаков жирнокислотного состава с ранжированием их значимости по факторным нагрузкам.

Научная новиза – получены данные о принципиальных компонентах ЖКС масла, которые определяют его биологически активные свойства, что имеет важное значение для развития селекции культуры на повышение качества, функциональности и биологической ценности хлопкового масла. Данные о факторных нагрузках жирных кислот во взаимосвязи с оценкой влияния эколого-географического места выращивания семян и принадлежности растений к ботаническому виду составляют *научную ценность*. Исследования имеют *практическую значимость*, поскольку направлены на обогащение набора растительных масел, производимых в России, помогут оценить качественную отличимость хлопкового масла от других растительных масел, выпускаемых в стране, расширить функциональное разнообразие и биологическую ценность продуктов питания и кормовых добавок в России. Исследование особенностей формирования ЖК состава имеет научную значимость и практическую ценность в решении задач эффективного ускорения селекции масличной культуры на повышение качества и биологической ценности масла.

Материал и методы. Изучение ЖКС масла проводили на семенах 12 образцов (сортов и селекционных линий) хлопчатника [5], принадлежащих к трем основным видам, которые широко возделываются в хлопкосеющих странах мира: *Gossypium hirsutum* L. (средневолокнистый); *G. herbaceum* L. (с коротким и грубым волокном); *G. barbadense* L. (тонковолокнистый) (табл. 1). Все представленные 12 образцов выращивали в четырех указанных локациях.

Таблица 1 – **Образцы (сорта и линии) хлопчатника *Gossypium* spp. – источники масла семян /**
Table 1 – **Cotton accessions (cultivars and breeding lines) of *Gossypium* spp. as the sources for seed oil**

Образцы / Accessions	*Вид / Species*	*Технотип / Technotype*
‘Войтенок’ / ‘Voitenok’	*G. hirsutum*	Средневолокнистый / Upland
‘Аболин’ / ‘Abolin’	*G. hirsutum*	-"-
‘Страумал’ / ‘Straumal’	*G. hirsutum*	-"-
‘Рунгрин Brs’ / ‘Rungrin Brs’	*G. hirsutum*	-"-
‘Форс’ / ‘Fors’	*G. hirsutum*	-"-
‘Кумбазик’ / ‘Cumbasic’	*G. hirsutum*	-"-
‘Рунгрин’ / ‘Rungrin’	*G. hirsutum*	-"-
Kuk4	*G. hirsutum*	Коротковолокнистый / Coarse
Kuk5	*G. hirsutum*	-"-
‘Тямин’ / ‘Tiamin’	*G. barbadense*	Тонковолокнистый / Pima
‘Тутум’ / ‘Tutum’	*G. herbaceum*	Коротковолокнистый / Coarse
‘Катипок’ / ‘Katipok’	*G. herbaceum*	-"-

Полевой эксперимент проводили в 2017, 2018 и 2019 гг. в Южном и Северо-Кавказском ФО России: Астраханская обл. (Приволжский р-н); Краснодарский край (Адлерский район г. Сочи, Гулькевичский р-н); Дербентский р-н Дагестана. Поскольку в задачи исследований не входило выявление влияния изменчивости погодных условий разных лет на качество масла, для изучения были использованы семена хлопчатника урожая 2018 г. как наиболее типичного года. Посев образцов производили по бороздам высотой 15–17 см и междурядьем 60 см с послепосевным поливом (Астраханская обл. и Дагестан). Во время вегетации проводили 8 поливов капельным методом в расчете 15–20 л/м^2 во всех пунктах изучения, кроме двух локаций в Краснодарском крае, где хлопчатник выращивался на богаре.

Физико-географические зоны, в которых возделывался хлопчатник, отражают разнообразие типов климата Юга России. Адлерский район Сочи расположен на северной границе зоны влажных субтропиков РФ, почвы на участке – желтоземные бурые лесные (кислые оподзоленные, слабоненасыщенные остаточно-карбонатные), малопродуктивные, с высоким содержанием мелких глинистых фракций. В Гулькевичском районе, расположенном в степной части Прикубанской равнины Краснодарского края, климат умеренно континентальный, с жарким летом, почва – предкавказский чернозем. В Астраханской области климат полузасушливый (семиаридный) – типичный для ландшафта полупустыни, почва на опытном поле луговая. В Дербентском районе Дагестана климат переходный от умеренно-морского к субтропическому полусухому, растения выращивали на светло-каштановой среднесуглинистой слабощелочной почве.

Гидротермические условия вегетации растений в местах выращивания растений хлопчатника достаточно различались (рис. 1). Наиболее сухим месяцем во всех локациях выделился август. Отсутствие осадков было отмечено в Астраханской обл. (0 мм), в Дагестане и Гулькевичском районе Краснодарского края выпало 21,2–24,3 мм осадков соответственно, а наибольшее количество отмечено в Адлере – до 78,0 мм. Сухая погода августа благоприятствовала созреванию и раскрытию коробочек на растениях хлопчатника, поскольку осадки в июне (до 143,8 мм в Гулькевичском районе Краснодарского края) и середине июля (до 108,0 мм в Адлере) способствовали дружному цветению хлопчатника и формированию плодоэлементов на растениях. Максимальные среднемесячные температуры июля и августа (от 24,2 до 28,5 °С) обеспечили благоприятные условия для эффективного развития растений хлопчатника во всех четырех пунктах проведения экспериментов.

Хлопок-сырец собирали вручную из коробочек нижних плодовых ветвей всех растений изучаемых делянок в середине сентября. Была составлена общая проба хлопка-сырца, репрезентативная для каждого изучаемого образца хлопчатника, после чего семена отделяли от волокна пильным джином.

Подготовку проб и изучение жирнокислотного состава масла семян методом газожидкостной хроматографии проводили согласно опубликованным методикам[1]. Статистическая обработка данных на основе корреляционного анализа и метода главных компонент проведена с применением STATISTICA 10 for Windows (Informer Technologies Inc., US). Анализ главных компонент (PCA) [11] позволил идентифицировать и информативно описать латентные взаимозависимости показателей качества масла, выделить и ранжировать факторы, описывающие дисперсию и корреляцию переменных, ранжировать каждый исследованный признак и его факторные нагрузки.

Результаты и их обсуждение. В таблице 2 приведено содержание пятнадцати жирных кислот (ЖК) в масле семян у образцов хлопчатника. Для хлопкового масла из семян всех локаций выращивания характерно высокое содержание диненасыщенной омега-6 линолевой ЖК (40,94 %), мононенасыщенной омега-9 олеиновой (33,49 %) а также насыщенных пальмитиновой (14,76 %) и стеариновой ЖК (6,03 %). Содержание полиненасыщенной омега-3 линоленовой ЖК составило 0,9 %, мононенасыщенной омега-9 эйкозеновой – 1,2 %. В условиях влажных субтропиков РФ, в единичном случае, содержание насыщенной лигноцериновой ЖК достигало 1,54 %. Остальные изученные жирные кислоты хлопкового масла семян всех регионов РФ имели минорное содержание – менее 0,51 %.

[1]Ермаков А. И., Арасимович В. В., Смирнова-Иконникова М. И., Ярош Н. П. Луковникова Г. А. Методы биохимических исследований растений. Л.: Колос, 1972. С. 178.

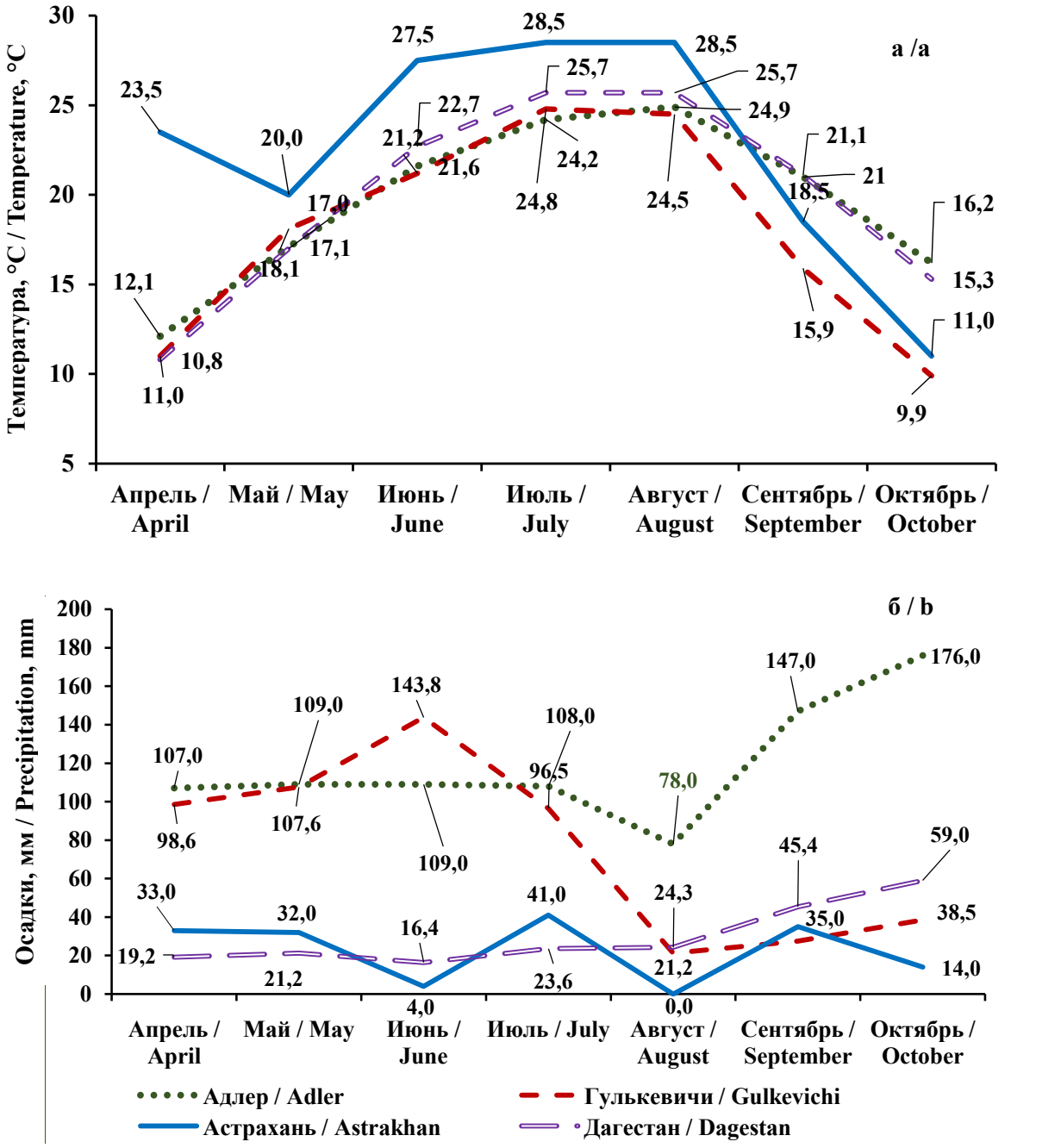

Рис. **Гидротермические условия вегетации растений в регионах изучения (2018 г.): а – среднемесячная температура воздуха, °С; б – среднемесячное количество осадков, мм**

Fig. **Hydrothermal conditions of plant vegetation in the regions of study (2018): a – average monthly temperature, °C; b – average monthly precipitation, mm**

Результатами корреляционного анализа установлено, что условия выращивания хлопчатника в указанных физико-географических зонах юга РФ значимо не оказали влияния на содержание линолевой (r = 0,3) и олеиновой кислоты (r = 0,2) (табл. 3). Однако сильная корреляция (r = 0,7) обнаружена между экогеографической вариансой и содержанием полиненасыщенной линоленовой и насыщенной стеариновой ЖК. Средняя корреляция (r = 0,4) выявлена между содержанием пальмитиновой и вакценовой ЖК. Обнаружена средняя зависимость (r = 0,4) особенностей жирнокислотного состава хлопкового масла с зоной возделывания и принадлежностью растений к виду хлопчатника, который имеет среднее влияние только на содержание пальмитиновой, стеариновой и линоленовой ЖК (r = 0,4-0,5).

Таблица 2 – **Содержание жирных кислот масла семян сортообразцов хлопчатника, % (n = 12) (2018 г.) /**
Table 2 – **Content of fatty acids of cottonseed oil accessions, % (n = 12) (2018)**

Жирная кислота / Fatty acid	*1*	*2*	*3*	*4*	$\bar{x}$	*s*
Линолевая / Linoleic	40,13	36,06	39,94	47,64	40,94	6,26
Олеиновая / Oleic	34,32	33,81	35,23	30,58	33,49	6,43
Пальмитиновая / Palmitic	12,36	19,04	11,41	16,22	14,76	4,89
Стеариновая / Stearic	8,81	2,40	9,63	3,29	6,03	3,36
Эйкозеновая / Eicosadienoic	0,46	3,85	0,26	0,21	1,20	1,92
Линоленовая / Linolenic	1,38	0,33	1,51	0,36	0,90	0,63
Лигноцериновая / Lignoceric	0,26	1,54	0,19	0,20	0,55	0,84
Арахиновая / Arachidic	0,25	0,50	0,21	0,31	0,32	0,28
Пальмитолеиновая / Palmitoleic	0,30	0,45	0,22	0,27	0,31	0,26
Миристиновая / Myristic	0,19	0,56	0,12	0,23	0,28	0,33
Бегеновая / Behenic	0,28	0,40	0,18	0,24	0,28	0,31
Эйкозадиеновая / Eicosadienoic	0,35	0,32	0,30	0,12	0,27	0,39
Вакценовая / Vaccenic	0,51	0,02	0,30	0,02	0,21	0,31
Гептадеценовая / Heptadecenoic	0,15	0,26	0,19	0,08	0,17	0,20
Маргариновая / Margaric	0,17	0,22	0,19	0,11	0,17	0,19

Примечания: 1 – Гулькевичский р-н; 2 – Адлер (Краснодарский кр.); 3 – Астраханская обл.; 4 – Дагестан; $\bar{x}$ – среднее; s – стандартное отклонение; p = 0,05 /

Notes: 1 – Gulkevichsky district; 2 – Adler (Krasnodar region); 3 – Astrakhan region; 4 – Dagestan; $\bar{x}$ – mean; s – standard deviation; p = 0.05

Анализируя коэффициенты корреляции содержания кислот масла между собой, можно отметить, что крайне сильно были связаны (r = 0,9) содержания маргариновой и гептадеценовой, гептадеценовой и эйкозадиеновой, стеариновой и линоленовой, арахиновой и бегеновой ЖК (табл. 3). Ряд авторов [10] отмечал сильную отрицательную корреляцию содержания линолевой и линоленовой кислот ЖКС хлопкового масла. Однако в наших исследованиях обнаружена слабая отрицательная корреляция (r = -0,2) этих ЖК.

Вместе с тем выявлено, что содержание линолевой ЖК коррелировало с эйкозеновой ЖК (r = -0,7), а линоленовой кислоты – с миристиновой (r = -0,4), пальмитиновой (r = -0,4), пальмитиновой (r = -0,7), пальмитолеиновой (r = -0,3), стеариновой (r = 0,9) и олеиновой (r = 0,4) ЖК.

Для многосторонней оценки профиля жирных кислот масла, влияния локации выращивания и вида хлопчатника во всей совокупности и взаимосвязях всех этих компонентов был проведен анализ главных компонент (*PCA*). Метод явился информативным математическим инструментом для выделения, оценки, ранжирования факторов, определяющих дисперсию набора переменных (признаков) и соответствующих факторных нагрузок для каждой ЖК, экогеографических локаций и вида хлопчатника. С использованием критерия «каменистой осыпи» [11] из множества выявленных факторов были выделены четыре, которые суммарно объяснили 81,4 % дисперсии признаков комплекса ЖК (табл. 4).

Формирование комплекса признаков ЖКС хлопкового масла является многофакторным процессом. Было выявлено, что основная доля дисперсии признаков содержания кислот (44,6 %) определялась фактором 1, который условно был назван главным. По фактору 1 выявлены наибольшие факторные нагрузки для признаков, но не было обнаружено различного знака нагрузок в пределах $|0{,}89| - |0{,}63|$ (по модулю). Наибольшие факторные нагрузки по фактору 1 несли: арахиновая кислота (-0,89), гептадеценовая (-0,87), пальмитолеиновая (-0,85), бегеновая (-0,85), маргариновая (-0,80), пальмитиновая (-0,78), миристиновая и эйкозадиеновая кислоты (по -0,76 каждая). Нагрузки признака принадлежности хлопчатника к виду и признака эколого-географической зоны возделывания растений были минимальными (-0,36 и 0,25 соответственно).

Таблица 3 – **Корреляция содержания жирных кислот масла хлопчатника, принадлежности к виду и локации выращивания /**
Table 3 – **Correlations of FA content of cottonseed oil, species affiliation and growing location**

Признак / Traits	14:0*	16:0	16:1	17:0	17:01	18:0	18:1c9	18:1c11	18:2	18:3	20:0	20:1	20:2	22:0	24:0	*Вид*
14:0	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16:0	0,6	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16:1	0,7	0,6	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17:0	0,5	0,5	0,7	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17:1	0,7	0,5	0,8	0,9	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18:0	-0,4	-0,8	-0,3	-0,2	-0,2	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18:1c9	-0,5	-0,5	-0,6	-0,4	-0,4	0,2	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18:1c11	-0,2	-0,5	-0,2	-0,2	-0,2	0,7	0,1	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-
18:2	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	0,1	-0,6	0,1	1,0	-	-	-	-	-	-	-
18:3	-0,4	-0,7	-0,3	-0,2	-0,2	0,9	0,4	0,5	-0,2	1,0	-	-	-	-	-	-
20:0	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	-0,5	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	1,0	-	-	-	-	-
20:1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	-0,5	0,4	-0,3	-0,7	-0,3	0,5	1,0	-	-	-	-
20:2	0,5	0,4	0,7	0,8	0,9	-0,1	-0,4	0,0	-0,3	-0,1	0,7	0,2	1,0	-	-	-
22:0	0,5	0,5	0,7	0,7	0,8	-0,4	-0,3	-0,2	-0,4	-0,3	0,9	0,5	0,8	1,0	-	-
24:0	0,4	0,3	0,5	0,7	0,6	-0,2	-0,4	-0,2	-0,2	-0,3	0,5	0,3	0,6	0,6	1,0	-
Вид	0,0	0,4	0,3	0,1	0,2	0,5	0,0	0,3	0,1	0,5	0,3	0,3	0,2	0,3	0,0	1,0
Локация	0,2	0,4	0,1	0,1	0,1	0,7	0,2	0,4	0,3	0,7	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,4

* 14:0 – миристиновая;16:0 – пальмитиновая;16:1 – пальмитолеиновая;17:0 – маргариновая;17:01 – гептадеценовая; 18:0 – стеариновая;18:1c9 – олеиновая; 18:1c11 – вакценовая; 18:2 – линолевая; 18:3 – линоленовая; 20:0 – арахиновая; 20:1 – эйкозеновая; 20:2 – эйкозадиеновая; 22:0 – бегеновая; 24:0 – лигноцериновая /
* 14:0 – myristic; 16:0 – palmitic; 16:1 – palmitoleic; 17:0 – margaric; 17:01 – heptadecenoic; 18:0 – stearic; 18:1c9 – oleic; 18:1c11 – vaccenic; 18:2 – linoleic; 18:3 – linolenic; 20:0 – arachidic; 20:1 – eicosene; 20:2 – eicosadienoic; 22:0 – behenic; 24:0 – lignoceric

Таблица 4 – **Факторные нагрузки признаков качества масла, зоны возделывания и вида хлопчатника по основным факторам/**
Table 4 – **Factor loadings of oil quality traits, cultivation zone and species of cotton for the main factors**

Жирная кислота / Fatty acid	*Факторные нагрузки/ Factor loadings*		
	*фактор 1 / factor 1**	*фактор 2 / factor 2*	*фактор 3 / factor 3*
Арахиновая / Arachidic	-0,89	-0,09	0,22
Гептадеценовая / Heptadecenic	-0,87	-0,40	-0,03
Пальмитолеиновая / Plamitoleic	-0,85	-0,16	-0,21
Бегеновая / Behenic	-0,85	-0,24	0,20
Маргариновая / Margaric	-0,80	-0,39	-0,09
Пальмитиновая / Plamitic	-0,78	0,40	-0,13
Миристиновая / Miristic	-0,76	-0,01	-0,20
Эйкозадиеновая / Eicosadienic	-0,76	-0,49	0,00
Лигноцериновая / Lignoceric	-0,63	-0,18	-0,02
Эйкозеновая / Eicosenic	-0,43	0,12	0,76
Линолевая / Linoleic	0,25	0,31	-0,88
Вакценовая / Vaccenic	0,39	-0,56	-0,17
Олеиновая / Oleic	0,50	-0,04	0,84
Линоленовая / Linolenic	0,56	-0,72	0,09
Стеариновая / Stearic	0,59	-0,74	-0,20
Ботанический вид / Species	-0,36	0,45	0,22
Зона возделывания / Cultivation zone	0,25	-0,82	0,07

* Фактор 1 – главный, обусловивший 44,6 % дисперсии признаков; фактор 2 – 18,0 % дисперсии; фактор 3 – 13,4 % дисперсии / * Factor 1 – the main factor that caused 44.6 % of the variance of traits; factor 2 – 18.0 % of the variance; factor 3 – 13.4 % of the variance

Фактор 2, который определял не более 18,0 % дисперсии признаков, выделил признак эколого-географической зоны возделывания (факторная нагрузка -0,82), а также содержание линоленовой и стеариновой ЖК (нагрузки -0,72 и -0,74 соответственно). Фактор 3 (13,4 % дисперсии) указал на линолевую и олеиновую ЖК с нагрузками -0,88 и 0,84 соответственно (табл. 4).

Понимание закономерностей метаболизма липидов является принципиально важным для избрания путей повышения качества растительного масла. Несмотря на то что биохимия синтеза масла в растениях достаточно исследована, принципиальные факторы, определяющие изменчивость содержания жирных кислот у ряда масличных культур, еще малоизучены [12, 13]. Наши исследования ЖКС масла семян хлопчатника трех видов показали, что на момент уборки урожая доминирующими по содержанию в масле хлопковых семян являлись линолевая (40,94 %), олеиновая (33,49 %), пальмитиновая (14,76 %) и стеариновая (6,03 %) ЖК. Наши данные совпадают с выводами ранее проведенных исследований процесса формирования ЖКС масла семян у сорта Xinluzao 33 (*Gossypium hirsutum* L.) [10]. Однако, несмотря на полученное в нашем исследовании количественное преобладание в масле линолевой, олеиновой, пальмитиновой и стеариновой ЖК, была выявлена значимая факторная нагрузка для минорных по концентрации насыщенных и мононенасыщенных ЖК – арахиновой, гептадеценовой, пальмитолеиновой, бегеновой, маргариновой и пальмитиновой кислот. Наши выводы о функциональной значимости этих ЖК согласуются с заключением цитированных выше авторов, указавших на значимую роль этих кислот в онтогенетическом формировании жирнокислотного профиля хлопкового масла – начальные этапы формирования ЖКС масла хлопчатника связаны с динамикой именно этих кислот.

Содержание арахиновой, пальмитолеиновой, бегеновой, лигноцериновой и миристиновой кислот было изначально относительно высоким, но по мере полного и конечного формирования ЖКС масла снижалось. Проведенные нами исследования показали, что именно эти ЖК имели наибольшие факторные нагрузки (табл. 3). Необходимо отметить, что в отличие от выводов в работе [10], наши заключения основываются на исследованиях ЖКС не одного сорта хлопчатника, а генотипически разнообразного материала, который был выращен в четырех климатических зонах РФ. Это позволило нам утверждать, что, помимо указанных ЖК (арахиновой, пальмитолеиновой, бегеновой, пальмитиновой), гептадеценовая и маргариновая кислоты имеют значимую факторную нагрузку в метаболическом формировании конечных признаков качества масла хлопчатника к моменту уборки урожая. Онтогенетическое увеличение содержания линолевой и олеиновой ЖК можно условно назвать вторичным. Как было показано в нашем исследовании, линолевая и олеиновая ЖК имели значимо низкие и невысокие факторные нагрузки (табл. 4) несмотря на то, что процент содержания их в масле, в конечном счете, был наивысшим (табл. 2).

Растительные масла имеют различное качество и соответственно отличающиеся способы их пищевого использования. Из числа производимых в РФ масел уникальным составом полиненасыщенных ЖК обладает конопляное масло [14, 15]. В отличие от хлопкового, конопляное масло не используется для высокотемпературной жарки. Как показали результаты предыдущих исследований [11], в масле конопли по содержанию доминировали линолевая (55,1 %), линоленовая (16,8 %) и пальмитиновая (13,6 %) ЖК, в то время как в хлопковом – преобладают линолевая (40,9 %), олеиновая (33,5 %) и пальмитиновая (14,8 %). В сравнении с конопляным маслом, линоленовой ЖК в хлопковом содержится всего лишь 0,6 %. Сравнительный анализ главных компонент ЖКС масел промышленной конопли и хлопчатника показывает, что арахиновая, бегеновая и пальмитолеиновая ЖК хлопкового масла имеют наибольшие факторные нагрузки (от -0,78 до -0,89, табл. 4), тогда как у конопляного масла нагрузки этих ЖК контрастно низкие (0,05–0,61), а основную факторную нагрузку в формировании ЖКС масла конопли несли миристиновая и линолевая кислоты (0,73–0,81).

Заключение. Исследование ЖКС семян 12 сортообразцов хлопчатника трех видов при эколого-географическом посеве на юге РФ показало, что доминирующими по содержанию в масле на момент уборки урожая являлись линолевая (40,94 %), олеиновая (33,49 %), пальмитиновая (14,76 %) и стеариновая (6,03 %) жирные кислоты. Однако содержание арахиновой, пальмитолеиновой, бегеновой, лигноцериновой и миристиновой ЖК может быть функционально связано с конечным накоплением олеиновой и линолевой ЖК. Следует предположить, что для селекции сортов хлопчатника с улучшенным ЖКС масла необходимо вести мониторинг содержания минорных ЖК масла (арахиновой (C20:0), гептадеценой (C17:1) пальмитолеиновой (C16:1), бегеновой (C22:0), маргариновой (C17:0), которые имели высокие факторные нагрузки. Для повышения окислительной стабильности и продления сроков хранения хлопкового масла без значимого ущерба его биологической активности, может быть рекомендовано увеличение содержания мононенасыщенной олеиновой ЖК. Вместе с тем оптимизация содержания биологически активных полиненасыщенных ЖК хлопкового масла, таких как линолевая, линоленовая и другими, позволит повысить биофункциональное качество (антиоксидантную активность) масла, расширить сферу его использования (масло для заправки салатов), допуская, что хлопковое товарное масло с относительно высоким содержанием ненасыщенных кислот не будет предназначено для длительного хранения и использования при высокотемпературной кулинарной обработке.

References

1. Sturtevant D., Horn P., Kennedy C., Hinze L., Percy R., Chapman K. Lipid metabolites in seeds of diverse Gossypium accessions: molecular identification of a high oleic mutant allele. Planta. 2017;245(3):595–610. DOI: https://doi.org/10.1007/s00425-016-2630-3

2. Wang N., Ma J., Pei W., Wu M., Li H., Li X. et al. A genome-wide analysis of the lysophosphatidate acyltransferase (LPAAT) gene family in cotton: organization, expression, sequence variation, and association with seed oil content and fiber quality. BMC Genomics. 2017;18(1):218. DOI: https://doi.org/10.1186/s12864-017-3594-9

3. Wu M., Pei W., Wedegaertner T., Zhang J., Yu J. Genetics, Breeding and Genetic Engineering to Improve Cottonseed Oil and Protein: A Review. Frontiers in plant science. 2022;13:864850.
DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2022.864850

4. Dowd M. K., Boykin D. L., Meredith W. R. Jr., Campbell B. T., Bourland F. M., Gannaway J. R. et al. Fatty acid profile of cottonseed genotypes from the national cotton variety trials. Cotton Science. 2010;14:64–73.
URL: https://www.cotton.org/journal/2010-14/2/upload/JCS14-64.pdf

5. Григорьев С. В., Хорева В. И., Илларионова К. В. Содержание белка в семенах хлопчатника в Южном и Северокавказском ФО России. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2019;(81):91–96.
DOI: https://doi.org/10.21515/1999-1703-81-91-96 EDN: WIJOOP

Grigoryev S. V., Khoreva V. I., Illarionova K. V. Cotton seed protein content in southern and North-Caucasian FD of Russia. *Trudi Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019;(81):91–96. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.21515/1999-1703-81-91-96

6. Ma J., Jia B., Bian Y., Pei W., Song J., Wu M. et al. Genomic and co-expression network analyses reveal candidate genes for oil accumulation based on an introgression population in Upland cotton (*Gossypium hirsutum*). Theoretical and applied genetics. 2024;137(1):23. DOI: https://doi.org/10.1007/s00122-023-04527-3

7. Shang X., Cheng C., Ding J., Guo W. Identification of candidate genes from the SAD gene family in cotton for determination of cottonseed oil composition. Molecular genetics and genomics. 2017;292(1):173–186.
DOI: https://doi.org/10.1007/s00438-016-1265-1

8. Aprianita A., Donkor O. N., Moate P. J., Williams S. R., Auldist M. J., Greenwood J. S. et al. Vasiljevic Effects of dietary cottonseed oil and tannin supplements on protein and fatty acid composition of bovine milk. The Journal of dairy research. 2014;81(2):183–192. DOI: https://doi.org/10.1017/S0022029914000065

9. Atbhaiya Y., Sharma R., Gandhi K., Mann B., Gautam P. B. Methods to differentiate between cotton tract area ghee and cotton seed oil adulterated ghee. Journal of food science and technology. 2022;59(2):4782–4793.
DOI: https://doi.org/10.1007/s13197-022-05563-5

10. Ma L., Cheng X., Wang C., Zhang X., Xue F., Li Y. et al. Explore the gene network regulating the composition of fatty acids in cottonseed. BMC plant biology. 2021;21(1):177. DOI: https://doi.org/10.1186/s12870-021-02952-4

11. Григорьев С. В., Илларионова К. В., Подольная Л. П., Шеленга Т. В. Использование метода главных компонент в ранжировании образцов конопли посевной *Cannabis sativa* L. по жирнокислотному составу масла для ускорения селекции. Биотехнология и селекция растений. 2023;6(4):6–13.
DOI: https://doi.org/10.30901/2658-6266-2023-4-o2 EDN: EGEPCA

Grigoriev S. V., Illarionova K. V., Podolnaya L. P., Shelenga T. V. The use of the principal component analysis in ranking hemp (*Cannabis sativa* L.) accessions according to the seed oil fatty acid composition for crop improvement. *Biotekhnologiya i selektsiya rasteny* = Plant Biotechnology and Breeding. 2023;6(4):6–13. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.30901/2658-6266-2023-4-o2

12. He M., Qin C. X., Wang X., Ding N. Z. Plant unsaturated fatty acids: biosynthesis and regulation. Frontiers in Plant Science. 2020;11:390. DOI: https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00390

13. Yang S., Miao L., He J., Zhang K., Li Y., Gai J. Dynamic transcriptome changes related to oil accumulation in developing soybean seeds. International journal of molecular sciences. 2019;20(9):2202.
DOI: https://doi.org/10.3390/ijms20092202

14. Илларионова К. В., Григорьев С. В. Изменчивость свойств конопляного масла различного происхождения. Международный технико-экономический журнал. 2014;(6):80–83.
Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=23135743 EDN: TMHGSR

Illarionova K. V., Grigoryev S. V. The diversity of properties of hempy oil of various origins. *Mezhdunarodny tekhniko-ekonomichesky zhurnal*. 2014;(6):80–83. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=23135743

15. Grigoryev S. V., Shelenga T. V., Illarionova K. V. Hempseeds (*Cannabis* spp.) as a source of functional food ingredients, prebiotics and phytosterols. Agricultural and Food Science. 2020;29(5):460–470.
DOI: https://doi.org/10.23986/afsci.95620

Вклад авторов: Григорьев С. В. – разработка концепции и реализация плана исследования, подбор образцов хлопчатника для исследований, анализ и визуализация данных, написание оригинального текста; Илларионова К. В. – разработка концепции и реализация плана исследования, анализ и визуализация данных, написание оригинального текста; Шеленга Т. В. – процедуры газожидкостной хроматографии; Подольная Л. П. – вычитка статьи.

Сведения об авторах

✉ **Григорьев Сергей Владимирович,** кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук», ул. квартал Северный, д.8, с. Соленое Займище, Астраханская область, Российская Федерация, 416251, e-mail: pniiaz@mail.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7670-4360,** e-mail: ser.grig@mail.ru

Илларионова Ксения Викторовна, кандидат техн. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», ул. Политехническая 29, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190000, e-mail: office@spbstu.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2563-6094**

Татьяна Васильевна Шеленга, кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский научно-исследовательский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова», ул. Большая Морская 42, 44, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3992-5353**

Лариса Петровна Подольная, кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский научно-исследовательский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова», ул. Большая Морская 42, 44, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4962-1989**

Contribution of the authors: Grigoriev S. V. – development of the concept and implementation of the research plan, creation of a set of cotton accessions for the research, data analysis and visualization, writing the original text; Illarionova K. V. – development of the concept and implementation of the research plan, data analysis and visualization, writing the original text; Shelenga T. V. – gas-liquid chromatography procedures; Podolnaya L. P. – the article proofreading.

Information about the authors

✉ **Sergei V. Grigoriev,** PhD in Agricultural Science, senior researcher**,** Precaspian Agrarian Federal Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 8 Kvartal Severny str., s. Solenoe Zajmishche, Astrakhan region, Russian Federation, 416251, e-mail: pniiaz@mail.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7670-4360**, e-mail: ser.grig@mail.ru

Ksenia V. Illarionova, PhD in Engineering**,** associate professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29, Polytechnicheskaya Street, Saint-Petersburg, Russian Federation, 195251, e-mail: office@spbstu.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2563-6094**

Tatyana V. Shelenga, PhD in Biological Science, leading researcher, Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Str., St. Petersburg, Russian Federation, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3992-5353**

Larisa P. Podolnaya, PhD in Biological Science, leading researcher, Federal Research Center N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources, 42, 44 Bolshaya Morskaya Str., St. Petersburg, Russian Federation, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4962-1989**

✉ – Для контактов / Corresponding author

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.603–613
УДК 581.4:582.572.225:635.92

(cc) BY

Сравнительный анализ образцов редкого вида *Allium grande* Lipsky в условиях культуры (г. Уфа)

© 2026. Л. А. Тухватуллина, А. Н. Мустафина✉, З. Х. Шигапов
Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение ФГБНУ Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа, Российская Федерация

***Цель исследования** – изучить биологические особенности и провести сравнение двух образцов разного происхождения редкого эндемичного вида Allium grande Lipsky в условиях культуры. Работу выполняли в период 2011–2024 гг. в северной лесостепи Башкирского Предуралья. В результате исследования выявили, что образцы, выращенные из семян разного происхождения (Республика Дагестан и Эстония), но произрастающие в одинаковых условиях, отличаются фенотипически, показателями семенной продуктивности и датами фенофаз. По всем параметрам дагестанский образец имеет более высокие показатели, чем эстонский, как по морфометрическим параметрам, так и по семенной продуктивности. Фенологические наблюдения показали смещение сроков у дагестанского образца на более ранние даты. По значениям коэффициента вариации большинство признаков обладают нормальной степенью изменчивости (CV – 6,1–24,4 %). Факторный анализ показал, что температура воздуха оказывает максимальное влияние на фенологические фазы, этот фактор ключевой для роста и развития особей. Образцы A. grande в наших условиях показали хорошую морозостойкость, также не было обнаружено повреждений вредителями и болезнями. Биохимический анализ выявил в листьях образцов A. grande в период весеннего отрастания высокое содержание биологически активных веществ (аскорбиновая кислота – 140,45–165,3 мг%, каротин – 4,89–7,38 мг/100 г и др.). Вероятно, причина редкости A. grande связана с длительным периодом его прегенеративного развития. Культивирование данного редкого эндемичного вида в условиях ботанического сада имеет важное значение для сохранения его генофонда вне естественной среды обитания.*

Ключевые слова: *Allium* L. *редкий вид, интродукция, фенология, семенная продуктивность*

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках программы «Биологическое разнообразие растительных ресурсов России: состояние, динамика, экология видов и сообществ, сохранение генофонда, проблемы интродукции, воспроизводства и неистощительного использования» (№ 125012200599-6).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Тухватуллина Л. А., Мустафина А. Н., Шигапов З. Х. Сравнительный анализ образцов редкого вида *Allium grande* Lipsky в условиях культуры (г. Уфа). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):603–613. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.603-613

Поступила: 20.10.2025
Доработана после рецензирования: 26.02.2026
Принята к публикации: 08.06.2026
Опубликована онлайн: 30.06.2026

Comparative analysis of the rare species *Allium grande* Lipsky accessions under cultivated conditions (Ufa)

© 2026. Lenvera A. Tukhvatullina, Alfiya N. Mustafina✉, Zinnur Kh. Shigapov
South-Ural Botanical Garden-Institute – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russian Federation

***The aim of the study** was to investigate the biological characteristics and compare two accessions of different origins of the rare endemic species Allium grande Lipsky under cultivated conditions. The research was carried out in 2011–2024 in the northern forest-steppe zone (Bashkir Cis-Urals). The study revealed that accessions grown from seeds of different origins (Dagestan Republic and Estonia), but growing under identical conditions, differ phenotypically, in seed productivity, and in phenological phase dates. The Dagestan accession exhibits higher performance than the Estonian accession in all parameters, including morphometric parameters and seed productivity. Phenological observations revealed an earlier maturation date for the Dagestan accession. According to the coefficient of variation scale, most traits exhibit normal variability (CV = 6.1–24.4 %). Factor analysis showed that air temperature has the greatest impact on phenological phases, a key factor for the growth and development of individuals. A. grande accessions demonstrated good frost resistance under our conditions, and no damage from pests or diseases was detected. Biochemical analysis revealed high levels of biologically active substances (such as ascorbic acid – 140.45–165.3 mg%, carotene – 4.89–7.38 mg/100 g, etc.) in the leaves of A. grande specimens during spring regrowth. The rarity of A. grande is likely due to its long period of pregenerative development. Cultivation of this rare endemic species in a botanical garden is important for preserving the gene pool and can be considered as an effective method of preserving it outside its natural habitat.*

Keywords: *Allium* L., *rare species, introduction, phenology, seed productivity*

***Acknowledgments*:** the work was carried out with the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the program "Biological diversity of plant resources of Russia: state, dynamics, ecology of species and communities, conservation of the gene pool, problems of introduction, reproduction and sustainable use" (No. 125012200599-6).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert assessment of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Tukhvatullina L. A., Mustafina A. N., Shigapov Z. Kh. Comparative analysis of the rare species *Allium grande* Lipsky accessions under cultivated conditions (Ufa). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):603–613. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.603-613

Received: 20.10.2025 Accepted for publication: 08.06.2026
Revised: 26.02.2026 Published online: 30.06.2026

На современном этапе сохранение биологического разнообразия представляет собой одну из приоритетных задач. В связи с этим особую значимость приобретают исследования биологии редких и исчезающих видов растений в условиях их естественного обитания [1, 2]. Значительную роль в сохранении видов играет метод *ex situ* – культивирование в искусственных условиях. Создание таких условий невозможно без участия ботанических садов, играющих ключевую роль в сохранении биоразнообразия растений, включая редкие виды. В них проводятся работы по интродукции новых для региона видов и форм, имеющих ценные хозяйственные свойства [3, 4]. Этот подход дает возможность глубоко изучить биолого-экологические характеристики видов, помогает выявлять причины их редкости и заложить основу для будущей реинтродукции. Важное значение придается изучению семенной продуктивности, поскольку она является ключевым фактором размножения редких и эндемичных видов, а также определения их возможностей к выращиванию в условиях интродукции [5].

Род *Allium* L., являющийся крупнейшим в семействе Alliaceae, включает по разным данным от 500 до 750 видов [6]. Представители этого рода отличаются высокой экологической пластичностью и встречаются в самых разнообразных природных условиях – от равнин до высокогорных зон, от засушливых пустынь до арктических зон. Многие виды луков обладают высокой пищевой ценностью, лечебными свойствами и декоративными качествами. Для их полноценного культивирования крайне важна информация о биологии, агротехнике и происхождении посадочного материала. Преобладающая часть луков обладает высокой зимостойкостью и морозоустойчивостью. Тщательное изучение луков-эфемероидов будет способствовать их более широкому использованию в культуре.

Изучение отдельных представителей рода *Allium* и их биологических особенностей стало предметом многочисленных научных исследований [6, 7]. Современный этап изучения этого рода ставит перед учёными новые задачи, требующие детального анализа и обобщения данных, а также углубленного понимания не только структуры и динамики растительных сообществ, но и их систематического разнообразия, экологических и биологических характеристик видов.

В коллекции травянистых многолетников Южно-Уральского ботанического сада УФИЦ РАН (г. Уфа) род Лук (*Allium* L.) занимает значительное место (около 100 таксонов). На базе коллекции проводятся интродукционные исследования биологических особенностей луков (фенология, семенная продуктивность, размножение, устойчивость к климатическим условиям, болезням и вредителям), а также их биохимического состава [8, 9].

К одним из интересных представителей рода *Allium* относится вид – *Allium grande* Lipsky (лук крупный) (секция Megaloprason). Редкий вид, эндемик Восточного Кавказа [10], включен в Красные книги РФ (2023)[1], Дагестана (2009)[2], Чеченской республики (2007)[3]. Культивируется в Горном Ботаническом саду ДНЦ РАН (г. Махачкала) [11]. Вид очень декоративен, обладает комплексом хозяйственно полезных признаков. Как декоративное, пищевое и лекарственное растение активно используется местным населением. В настоящее время данный вид запрещен к сбору в природе [10].

[1]Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). Отв. ред. Н. В. Бардунов, В. С. Новиков. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с. URL: https://djvu.online/file/gJezgSTQlOCQ8?ysclid=mpzerzlm6r10162791

[2]Муртазалиев Р. А., Теймуров А. А. Лук крупный – *Allium grande* Lipsky. Красная книга Республики Дагестан. Махачкала: 2009. С. 68–69.

[3]Красная книга Чеченской Республики. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и животных. Грозный: 2007. 432 с. URL: https://macrolepidoptera.ru/lnk/185.pdf

Исследование биологии в разных аспектах *A. grande* проводили многие авторы. Ряд работ коллег из Дагестана и Азербайджана посвящён изучению вида в его естественных условиях обитания и условиях культуры [11, 12]. Работа по изучению вида в Предгорном Дагестане проводилась в Талгинском ущелье (высота 575 м н.у.м.), а интродукционные исследования – на экспериментальных базах Горного ботанического сада ДНЦ РАН – в Цудахарской (1100 м н.у.м.) и Гунибской (1750 м н.у.м.). Результаты показали, что семенная продуктивность *A. grande* в природе и культуре отличается: в условиях интродукции она увеличивается, однако, с повышением высоты над уровнем моря заметно снижается. Коллегами из Азербайджана обсуждается нахождение новой точки с *A. grande*, фенотипическое состояние вида и родство лука крупного с иранским видом *A. chelotum* Wendelbo. В разных источниках литературы особое внимание уделено изучению семенной продуктивности вида и особенностям морфофизиологических параметров [11, 13]. Также блок работ посвящен изучению биохимических показателей видов рода [14, 15].

Цель исследования – изучить биологические особенности и провести сравнение двух образцов разного происхождения (Республика Дагестан и Эстония) редкого эндемичного вида *Allium grande* Lipsky в условиях *ex siti* (на территории Южно-Уральского ботанического сада УФИЦ РАН (г. Уфа)).

Научная новизна – впервые проведено сравнение двух образцов разного происхождения редкого эндемичного вида Российской Федерации *Allium grande* Lipsky в условиях интродукции (на территории Южно-Уральского ботанического сада УФИЦ РАН (г. Уфа)). Изучены морфометрические параметры, семенная продуктивность и особенности фенологии. Впервые изучен биохимический состав листьев вида.

Материал и методы. *A. grande* – Лук крупный – это травянистое луковичное многолетнее растение. Стебель высотой до 70 см, с чуть заметными жилками (рис. 1). Плотная луковица, яйцевидно-шаровидной формы, в диаметре 2,5 см, 2–4 шт. ремневидных листа шириной до 5 см. Почти шаровидное соцветие густоватое, многоцветковое; цветки звездчатой формы, бело-розового оттенка с острыми лепестками 6-7 мм длиной, после цветения они отгибаются. Тычиночные нити чуть короче лепестков. Ножка завязи короткая и гладкая. Небольшое количество соцветий образуют по одной бульбочке. Встречаются соцветия с отходящими от него в разные стороны другими соцветиями (рис. 1, в). Весенний эфемероид, который начинает вегетацию с конца марта и зацветает в мае [10]. Размножается семенами, вегетативно, а также луковичками, формирующимися в соцветии. Это светолюбивое лесное растение, предпочитающее увлажненные участки среди кустарников[4].

а / a **б / b** **в / c**

Рис. 1. ***A. grande*** **в условиях интродукции: а – в период цветения; б, в – в период плодоношения**

Fig. 1. ***A. grande*** **under introduction conditions: a – during the flowering period, b, c – during the fruiting period**

[4]Введенский А. И. Род Лук – *Allium* L. В кн.: Флора СССР. М.-Л.: 1935. Т. IV. С. 138. URL: https://djvu.online/file/nomJOteQ8qZpx?ysclid=mm1u00deud841762087

Условия климата для интродукции видов (г. Уфа, Башкирское Предуралье, зона северной лесостепи) со среднегодовой температурой воздуха 3,8 °С и суммой осадков 590 мм, отрицательными средними месячными температурами в течение 5 месяцев в году, средней январской температурой -14,5 °С, с абсолютным минимумом до -55 °С, средней температурой июля 19 °С, с абсолютным максимумом до 40 °С, безморозным периодом в регионе в среднем 135 дней. Характеристики были рассчитаны на основе информации из архива погоды с сайта[5].

Регион имеет умеренно-континентальный климат. Вегетационный период 2022 г. начался во 2-й половине апреля. Осадков выпало больше нормы, однако дефицит наблюдался только в июле и сентябре. В то же время в июне их количество в 2 раза превысило обычную норму. Средняя температура в вегетационный период составила 14,5 °С. В июле прогревание воздуха – до 32,4 °С. В 2023 г. условия были жаркими и засушливыми, вегетация началась раньше – в начале апреля. Осадков выпало в 2 раза меньше, чем в 2022 г., среднемесячная температура – на 2 °С выше нормы – 15,7 °С. В 2024 г. весна была ранняя, с оптимальным соотношением температур и осадков, вегетация началась в начале апреля. В июне воздух прогрелся до 20,1 °С, с суммой осадков 70 мм. В июле и августе количество выпавших осадков превысило норму в 3 раза, в сентябре зафиксирован их недостаток.

В работе использовали общепринятые методы интродукционных и биологических исследований[6, 7]. Изучение морфометрических характеристик проводили по методу В. Н. Голубева[8] на 20–25 средневозрастных генеративных особях. Измерения выполняли в фазы цветения и плодоношения по следующим параметрам: высота генеративного побега, см; диаметр генеративного побега, см; длина листа, см; ширина листа, см; длина соцветия, см; ширина соцветия, см; количество цветков в соцветии, шт.; диаметр цветка, см; количество плодов в соцветии, шт.; количество семян на соцветие, шт.

Факторный анализ провели методом главных компонент (PCA) с использованием матрицы корреляций [4, 16].

Анализ данных выполняли в MS Excel 2016 с применением пакета статистических программ Statistica 10 и базовых статистических показателей [1][9].

Анализ биохимических показателей *A. grande* провели на базе лаборатории отдела химического анализа кормов растениеводческой и пищевой продукции в ФГУ «Центр агрохимической службы «Башкирский». Листья лука на анализ отбирали в утренние часы в фазу отрастания. Наличие и количество аскорбиновой кислоты определяли йодометрическим методом; сухое вещество – по ГОСТ 31640[10]; азот и протеин – фотометрическим индофенольным методом; фосфор – фотометрическим методом по ГОСТ 26657[11]; калий – пламенно-фотометрическим методом по ГОСТ 30504[12]; кальций – комплексонометрическим методом по ГОСТ 26570[13]; сырой жир – по ГОСТ 13496.15[14];

[5]Погода и климат. Погода в Уфе. [Электронный ресурс]. URL: http://www.pogodaiklimat.ru/forecast/28722.htm (дата обращения: 05.10.2025).

[6]Бейдеман И. Н. Методика изучения фенологии растений и растительных сообществ. Новосибирск: Наука, 1974. 154 с. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_007270973/

[7]Вайнагий И. В. О методике изучения семенной продуктивности растений. Ботанический журнал. 1974;59(6):826–831.

[8]Голубев В. Н. Основы биоморфологии травянистых растений центральной лесостепи. Воронеж, 1962. 511 с. URL: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_006070267/

[9]Любимов В. Б., Мельников И. В., Силенок А. В. Математические методы в экологии: учебное пособие. Брянск: РИО БГУ, 2017. 201 с. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29138553&ysclid=mm1tie751w712656415 EDN: YNQPRT

[10]ГОСТ 31640-2012. Корма. Методы определения сухого вещества. М.: Стандартинформ, 2012. 11 с. URL: https://gostassistent.ru/mainsearch?q=ГОСТ%2031640&type=document

[11]ГОСТ 26657-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. 12 с. URL: https://gostassistent.ru/mainsearch?q=ГОСТ%2026657&type=document

[12]ГОСТ 26657-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Пламенно-фотометрический метод определения содержания калия. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. 11 с. URL: https://gostassistent.ru/mainsearch?q=ГОСТ%2030504&type=document

[13]ГОСТ 26570-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения кальция. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1995. 16 с. URL: https://gostassistent.ru/mainsearch?q=ГОСТ%2026570&type=document

[14]ГОСТ 13496.15-2016. Корма, комбикорма, комбикормовое сырьё. Методы определения массовой доли сырого жира. М.: Стандартинформ, 2016. 12 с. URL: https://gostassistent.ru/mainsearch?q=ГОСТ%2013496.15&type=document

каротин – фотометрическим методом по ГОСТ 13496.17[15]; углеводы (сахара) – по ГОСТ 26176[16]; марганец, цинк, медь, кобальт, железо – атомно-абсорбционным методом по ГОСТ 30178-96[17].

Результаты и их обсуждение. Работу проводили в ботаническом саду на протяжении 13 лет (2011–2024 гг.). Материалом для работы послужили растения, выращенные из семян, образцы которых получены из г. Махачкала (Республика Дагестан) и г. Тарту (Эстония) в 2011 г. Образцы условно обозначили Dag (Дагестан) и Est (Эстония). Семена образцов лука крупного посеяли в III декаде октября 2011 г. Всходы появились в 2012 г. в середине апреля, их вегетация продолжалась до 30–35 дней. Прегенеративное развитие длительное. У эстонского образца первые цветущие растения появились на 6-7-й год жизни (2017-2018 гг.), массовое стрелкование отмечено только на 8-9-й год (2019-2020 гг.). У дагестанского образца первые цветоносные стрелки отросли на 8–10-й год жизни (2019–2021 гг.), массовое цветение отмечено на 11-12-й год (2022-2023 гг.).

Начало весеннего отрастания образцов *A. grande* в условиях искусственного фитоценоза Башкирии происходило обычно в I-II декадах апреля. Фенологические данные исследуемых образцов схожи между собой, различаются только по годам исследования. В 2022 г. возобновление отмечено 13 апреля (холодный, дождливый май и июнь), 2023-2024 гг. – 5–8 апреля (ранняя, жаркая и засушливая весна и начало лето); начало появления стрелки у образцов за годы изучения – 14–12 апреля; начало раскрытия чехлика в 2022 г. – 21-22 мая; в 2023-2024 гг. – 30 апреля – 2 мая (раньше на 20 дней); начало цветения в 2022 г. – 26 мая, в 2023 г. – 8–10 мая (раньше на 15–17 дней), в 2024 – 14–18 мая (раньше на 8–12 дней). В 2022 г. фаза цветения образцов лука крупного составила 17 дней, в 2023 г. – 16-17 дней, в 2024 г. – 14–18 дней, созревание семян в 2022 г. отмечено – 16 июля – 28 июля, в 2023 г. – 26 июня – 10 июля (раньше на 19–21 дней), 2024 г. – 30 июня – 11 июля (раньше на 17-18 дней по сравнению с 2022 г.). В 2022 г. вегетационный период лука крупного длился 102–107 дней, в 2023 г. – 90–97 дней, в 2024 – 93–95 дней (дагестанский и эстонский образец соответственно).

Фенологию *A. grande* проанализировали на основе факторного анализа (табл. 1 и рис. 2). Для анализа взяли два наиболее значимых фактора – температура воздуха и осадки. Выявлено, что наиболее сильная отрицательная нагрузка по первому фактору «температура» выявлена для Dag (-0,994 и -0,988) – весеннее возобновление и полное созревание семян, по Est (-0,948 – -0,986) – начало цветение, начало созревания семян и их полное созревание. Для этих фенологических стадий важна теплая погода, с низким или умеренным количеством осадков. Максимальная положительная нагрузка по второму фактору «осадки» выявлена для растрескивания чехлика (Dag – 0,603, Est – 0,543). Видимо, чем выше влажность, тем быстрее наступает эта фаза. На появление цветоноса у образца Est, очевидно, влияет не участвующий в анализе фактор. По данным таблицы видно, что фактор «температура воздуха» по первой компоненте является ключевым для роста и развития особей и именно он оказывает максимальное влияние на фенологические фазы. На образец, полученный с Дагестана, влияние обоих факторов сказалось сильнее – у него отмечено смещение сроков на более ранние даты.

Исследуемые образцы лука крупного фенотипически отличаются между собой не только по габитусу, но и по окраске листовой пластики (табл. 2). Образец Dag имеет листья темно-зеленого цвета, Est – светло-зеленого. По морфометрическим параметрам дагестанский образец имеет более высокие показатели: высота стрелки длиннее на 11,3 см; длина листа – на 15 см; ширина листа – на 2,3 см; диаметр соцветия – на 1,6 см; высота соцветия – на 1,9 см. Наибольшее сходство между исследуемыми образцами выявлено по диаметру стебля и диаметру цветка.

Изучение изменчивости морфопризнаков показало, что коэффициент вариации имеет нормальный уровень варьирования для большинства показателей (CV – 6,1–28,8 %), кроме диаметра соцветия, где зафиксировано небольшое варьирование (CV – 4,9 %). Наименьшей вариабельностью характеризуются такие параметры, как высота генеративного побега и диаметр цветка, наибольшей – метрические показатели листа. Амплитуда изменения параметров влияет на фенотипические различия растений и может указывать на их высокую адаптивную способность к условиям обитания.

[15]ГОСТ 13496.17-2019. Корма. Методы определения каротина. М.: Стандартинформ, 2019. 12 с. URL: https://gostassistent.ru/mainsearch?q=ГОСТ%2013496.17&type=document
[16]ГОСТ 26176-2019. Корма, комбикорма. Методы определения растворимых и легкогидролизуемых углеводов. М.: Стандартинформ, 2019. 16 с. URL: https://gostassistent.ru/mainsearch?q=ГОСТ%2026176&type=document
[17]ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. М.: Стандартинформ, 2010. 10 с. URL: https://gostassistent.ru/mainsearch?q=ГОСТ%2030178-96&type=document

Таблица 1 – **Результаты факторного анализа фенологических показателей двух образцов *A. grande* /**
Table 1 – **Results of factor analysis of phenological parameters of two *A. grande* samples**

Параметр / Parameter	*Dag*		*Est*	
	фактор 1 / factor 1 (t, °C)	*фактор 2 / factor 2 (Σ, mm)*	*фактор 1 / factor 1 (t, °C)*	*фактор 2 / factor 2 (Σ, mm)*
Весеннее возобновление / Spring renewal	-0,994	0,014	-0,863	0,227
Появление цветоноса (начало) / The emergence of a peduncle (beginning)	-0,876	-0,407	-0,659	-0,586
Растрескивание чехлика / Cracking case	-0,750	0,603	-0,802	0,543
Начало цветения / Beginning of flowering	-0,878	-0,216	-0,986	-0,077
Окончание цветения / End of flowering	-0,851	0,167	-0,865	0,057
Начало созревания семян / The beginning of seed ripening	-0,898	-0,265	-0,953	-0,205
Полное созревание семян / Full ripening of seeds	-0,988	-0,046	-0,948	0,201
Дисперсия, % / Dispersion, %	32,015	5,771	11,945	1,460

Примечания: t, °C – средняя температура воздуха, °C; Σ, мм – сумма осадков, мм /
Notes: t, °C – average air temperature, °C; Σ, mm – total precipitation, mm

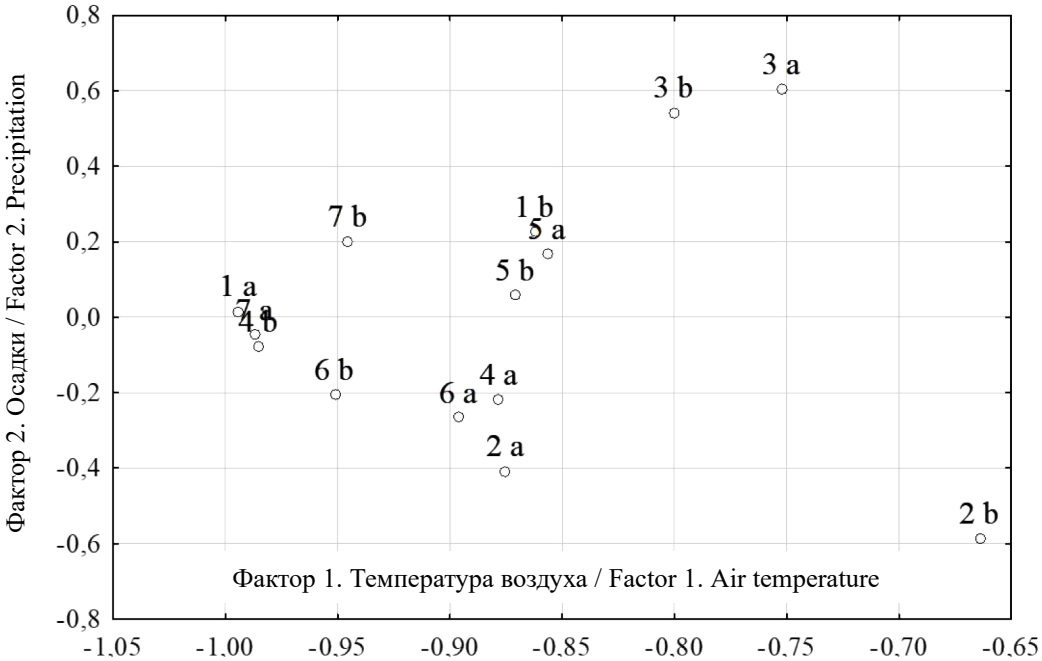

Рис. 2. **Структура влияния факторов на фенологические фазы двух образцов *A. grande*. Цифрами обозначены фенологические стадии двух образцов (a – Dag, b – Est): 1 – весеннее возобновление; 2 – появление цветоноса; 3 – растрескивание чехлика; 4 – начало цветения; 5 – окончание цветения; 6 – начало созревания семян; 7 – полное созревание семян /**

Fig. 2. **Structure of the influence of factors on the phenological phases of two *A. grande* accessions. The numbers indicate the phenological stages of two accessions. (a – Dag, b – Est): 1 – spring renewal; 2 – appearance of the peduncle; 3 – cracking case; 4 – beginning of flowering; 5 – end of flowering; 6 – beginning of seed ripening; 7 – full seed ripening**

Таблица 2 – **Морфометрические параметры образцов *A. grande* (2022–2024 гг.) /**
Table 2 – **Morphometric parameters of *A. grande* accessions. (2022–2024)**

Параметр / Parameter	*Dag*		*Est*		$t_{факт}$
	X±Sx	*CV, %*	*X±Sx*	*CV, %*	
Высота генеративного побега, см / Height of generative shoot, cm	80,10±1,06	6,9	68,80±1,14	8,9	7,234*
Диаметр генеративного побега, см / Diameter of the generative shoot, cm	1,10±0,03	15,6	0,90±0,03	15,1	3,232*
Количество листьев, шт. / Number of leaves, pcs.	4,20±0,28	28,8	5,70±0,27	21,7	3,554*
Длина листа, см / Sheet length, cm	40,10±0,94	12,2	25,10±1,13	24,4	10,124*
Ширина листа, см / Sheet width, cm	7,10±0,20	14,4	4,80±0,16	18,4	9,032*
Высота соцветия, см / Inflorescence height, cm	7,30±0,17	11,7	6,40±0,18	15,5	3,685*
Диаметр соцветия, см / Inflorescence diameter, cm	8,00±0,09	6,1	6,10±0,06	4,9	17,448*
Диаметр цветка, см / Flower diameter, cm	1,40±0,05	18,5	1,20±0,03	12,7	3,046*

Примечания: X – среднее; Sx – ошибка среднего; *показатель достоверен при 5%-м уровне значимости /
Notes: X – mean; Sx – error of the mean; *the indicator is reliable at a 5% significance level

Сравнение морфометрических показателей двух образцов *A. grande* по критерию Стьюдента показало значительные различия между ними ($t_{факт}$<2,021). Это свидетельствует о том, что единые условия местообитания оказывают разное влияние на рост и развитие растений.

При изучении репродуктивной биологии важным этапом является установление семяпродуктивности растений. В таблице 3 показаны характеристики репродуктивных показателей образцов лука крупного в условиях культуры за 2022–2024 гг. Исследуемые образцы лука крупного почти по всем показателям семяпродуктивности различаются как между собой, так и по годам исследования. В 2022 г. дагестанский образец отличался от эстонского наибольшим количеством цветков (92,5–205,6 шт.), плодов (80,0–175,7 шт.), по массе 1000 шт. семян (9,81±0,11 г) и завязываемости плодов (87,84±0,92 %), эстонский образец – наибольшим количеством семян в соцветии (184,75±10,57 шт.) и плоде (2,68±0,10 шт.), более высоким коэффициентом реализации семяпродуктивности (38,14±0,64 %). Если сравнить по годам, то у обоих образцов в 2023-2024 гг. (ранняя, жаркая, засушливая весна и начало лето) наблюдается увеличение количества цветков и плодов, у дагестанского образца количество цветков – на 113,1 шт. (205,57±11,09), плодов – на 95,7 шт. (175,71±10,09), у эстонского – цветков на 16,9 шт. (97,91±5,28), плодов – на 16,4 шт. (85,10±6,43), масса 1000 семян заметно уменьшается – у дагестанского на 1,68 г (8,38±0,20), у эстонского на 1,97 г (6,96±0,37) по сравнению с 2022 г. В 2023 г. у эстонского образца плодообразование снизилось на 11 %. В 2023-2024 гг. по всем показателям семяпродуктивности превосходство имеет дагестанский образец: в 2023 г. цветков в соцветии больше на 48,5 шт. (146,17±8,33), плодов – на 53,7 шт. (126,83±8,13), семян – на 161,3 шт. (290,83±33,97), завязываемость плодов – на 12,4 % (86,73±2,37), реальная семенная продуктивность, г/растение – на 1,5 г (2,38±0,28), коэффициент реализации семенной продуктивности – на 11,4 % (32,95±2,76). В 2024 г. у дагестанского образца цветков в соцветии больше на 108,0 шт. (205,57±11,09), плодов – на 90,6 шт. (175,71±10,09), семян – на 218,6 шт. (338,43±27,31), реальная семенная продуктивность, г/растение – на 2,2 г (2,86±0,33), коэффициент реализации семенной продуктивности – на 7,6 % (27,61±1,98).

Средние показатели (за 3 года исследований) реальная семенная продуктивность (РСП) меньше потенциальной семенной продуктивности (ПСП) в 3,3 раза у дагестанского образца, в 3,6 раза – у эстонского. Показатели семенной репродуктивности за годы исследований в условиях ботанического сада (г. Уфа) получены удовлетворительными, реализация потенциальной возможности семяпродуктивности у дагестанского образца в среднем составила 30 %, у эстонского образца – 27 %.

Шкала коэффициента вариации показала, что большинство признаков обладают нормальной степенью изменчивости (CV – 6,3–37,8 %). Небольшое варьирование зафиксировано для следующих показателей: завязываемости плодов

(CV – 2,1 % в 2022 г. и 3,6 % в 2024 г.); массы 1000 семян (CV – 3,4 % в 2022 г. и 4,0 % в 2023 г.); коэффициента реализации семенной продуктивности (CV – 3,3 % в 2022 г.).

Сравнение репродуктивных показателей по критерию Стьюдента выявило различия между образцами по большинству параметров ($t_{факт}$<2,119). Наибольшая схожесть выявлена в 2022 г. между параметрами: количество семян в соцветии, масса 1000 семян, завязываемость плодов, РСП, ПСП. В начале вегетационного периода 2022 г., когда проходила активная фаза роста, были обильные осадки, что, видимо, и отразилось на данных показателях.

Таблица 3 – **Репродуктивные показатели образцов *A. grande* (2022–2024 гг.) /**
Table 3 – **Reproductive parameters of *A. grande* accessions (2022–2024)**

Параметр/ Parameter	*Год / Year*	*Dag*		*Est*		$t_{факт}$
		X±Sx	*CV, %*	*X±Sx*	*CV, %*	
Количество цветков в соцветии, шт. / Number of flowers in inflorescence, pcs.	2022	92,5±4,63	10,0	81,0±5,89	14,5	2,431*
	2023	146,2±8,33	13,9	97,7±4,12	11,1	5,674*
	2024	205,6±11,09	14,2	97,9±5,28	17,9	9,814*
Количество плодов в соцветии, шт. / Number of fruits in inflorescence, pcs.	2022	80,0±1,80	11,9	68,7±2,50	7,3	3,024*
	2023	126,8±8,13	15,7	73,1±4,68	16,9	6,422*
	2024	175,7±10,09	15,2	85,1±6,43	23,8	8,383*
Количество семян в соцветии, шт. / Number of seeds in inflorescence, pcs.	2022	169,5±17,80	21,0	184,7±10,57	11,4	0,706
	2023	290,8±33,97	28,6	129,5±18,09	34,2	5,049*
	2024	338,4±27,31	21,3	119,8±12,61	33,2	8,481*
Масса 1000 семян, г / Weight of 1000 seeds, g	2022	9,8±0,11	3,4	8,8±0,40	19,5	1,985
	2023	8,4±0,20	6,3	7,6±0,14	4,0	1,998
	2024	8,1±0,23	7,8	6,8±0,31	11,0	3,518*
Завязываемость плодов, % / Fruit set, %	2022	87,8±0,92	2,1	85,2±3,77	8,8	0,557
	2023	86,7±2,37	6,7	74,3±2,57	8,4	4,467*
	2024	85,5±1,19	3,6	86,1±2,20	8,1	0,044
Обсемененность плодов, шт/плод / Fruit seeding, pcs/fruit	2022	2,1±0,15	14,6	2,7±0,10	7,4	4,239*
	2023	2,3±0,14	14,8	1,7±0,11	16,6	3,618*
	2024	1,9±0,13	16,6	1,4±0,06	14,1	4,689*
Реальная семенная продуктивность, г/экз. / Actual seed productivity, g/spec.	2022	1,6±0,17	21,0	1,9±0,11	11,4	1,124
	2023	2,4±0,28	28,6	0,9±0,13	34,2	5,739*
	2024	2,9±0,33	28,3	0,8±0,10	37,8	8,095*
Потенциальная семенная продуктивность, г/экз. / Potential seed productivity, g/spec.	2022	5,4±0,28	10,2	4,9±0,36	14,5	1,795
	2023	7,2±0,41	13,9	3,9±0,10	6,4	7,648*
	2024	10,1±0,78	20,3	3,9±0,28	22,2	8,795*
Коэффициент реализации семенной продуктивности, % / Seed productivity realization coefficient, %	2022	29,3±2,66	15,7	38,1±0,64	3,3	4,216*
	2023	32,9±2,76	20,5	21,5±1,87	21,2	3,983*
	2024	27,6±1,98	18,9	20,0±1,18	18,7	3,688*

Примечания: X – среднее; Sx – ошибка среднего; *Показатель достоверен при 5%-м уровне значимости /
Notes: X – mean; Sx – error of mean; *The indicator is reliable at a 5% significance level.

Размножение лука крупного осуществляется семенами и луковицами. В наших условиях (Башкирское Предуралье) в соцветиях образуется несколько луковичек (1-2 шт.). Грунтовая всхожесть семян довольно высокая – до 70 %. За счет естественного вегетативного размножения происходит разрастание гнезда особей, но лук крупный имеет низкий коэффициент размножения – 1,2 и 1,5 (эстонский и дагестанский соответственно).

За годы наблюдений в наших условиях образцы *A. grande* показали хорошую морозостойкость (при ежегодной инвентаризации не было обнаружено выпадов особей, также не повреждались весенними заморозками). При ежегодных периодических визуальных осмотрах

в течение вегетационного периода не было обнаружено повреждений вредителями и болезнями (ржавчиной, пероноспорозом, серой шейковой гнилью, черно-коричневой пятнистостью, которые являются наиболее распространенными грибковыми заболеваниями луков).

Для определения биохимического состава листьев материал отбирали весной – в фазу отрастания. Проведенный биохимический анализ выявил, что в весенних листьях *A. grande* содержится: сухого вещества – 10,66 (Est) – 11,37 (Dag) %; сырого жира – 0,29 (Dag) – 0,34 (Est) %; протеина – 1,16 (Est) – 1,88 (Dag) %; азота – 0,17 (Dag) – 0,86 (Est) %; аскорбиновой кислоты (витамина С) – 140,45 (Est) – 165,32 (Dag) мг%; каротина – 4,89 (Est) – 7,38 (Dag) мг/кг; сахаров – 2,42 (Dag) – 2,48 (Est) %; из минеральных веществ: калия – 0,35 (Dag) – 0,40 (Est) %; фосфора – 0,02 (Dag) – 0,03 (Est) %; кальция – 0,02 (Est) – 0,50 (Dag) %; цинка – 0,61 (Dag) – 0,63 (Est) мг/кг; марганца – 0,36 (Dag) – 0,44 (Est) мг/кг; меди – 0,17 (Dag) – 0,22 (Est) мг/кг; кобальта – 0,0024 (Est) – 0,0009 (Dag) мг/кг (в расчете на сырое вещество). Дагестанский образец отличается наибольшим накоплением витамина С, каротина, протеина, железа, сухого вещества, эстонский – азота, марганца и другими.

Заключение. Проведенные многолетние исследования двух образцов (Республика Дагестан и Эстония) редкого эндемичного вида РФ *A. grande* на территории Южно-Уральского ботанического сада УФИЦ РАН (г. Уфа) показали, что данные образцы, выращенные из семян разного происхождения, имеют различный уровень реакции на изменение экологических условий местообитания, что проявляется и в габитусе особей (дагестанский образец более мощный по габитусу), показателях семенной продуктивности (наибольшие у дагестанского образца) и сроках наступления фенодат (у дагестанского образца они смещены на более ранние сроки). Фенотипическое превосходство дагестанского образца проявляется как в вегетативной (размер листьев, соцветий), так и в генеративной сферах (количество цветков, плодов), что определяет репродуктивные способности и декоративные качества. По степени варьирования значений большинство признаков обладают нормальной степенью изменчивости (CV – 6,1–24,4 %). Показатели семенной репродуктивности удовлетворительные, степень реализации потенциальной возможности семяобразования – 27 и 30 % (эстонского и дагестанского соответственно). Размножение семенное и вегетативное, грунтовая всхожесть семян высокая (до 70 %). Факторный анализ показал, что ключевым для роста и развития особей является температура воздуха, которая оказывает максимальное влияние на фенологические фазы. Образцы *A. grande* в наших условиях показали хорошую морозостойкость. При ежегодных периодических визуальных осмотрах не обнаружено повреждений вредителями и болезнями.

Биохимический анализ выявил в листьях образцов *A. grande* в период весеннего отрастания высокое содержание биологически активных веществ – аскорбиновая кислота (140,45–165,3 мг%), каротин (4,89–7,38 мг/100 г) и других.

Анализируя результаты многолетнего изучения, причина редкости *A. grande*, видимо, связана с длительным периодом его прегенеративного развития (т. е. с длительным временем, необходимым для получения способных к цветению луковиц). В наших условиях массовое цветение исследованных образцов наступало только на 8-9-й (эстонский) и на 11-12-й (дагестанский) годы жизни, характеризуясь низкими коэффициентами размножения – 1,5 и 1,2 соответственно.

A. grande имеет высокую ценность не только как редкий эндемичный вид, но и как красивоцветущее декоративное, лекарственное и пищевое растение. Культивирование этого растения в условиях ботанического сада имеет важное значение для сохранения его генофонда вне естественной среды обитания.

Список литературы

1. Злобин Ю. А., Скляр В. Г., Клименко А. А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения. Сумы: Университетская книга, 2013. 439 с.

2. Jacquemyn H., Brys R., Hermy M., Willems J. H. Long-term dynamics and population viability in one of the last populations of the endangered *Spiranthes spiralis* (Orchidaceae) in the Netherlands. Biologycal Conservation. 2007;134(1):14–21. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.07.016

3. Rockwood L. L. Introduction to population ecology. London: Blackwell Publ., 2006. 309 p. URL: https://content.e-bookshelf.de/media/reading/L-7026673-1c47193cad.pdf

4. Podani J. Introduction to the exploration of multivariate biological data. Leiden: Backhuys, 2000. 407 p. URL: https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/343591?journalCode=qrb

5. Baasanmunkh Sh., Choi H. Ja., Oyuntsetseg B., Friesen N. V. Seed testa sculpture of species of *Allium* L. (Amaryllidaceae) and its taxonomic implications. Turczaninowia. 2021;24(1):154–161.
URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44897134 EDN: BXWZST

6. Середин Т. М., Иванова М. И., Шумилина В. В., Ушакова И. Т., Марчева М. М. Многолетние луки, используемые в пищевых, декоративных и лекарственных целях. Современное садоводство. 2020;(1):40–48. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44435119 EDN: QTSVCR

7. Исаенко Т. Н. Хозяйственно-биологические показатели рода *Allium* L. Вестник АПК Ставрополья. 2019;(1(33)):83-87. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=37380289 EDN: ZEKGHJ

8. Тухватуллина Л. А., Абрамова Л. М. Коллекция рода *Allium* L. Южно-Уральского ботанического сада-института. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2022;183(4):192–207.
DOI: https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-192-207 EDN: AZQQSC

9. Тухватуллина Л. А. К биологии и биохимии *Allium hollandicum* R.M. Fritsch в культуре в Башкирском Предуралье. Вестник КрасГАУ. 2023;(9):10–16. DOI: https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-9-10-16
EDN: FHWOJS

10. Литвинская С. А., Муртазалиев Р. А. Флора Северного Кавказа. М.: Фитон XX1, 2013. 668 с.

11. Дибиров М. Д., Османов Р. М. Результаты изучения изменчивости семенной продуктивности дагестанских эндемичных видов рода *Allium* L. Известия Дагестанского ГАУ. 2023;(4(20)):34–39.
DOI: https://doi.org/10.52671/26867591_2023_4_34 EDN: IKVECN

12. Керимов В., Муртазалиев Р. А. К нахождению *Allium grande* (Alliaceae) в Азербайджане. Ботанический журнал. 2016;101(1):108–111. DOI: https://doi.org/10.1134/S0006813616010087 EDN: VHECWN

13. Манапова С. Р., Алиев М. Г. Сравнительные морфофизиологические особенности лука крупного в предгорьях Центрального Дагестана. Вестник Дагестанского государственного университета. Серия 1: Естественные науки. 2022;37(2):88–95. DOI: https://doi.org/10.21779/2542-0321-2022-37-2-88-95 EDN: HMEMZN

14. Adeyeye A. Physico-chemical characteristics and fatty acid profile of *Allium fistulosum* vegetable plant. International Journal of Advanced Chemistry. 2020;8(2):239–243. DOI: https://doi.org/10.14419/ijac.v8i2.31215

15. Tian M., Bai Y., Tian H., Zhao X. The chemical composition and health - promoting benefits of vegetable oils - A review. Molecules. 2023;28(17):6393. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules28176393

16. Шитиков В. К., Зинченко Т. Д. Многомерный статистический анализ экологических сообществ (обзор). Теоретическая и прикладная экология. 2019;(1):5–11.
DOI: https://doi.org/10.25750/1995-4301-2019-1-005-011 EDN: ZDRREX

References

1. Zlobin Yu. A., Sklyar V. G., Klimenko A. A. Populations of rare plant species: theoretical foundations and methods of study. Sumi: *Universitetskaya kniga*, 2013. 439 p.

2. Jacquemyn H., Brys R., Hermy M., Willems J. H. Long-term dynamics and population viability in one of the last populations of the endangered *Spiranthes spiralis* (Orchidaceae) in the Netherlands. Biologycal Conservation. 2007;134(1):14–21. DOI: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.07.016

3. Rockwood L. L. Introduction to population ecology. London: Blackwell Publ., 2006. 309 p.
URL: https://content.e-bookshelf.de/media/reading/L-7026673-1c47193cad.pdf

4. Podani J. Introduction to the exploration of multivariate biological data. Leiden: Backhuys, 2000. 407 p.
URL: https://www.journals.uchicago.edu/doi/abs/10.1086/343591?journalCode=qrb

5. Baasanmunkh Sh., Choi H. Ja., Oyuntsetseg B., Friesen N. V. Seed testa sculpture of species of *Allium* L. (Amaryllidaceae) and its taxonomic implications. Turczaninowia. 2021;24(1):154–161.
URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44897134

6. Seredin T. M., Ivanova M. I., Shumilina V. V., Ushakova I. T., Marcheva M. M. Perennial onions for food, decorative and medicinal purposes. *Sovremennoye sadovodstvo* = Cotemporary horticulture. 2020;(1):40–48. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44435119

7. Isayenko T. N. Economic and biological indicators of the genus *Allium* L. *Vestnik APK Stavropolya* = Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2019;(1(33)):83-87. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=37380289

8. Tukhvatullina L. A., Abramova L. M. The collection of *Allium* L. at the South-Ural Botanical Garden–Institute. *Trudi po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* = Proceedings on applied botany, genetics and breeding. 2022;183(4):192–207. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30901/2227-8834-2022-4-192-207

9. Tukhvatullina L. A. To biology and biochemistry of *Allium hollandicum* R.M. Fritsch under the culture in the Bashkir cis-Urals. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2023;(9):10–16. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-9-10-16

10. Litvinskaya S. A., Murtazaliyev R. A. Flora of the North Caucasus. Moscow: *Fiton KHKh1*, 2013. 668 p.

11. Dibirov M. D., Osmanov R. M. Results of studying the variability in seed productivity of Dagestan endemic species of the genus *Allium* L. *Izvestiya Dagestanskogo GAU* = Daghestan GAU Proceedings. 2023;(4(20)):34–39. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.52671/26867591_2023_4_34

12. Kerimov V., Murtazaliyev R. A. Finding of *Allium grande* (Alliaceae) in azerbaijan. *Botanichesky zhurnal.* 2016;101(1):108–111. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.1134/S0006813616010087

13. Manapova S. R., Aliyev M. G. Comparative morphophysiological features of *Allium grande* in the foothills of Central Dagestan. *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 1: Yestestvenniye nauki* = Herald of Dagestan State University. Series 1. Natural Sciences. 2022;37(2):88–95. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.21779/2542-0321-2022-37-2-88-95

14. Adeyeye A. Physico-chemical characteristics and fatty acid profile of *Allium fistulosum* vegetable plant. International Journal of Advanced Chemistry. 2020;8(2):239–243. DOI: https://doi.org/10.14419/ijac.v8i2.31215

15. Tian M., Bai Y., Tian H., Zhao X. The chemical composition and health - promoting benefits of vegetable oils – A review. Molecules. 2023;28(17):6393. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules28176393

16. Shitikov V. K., Zinchenko T. D. Multivariate statistical analysis of ecological communities (review). *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya* = Theoretical and Applied Ecology. 2019;(1):5–11. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.25750/1995-4301-2019-1-005-011

Вклад авторов: все авторы внесли равнозначный вклад в работу над статьей.

Сведения об авторах

Тухватуллина Ленвера Ахнафовна, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории флоры и растительности, Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение ФГБНУ Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ул. Менделеева, д. 195/3, г. Уфа, Республика Башкортостан, Российская Федерация, 450080, e-mail: info@urfanic.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6571-8094

✉ **Мустафина Альфия Науфалевна**, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории флоры и растительности, Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение ФГБНУ Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ул. Менделеева, д. 195/3, г. Уфа, Республика Башкортостан, Российская Федерация, 450080, e-mail: info@urfanic.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9163-177X, e-mail: alfverta@mail.ru

Шигапов Зиннур Хайдарович, доктор биол. наук, директор, Южно-Уральский ботанический сад-институт – обособленное структурное подразделение ФГБНУ Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ул. Менделеева, д. 195/3, г. Уфа, Республика Башкортостан, Российская Федерация, 450080, e-mail: info@urfanic.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2613-4712**

Author contributions: all authors made an equal contribution to the work on the article.

Information about the authors

Lenvera A. Tukhvatullina, PhD in Biological Science, senior researcher, the Laboratory of Flora and Vegetation, South-Ural Botanical Garden-Institute – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, 195/3 Mendeleev Str., Ufa, Bashkortostan Republic, Russian Federation, e-mail: info@urfanic.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6571-8094

✉ **Alfiya N. Mustafina**, PhD in Biological Science, senior researcher, the Laboratory of Flora and Vegetation, South-Ural Botanical Garden-Institute – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Mendeleyev Str., 195/3 Ufa, Bashkortostan Republic, Russian Federation, e-mail: info@urfanic.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-9163-177X, e-mail: alfverta@mail.ru

Zinnur Kh. Shigapov, PhD in Biological Science, Director, South-Ural Botanical Garden-Institute – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Mendeleyev Str., 195/3 Ufa, Bashkortostan Republic, Russian Federation, e-mail: info@urfanic.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2613-4712**

✉ – Для контактов / Corresponding author

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.614–622
УДК 634.7

Минеральный состав плодов жимолости синей в условиях Свердловской области

© 2026. Н. Л. Наумова✉, Т. В. Мосунова[2], К. Н. Кудрявцев[3]

[1]*ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург, Российская Федерация,*

[2]*ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», г. Челябинск, Российская Федерация,*

[3]*ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», г. Москва, Российская Федерация*

В настоящее время активно ведется селекционная работа по созданию сортов жимолости с высоким уровнем биологически активных микронутриентов, содержание которых связано с ареалом произрастания, сортом и агротехническими приемами возделывания. Цель исследований – изучить уровень накопления макро- и микроэлементов в плодах жимолости синей и выделить сортообразцы с повышенной минеральной ценностью плодов. Материалом для исследования послужили плоды 7 сортообразцов жимолости синей селекции Свердловской селекционной станции садоводства урожая 2024 г. Содержание элементов определяли методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. В плодах выявлено 20 минеральных элементов, большинство из которых содержалось во всех сортообразцах с образованием убывающего ряда: K > P > Ca > Mg > Si > Fe > Al > Mn > B > Zn ≥ Ba > Ni > Sr > Cu > Ti. Определена избирательная способность сортообразцов к аккумуляции Co, Cr, Na, Se, V. При употреблении 100 г плодов изученных сортообразцов жимолости потребность взрослого человека в эссенциальных макро- (K, P, Ca, Mg) и микроэлементах (Fe, Mn, Co, Cu, Se, Zn) обеспечивается незначительно – на 5–7 %, за исключением плодов исходной формы 1-18-11, способных удовлетворить бóльшую потребность в условно эссенциальных (V – на 93,3 %, Cr – 37,5 %, Si – 21,1 %) и эссенциальных микро-элементах (Fe – на 40,0 %, Co – 20,0 %). Полученные результаты позволяют рассматривать данную форму в качестве исходного материала для дальнейшей селекционной работы с целью улучшения минерального состава плодов жимолости. Установлена очень сильная корреляционная связь (p < 0,001) между комплексом элементов: Al, V, Si, Mn, Fe, Cr (r = 0,95–1,00) во всех плодах жимолости. Применение каких-либо агротехнических приемов, направленных на снижение накопления Al или V в плодах, будет одновременно способствовать уменьшению в них уровней Fe, Mn, Si и Cr.

Ключевые слова: *Lonicera caerulea* L., *элементный состав, селекция, генетические источники, микроэлементы*

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (по теме «Создание новых сортов сельскохозяйственных культур с заданными потребительскими свойствами, устойчивых к абиотическим и биотическим стрессорам на основе существующего генофонда и современных методов селекции, способных реализовывать генетический потенциал продуктивности в нестабильных климатических условиях» – 0532-2026-0012).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Наумова Н. Л., Мосунова Т. В., Кудрявцев К. Н. Изучение минерального состава плодов жимолости синей в условиях Свердловской области. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):614–622.
DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.614-622

Поступила в редакцию: 27.06.2025 Принята к публикации: 21.05.2026
Доработана после рецензирования: 21.12.2025 Опубликована онлайн: 30.06.2026

Mineral composition of blue honeysuckle fruits in the conditions of Sverdlovsk region

© 2026. Natalya L. Naumova[1]✉, Tatyana V. Mosunova[2], Konstantin N. Kudryavtsev[3]

[1]*Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation,*
[2]*South Ural State University (National Research University), Chelyabinsk, Russian Federation,*
[3]*Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation*

Currently, active breeding work is underway to create honeysuckle cultivars with a high level of biologically active micronutrients, the content of which is associated with the growing area, the cultivar and the agricultural cultivation methods. The aim of the research was to study the level of accumulation of macro- and micronutrients in blue honeysuckle fruits and to identify accessions with increased mineral value of the fruits. The material for the study consisted from the fruits of 7 cultivars of blue honeysuckle bred by the Sverdlovsk breeding station of horticulture harvested in 2024. The elemental content was determined by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. Twenty mineral elements were found in the fruits, most of which were contained in all accessions with the formation of a descending series: K > P > Ca > Mg > Si > Fe > Al > Mn > B > Zn ≥ Ba > Ni > Sr > Cu > Ti. Selective accumulation capacity for Co, Cr, Na, Se, V has been determined. Upon consumption of 100 g of fruits of the studied honeysuckle cultivars the need of an adult for essential macro- (K, P, Ca, Mg) and microelements (Fe, Mn, Co, Cu, Se, Zn) is provided insignificantly – by 5–7 %, with the exception of honeysuckle original form 1-18-11, which is able to satisfy a greater need for conditionally essential: V – by 93.3 %, Cr – by 37.5 %, Si – by 21.1 % and essential microelements: Fe – by 40.0 %, Co – by 20.0 %. The obtained results suggest that this form can serve as a source material for further breeding work aimed at improving the mineral composition of honeysuckle fruits. A very strong correlation (p < 0.001) was established between the complex of elements: Al, V, Si, Mn, Fe, Cr (r = 0.95–1.00) in all honeysuckle fruits. The use of any agricultural practices aimed at reducing the accumulation of Al or V in fruits will simultaneously contribute to a decrease in the levels of Fe, Mn, Si, Cr in them.

Keywords: *Lonicera caerulea* L., *elemental composition, breeding, genetic sources, microelements*

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Science (on the topic «Development of new cultivars of agricultural crops with specified consumer properties resistant to abiotic and biotic stressors based on the existing gene pool and modern breeding methods, capable of realizing the genetic potential of productivity in unstable climatic conditions» – 0532-2026-0012).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interests: the authors declared no conflict of interest.

For citations: Naumova N. L., Mosunova T. V., Kudryavtsev K. N. Mineral composition of blue honeysuckle fruits in the conditions of Sverdlovsk region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):614–622. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.614-622

Received: 27.06.2025
Revised: 21.12.2025
Accepted for publication: 21.05.2026
Published online: 30.06.2026

Жимолость синяя *(Lonicera caerulea* L., Caprifoliaceae*)* – ресурсное растение, характеризующееся высокими вкусовыми качествами плодов и значительным содержанием в них ценных биологически активных веществ: витамина С (до 24,7–62,0 мг/100 г); танинов (до 802–994 мг/100 г); антоцианов (до 400–450 мг/100 г); флавоноидов (до 1,8 %) [1, 2]; пектиновых (до 1,45 %) и дубильных (до 426 мг/100 г) веществ; минеральных элементов (Mg, K, P, Ca, Fe, Mn, Cu, I); органических кислот (янтарной, яблочной, лимонной, щавелевой) и др. [3, 4, 5]. Благодаря этому плоды жимолости обладают большим потенциалом для минимизации негативных последствий УФ-излучения, сахарного диабета и нейродегенеративных заболеваний, а также гепатопротекторной и кардиопротекторной активностью [6].

Жимолость синяя характеризуется хорошей холодостойкостью – переносит кратковременные заморозки до минус 8–10 °С, ранним сроком созревания, устойчивостью и стабильностью плодоношения [7]. Широкая экологическая амплитуда жимолости, позволяющая ей произрастать как в условиях Урала, Сибири, так и на Камчатке, Сахалине, свидетельствует, прежде всего, о перспективности интродукции и использования этого вида в культуре.

В настоящее время активно ведется селекционная работа по созданию сортов жимолости с высоким уровнем биологически активных микронутриентов [8], содержание которых связано с ареалом произрастания, сортом и агротехническими приемами возделывания [9, 10]. Известно, что отбор сеянцев жимолости по крупноплодности, дегустаци-

онной оценке, урожайности и зимостойкости может привести как к снижению суммы биологически активных веществ, так и к изменению их соотношений, что необходимо учитывать при селекции [11]. Макро- и микроэлементы, являясь элементами питания, повышают ростовую активность, нормализуют обменные процессы и, как следствие, оказывают положительное влияние на развитие и продуктивность растений. Однако, относясь к незаменимым нутриентам пищи, минеральные вещества играют важную роль и в различных обменных процессах организма человека.

Цель исследований – изучить уровень накопления макро- и микроэлементов в плодах жимолости синей и выделить сортообразцы с повышенной минеральной ценностью плодов.

Научная новизна – впервые в условиях Среднего Урала изучен минеральный состав исходных форм жимолости синей, выделена отборная форма для дальнейшей селекционной работы с целью накопления эссенциальных и условно эссенциальных микроэлементов в плодах жимолости.

Материал и методы. Материалом для исследований послужили плоды 7 сортообразцов разных гибридных семей жимолости синей уральской селекции (табл. 1), полученные в сезон 2024 г. в условиях Уникальной научной установки «Генофонд плодовых, ягодных и декоративных культур на Среднем Урале» Свердловской селекционной станции садоводства – структурного подразделения ФГБНУ УрФАНИЦ УрО РАН (г. Екатеринбург).

Таблица 1 – **Происхождение исходных форм жимолости /**
Table 1 – **Origin of the original forms of honeysuckle**

Исходные формы / Original forms	*Родительские формы / Parental forms*
1-18-7, 1-18-11, 1-18-15	I-9-4 (*L. turczaninowii* 1-19-31 × *L. turczaninowii* 1-39-23), свободное опыление / I-9-4 (*L. turczaninowii* 1-19-31 × *L. turczaninowii* 1-39-23), open pollination
3-18-26, 3-18-46, 3-18-50, 3-18-52	‘Сибирячка’ (*L. kamtschatica* 1-55-39 × *L. turczaninowii* (смесь пыльцы)), свободное опыление / ‘Sibiryachka’ (*L. kamtschatica* 1-55-39 × *L. turczaninowii* (pollen mixture)), open pollination

Сеянцы в двухлетнем возрасте были высажены на постоянное место в 2018 г. по схеме 4,0×0,5 м, почва участка дерново-подзолистая тяжелосуглинистая, участок на богаре. Климат Свердловской области континентальный с продолжительной холодной зимой и коротким сравнительно теплым летом. Зима 2023/24 г. характеризовалась средней температурой самого холодного месяца -14,8 °С и минимальной – -33,3 °С. Среднемесячные температуры воздуха в апреле 2024 г. были на 3,5 °С выше, а в мае – на 3,3 °С ниже среднемноголетних значений. Сход снега прошел в первой декаде апреля. Временный снежный покров наблюдали в фазе бутонизации жимолости (25 апреля), в начале цветения (с 4 по 6 мая), когда среднесуточная температура воздуха опускалась до -2,2…-7,0 °С. Цветение жимолости было дружным. Степень плодоношения соответствовала степени цветения. Цветение гибридных семей жимолости, от которых взяты изучаемые гибридные сеянцы, проходило в сроки со 2 по 19 мая. Массовое созревание жимолости зафиксировано с 21 по 27 июня, в этот период проводили отбор проб плодов[1].

Содержание элементов (Al, As, B, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Se, Si, Sr, Ti, V, Zn) в подготовленных пробах плодов определяли по МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03[2] методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой посредством прибора iCAP 7200 DUO с программным обеспечением iTEVA iCAP Software (США). Все измерения выполняли в трех параллельных определениях и представили как среднее арифметическое ± стандартное отклонение. Математическую обработку данных проводили с использованием пакета программы Microsoft Excel 2016, а также языка программирования Python с применением библиотек Numpy, Pandas, Seaborn.

[1]Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур. Под ред. Е. Н. Седова и Т. П. Огольцовой. Орел: ВНИИСПК, 1999. 606 с.

[2]Определение химических элементов в биологических средах и препаратах методами атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой и масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой: методические указания (МУК 4.1.1482-03, МУК 4.1.1483-03). М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003. 56 с. URL: https://ohranatruda.ru/upload/iblock/3e3/4293754460.pdf

Результаты и их обсуждение. Известно, что плоды *L. caerulea* характеризуются достаточно высоким содержанием Cr, Cu, Fe, Mn, K [12]. У плодов исследуемых исходных форм выявлено 20 минеральных элементов (табл. 2), большинство из которых (15 элементов) определено во всех сортообразцах, что позволило расположить их в следующем порядке убывания содержания: K > P > Ca > Mg > Si > Fe > Al > Mn > B > Zn ≥ Ba > Ni > Sr > Cu > Ti. Избирательная способность к аккумуляции минеральных веществ проявилась у плодов всех исходных форм жимолости синей, но в меньшей степени это коснулось сортообразца 1-18-11. Во всех плодах уровни As, Hg, Cd, Pb, в отдельных сортообразцах концентрации Co, Cr, Na, Se, V были ниже пределов их обнаружения применяемым методом исследования.

Таблица 2 – **Минеральный состав плодов исходных форм жимолости мг/кг сырой массы (2024 г.) /**
Table 2 – **Mineral composition of fruits of honeysuckle original forms, mg/kg wet weight (2024)**

Элемент / Element	*Исходные формы / Original forms*						
	1-18-7	1-18-11	1-18-15	3-18-26	3-18-46	3-18-50	3-18-52
Жизненно необходимые / Vital							
Ca	296,0±11,2	261,0±9,4	163,1±7,3	216,3±8,5	211,2±8,2	132,4±6,2	211,3±7,7
Co	< 0,001	0,020±0,001	< 0,001				
Cu	0,64±0,02	0,67±0,02	0,51±0,01	0,63±0,02	0,34±0,01	0,67±0,03	0,45±0,01
Fe	3,63±0,11	40,01±1,83	8,73±0,30	3,25±0,13	4,35±0,16	3,06±0,10	2,84±0,11
K	1357,3±65,4	1772,1±73,6	1785,0±82,1	1193,4±57,8	1247,2±60,9	1650,1±77,9	1450,0±64,3
Mg	117,0±3,2	107,0±3,4	81,6±2,9	90,9±3,1	99,6±3,6	83,7±4,1	92,2±3,3
Mn	1,34±0,06	2,30±0,09	1,15±0,04	1,14±0,05	1,35±0,07	1,02±0,03	1,03±0,02
Na	< 0,1	0,49±0,02	0,44±0,02	0,13±0,01	< 0,1		0,37±0,02
P	260,2±9,8	272,0±9,3	302,1±11,1	254,3±7,5	227,4±6,7	248,3±7,7	225,1±6,6
Se	< 0,005						0,008±0,001
Zn	1,60±0,05	0,94±0,03	1,08±0,02	0,83±0,02	0,89±0,03	1,41±0,05	0,77±0,02
Вероятно необходимые / Probably necessary							
B	1,93±0,07	1,49±0,05	1,15±0,03	1,52±0,04	1,37±0,02	0,93±0,04	1,11±0,05
Cr	< 0,001	0,150±0,005	0,004±0,001	< 0,001			
Ni	0,86±0,03	0,78±0,02	0,88±0,03	0,92±0,04	0,81±0,03	0,82±0,03	0,83±0,02
Si	8,62±0,41	63,20±3,13	17,19±0,69	9,49±0,52	9,57±0,43	4,25±0,13	11,01±0,51
Sr	1,10±0,04	0,99±0,03	0,61±0,02	0,77±0,03	0,76±0,03	0,38±0,02	0,73±0,04
Ti	0,13±0,01	2,85±0,13	0,55±0,02	0,15±0,01	0,22±0,01	0,06±0,01	0,11±0,01
V	< 0,001	0,14±0,01	0,02±0,01	< 0,001	0,01±0,01	< 0,001	
Токсичные элементы / Toxic elements							
Al	1,21±0,05	28,90±1,48	5,40±0,21	1,81±0,06	2,38±0,08	0,72±0,02	1,28±0,04
Ba	0,98±0,04	1,31±0,06	0,65±0,02	1,01±0,04	0,82±0,03	0,50±0,02	0,71±0,02

В наибольших количествах в плодах жимолости содержались жизненно важные для растения макроэлементы – K, P, Ca, Mg, что объясняется генетически заложенной потребностью всех растений в биофильных элементах. При этом различия в уровнях их накопления были минимальными между изучаемыми сортообразцами жимолости обеих гибридных семей.

Наибольшее содержание K определено в формах 1-18-11, 1-18-15 (1772,1–1785,0 мг/кг), наименьшее – 3-18-26 (1193,4 мг/кг). Относительно высокий уровень P установлен в плодах жимолости 1-18-15 (302,1 мг/кг), относительно низкий – 3-18-52 и 3-18-46 (225,1–227,4 мг/кг). Самое высокое содержание Ca выявлено в плодах 1-18-7 (296,0 мг/кг), самое низкое – в 3-18-50 (132,4 мг/кг). Плоды трех сортообразцов: 3-18-46, 3-18-52, 3-18-26 не имели существенных различий по величине (211–216 мг/кг) данного показателя. Уровень Mg в плодах жимолости синей находился в диапазоне от 81,6 мг/кг (1-18-15)

до 117,0 мг/кг (1-18-7). Интервал концентраций Na в плодах составил от 0,13 мг/кг (3-18-26) до 0,49 (1-18-11) мг/кг с вариабельностью количественных характеристик до 4 раз.

Жизненно необходимые микроэлементы в плодах жимолости были представлены Fe, Mn, Zn, Cu, Co, Se. Содержание Fe в плодах изменялось существенно – от 2,84 мг/кг (3-18-52) до 40,01 (1-18-11) мг/кг. Разница между min- и max-величинами уровней Zn, Cu, Mn в плодах жимолости доходила до 2 раз. Относительно высокое содержание Zn выявлено в плодах 1-18-7 (1,60 мг/кг), Cu – в плодах 1-18-11 и 3-18-50 (0,67 мг/кг), Mn – в плодах 1-18-11 (2,30 мг/кг). Содержание Co идентифицировано только в плодах 1-18-11 (0,020 мг/кг), Se – в плодах 3-18-52 (0,008 мг/кг).

Группа вероятно необходимых микроэлементов была представлена Si, B, Sr, Ti, Ni, Cr, V. Различия в концентрациях Ti, Cr и Si между плодами исследуемых сортообразцов оказались значительными и составили до 47, 37 и 15 раз соответственно. Содержание Ti изменялось от 0,06 мг/кг (3-18-50) до 2,85 мг/кг (1-18-11). Уровень Cr в плодах находился в интервале 0,004–0,150 мг/кг, Si – от 4,25 мг/кг (3-18-50) до 63,20 мг/кг (1-18-11). Содержание B и Sr в плодах жимолости варьировало с менее выраженными различиями: для B – от 0,93 мг/кг (3-18-50) до 1,93 мг/кг (1-18-7); для Sr – от 0,38 мг/кг (3-18-50) до 1,93 мг/кг (1-18-7). Несколько бóльший уровень Ni выявлен в плодах 3-18-26 (0,92 мг/кг), V – в плодах 1-18-11 (0,14 мг/кг).

Из токсичных элементов были определены Al и Ba. Высокое содержание Al обнаружено в плодах 1-18-11 (28,90 мг/кг), что в 40 раз больше, чем в плодах 3-18-50 (0,72 мг/кг). Содержание Ba находилось в интервале 0,50–1,31 мг/кг с максимальной концентрацией в сортообразце 1-18-11.

Далее соотносили удовлетворение суточной потребности в минеральных элементах за счет включения в пищевой рацион плодов исходных форм жимолости синей с нормами их потребления согласно МР 2.3.1.0253-21[3]. Известно, что одна порция (100 г) плодов жимолости, возделываемой в Центрально-Черноземном регионе (Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина, г. Мичуринск), в среднем позволяет обеспечить суточную потребность взрослого человека в Se на 8–10 %, K – 7-8 %, Fe и Cu – 4-5 %, Ca и Mg – 3-4 %, Zn и Na – на 2 % [13]. По другим данным, порция плодов жимолости, культивируемой в Алтайском крае (НИИ садоводства Сибири им. М. А. Лисавенко, г. Барнаул), в зависимости от сорта способна удовлетворить потребность в Cu на 36–185 %, Fe – 17–160 %, Mn – 45–82 %, K – 36–38 %, Na – на 0,02–0,04 % [12]. Нами установлено, что плоды изученных исходных форм не имели резких различий в обеспечении потребности взрослого человека в макроэлементах, за исключением Na, и способны покрыть не более 6 % от физиологической нормы их потребления (рис. 1, а). Одна порция плодов жимолости может обеспечить суточную потребность в K на 3–5 %, P – на 3-4 %, Mg – на 2-3 %, Ca – на 1,5–3,0 %, Na – на 0,001–0,004 %.

Значительным преимуществом по обеспечению организма человека отдельными микроэлементами обладают плоды сортообразца 1-18-11 (рис. 1, б). К примеру, одна порция этой жимолости обеспечивает суточную потребность в минеральных элементах: 93,3 % – по V; 40,0 % – по Fe; 37,5 % – по Cr; 21,1 % – по Si; 20,0 % – по Co, что обусловливает ее высокую питательную ценность. Физиологическая роль V изучена недостаточно, однако его нейропротекторная и кардиопротекторная активность, участие в регуляции углеводного и жирового обмена вызывают интерес исследователей во всем мире [14]. Уровни Mn, Cu и Zn в плодах этого сортообразца покроют не более 12; 7 и 1 % соответственно от суточной нормы их потребления.

Плоды остальных исходных форм жимолости способны удовлетворить существенно меньший процент потребности в микроэлементах: V – на 7–13 % (только сортообразцы 3-18-46 и 1-18-15); Fe – на 3–9 %; Mn – на 5–7 %; Si – на 1,5–6,0 % на фоне отсутствия Co. Выявленные концентрации Cu и Zn в порции плодов обеспечат от 3,4 % (3-18-46) до 6,7 % (3-18-50) суточной потребности в Cu, от 0,64 % (3-18-52) до 1,3 % (1-18-7) суточной потребности в Zn. Содержание Se в плодах сортообразца 3-18-52 и Cr – 1-18-15 способно удовлетворить потребность в них в пределах 1 %.

[3]Методические рекомендации МР 2.3.1.0253-21. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. М., 2021. 72 с.
URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=18979

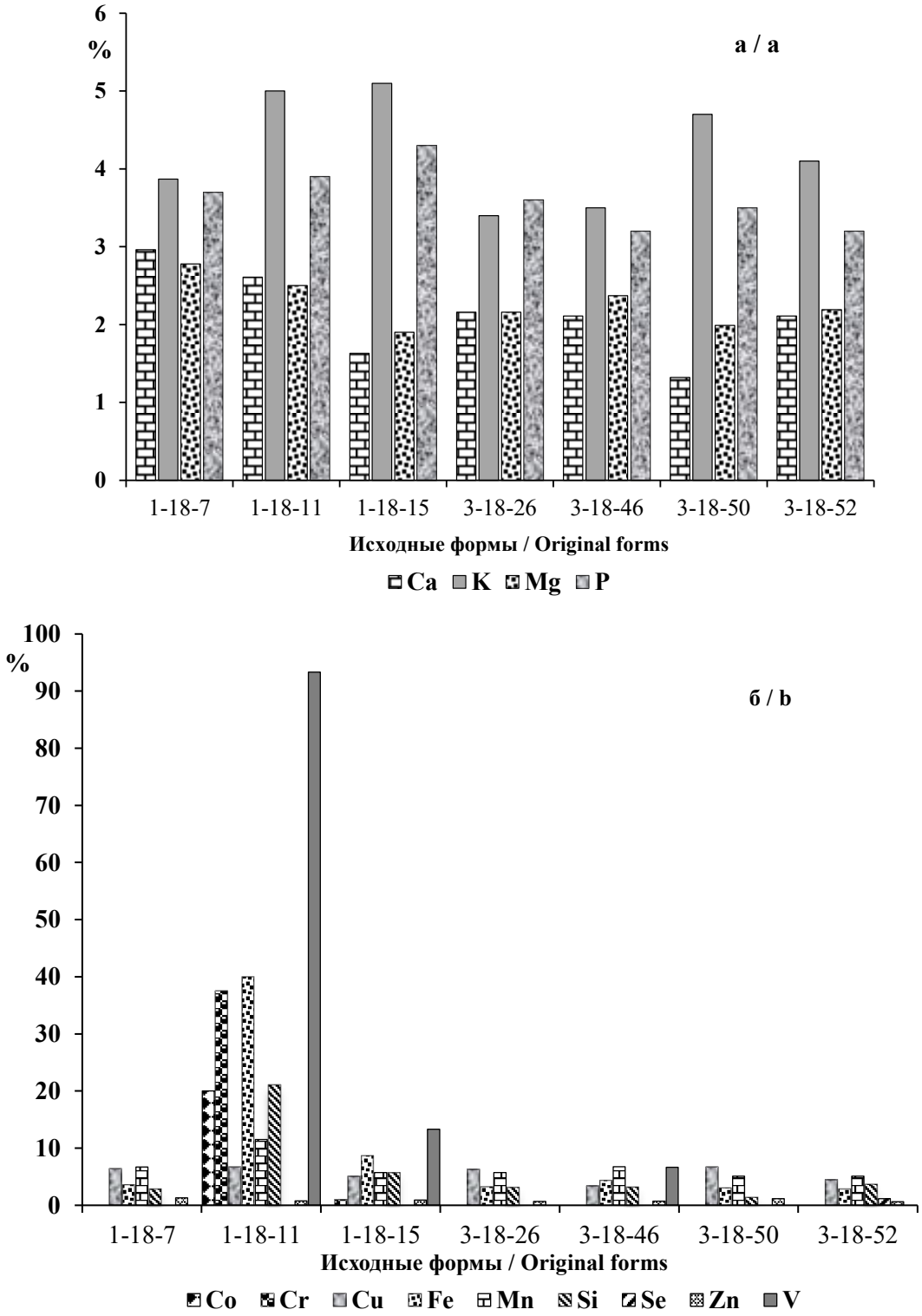

Рис. 1. **Удовлетворение суточной потребности в минеральных веществах при употреблении 100 г плодов жимолости, %: а – обеспечение потребности в макроэлементах; б – обеспечение потребности в микроэлементах /**

Fig. 1. **Satisfaction of daily requirement for minerals when consuming 100 g of honeysuckle fruits, %: a – provision of requirement for macroelements; b – provision of requirement for microelements**

Относительно высокий уровень аккумуляции Al в плодах сортообразца 1-18-11 подвиг к его детальному анализу на соответствие нормам потребления. Выявленные в последнее время токсические эффекты Al определяют риск развития различных забо-

леваний (рака молочной железы, слабоумия, синдрома Альцгеймера, болезни Паркинсона и др.) [15]. В МР 2.3.1.0253-21[4] не регламентирована физиологическая потребность человека в Al. Однако из международной практики [16] известны такие показатели, как безопасный уровень поступления Al за неделю из всех пищевых источников (TWI = 1 мг/кг массы тела), а также условно переносимый уровень потребления Al за неделю (PTWI = 0–2,0 мг/кг массы тела). Исходя из этого, употребление порции плодов (100 г/сут) сортообразца 1-18-11 взрослым человеком массой тела 60 кг обеспечит 34 % от безопасного и 17 % от условно переносимого уровней потребления Al в сутки.

Проведенный корреляционный анализ между уровнями элементов в плодах исходных форм жимолости показал (рис. 2) наличие очень сильной линейной связи ($p < 0,001$) между комплексом элементов: Al, V, Si, Mn, Fe, Cr (r = 0,95–1,00), а также в парах: Ca – Sr (r = 0,99), Ca – Mg (r = 0,94), Ba – Sr, Ba – Ca (r = 0,91). Сильная положительная взаимосвязь ($p < 0,01$) определена в парах Ba с девятью элементами: Al, B, Ca, Cr, Fe, Mn, Mg, Si, Sr (r = 0,70–0,82), Ti с шестью элементами: Al, Cr, Fe, K, Si, V (r = 0,71–0,78), а также в паре B – Mg (r = 0,87).

Таким образом, применение каких-либо агротехнических приемов, направленных на снижение накопления Al или V в плодах жимолости исследуемых сортообразцов, будет одновременно способствовать уменьшению уровней эссенциальных (Fe, Mn) и условно эссенциальных (Si, Cr) микроэлементов в них.

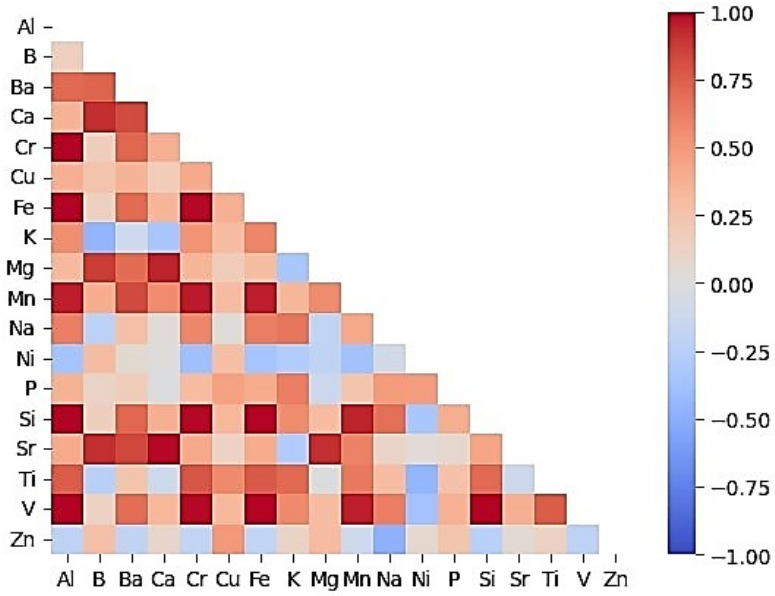

Рис. 2. **Корреляционная матрица концентрации элементов в плодах жимолости /**
Fig. 2. **Correlation matrix of element concentrations in honeysuckle fruits**

Заключение. В плодах исходных форм жимолости синей, выращенных в условиях Свердловской области, выявлено 20 минеральных элементов, содержание которых варьировало в зависимости от сортообразца.

Генетическим источником высокого суммарного накопления макро- и микроэлементов в плодах является сортообразец 1-18-11, который можно рассматривать в качестве нового исходного материала для дальнейшей селекционной работы в направлении накопления в плодах жимолости эссенциальных и условно эссенциальных микроэлементов – V, Fe, Cr, Si, Co.

Полученные данные имеют большое практическое значение в разработке стратегии улучшения культуры жимолости в Свердловской области.

[4]URL: https://www.rospotrebnadzor.ru/documents/details.php?ELEMENT_ID=18979

Список литературы

1. Виноградова Н. А., Попович В. П., Глухов А. З., Виноградова Е. Н. Содержание биологически активных веществ в плодах сортов *Lonicera edulis* Turz. ex Freyn и *Lonicera kamtschatica* (Sevast.) Pojark. селекции донецкого ботанического сада. Промышленная ботаника. 2020;20(1):50–54.
Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=43076265 EDN: MKNMYV

2. Ефанов В. Н., Митусова Е. В. Урожайность, хозяйственно-ценные показатели и химический состав жимолости голубой в условиях мусонного климата Сахалина. Вестник Камчатского государственного технического университета. 2021;(56):64–73. DOI: https://doi.org/10.17217/2079-0333-2021-56-64-73 EDN: HSDGCD

3. Абдуллина Р. Г., Пупыкина К. А., Баламетова Р. Г. Биохимический состав плодов *Lonicera caerulea* L. и ее подвидов при интродукции в условиях Башкирского Предуралья. Химия растительного сырья. 2022;(3):203–210. DOI: https://doi.org/10.14258/jcprm.20220310885 EDN: IBJCYA

4. Gorzelany J., Basara O., Kapusta I., Paweł K., Belcar J. Evaluation of the chemical composition of selected varieties of *L. caerulea var. kamtschatica* and *L. caerulea var. emphyllocalyx.* Molecules. 2023;28(6):2515.
DOI: https://doi.org/10.3390/molecules28062525

5. Hera O., Sturzeanu M., Vîjan Loredana E. Evaluation of nutritional quality and bioactive compounds of *Lonicera caerulea.* Fruit Growing Research. 2024;XXXX:38–43. DOI: https://doi.org/10.33045/fgr.v40.2024.05

6. Jurikova T., Rop O., Mlcek J., Sochor J., Balla S., Szekeres L. et al. Phenolic profile of edible honeysuckle berries (Genus Lonicera) and their biological effects. Molecules. 2012;17(1):61–79. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules17010061

7. Софронов А. П., Фирсова С. В., Головунин В. П. Жимолость синяя (*Lonicera caeruleae* L.): технология и селекция: монография. Киров: ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, 2021. 64 с.

8. Зарицкий А. В., Пакусина А. П., Платонова Т. П. Биологические особенности и химический состав ягод сортов и гибридов жимолости селекции Дальневосточного ГАУ. Дальневосточный аграрный вестник. 2023;17(2):13–21. DOI: https://doi.org/10.22450/19996837_2023_2_13 EDN: XVZRMU

9. Caprioli G., Iannarelli R., Innocenti M., Bellumori M. Fiorini D., Sagratini G. et al. Blue honeysuckle fruit (*Lonicera caerulea* L.) from eastern Russia: phenolic composition, nutritional value and biological activities of its polar extracts. Food and Function. 2016;7(4):1892–1903. DOI: https://doi.org/10.1039/c6fo00203j

10. Molina A. K., Vega E. N., Pereira C., Dias M. I., Heleno S. A., Rodrigues P. et al. Promising antioxidant and antimicrobial food colourants from *Lonicera caerulea* L. var. kamtschatica. Antioxidants. 2019;8(9):394.
DOI: https://doi.org/10.3390/antiox8090394

11. Боярских И. Г., Сиромля Т. И. Макро- и микроэлементный состав жимолости синей и спиреи дубравколистной в ценопопуляциях Горного Алтая в условиях геохимической аномалии. Химия растительного сырья. 2022;(4):209–218. DOI: https://doi.org/10.14258/jcprm.20220411294 EDN: PGYTKO

12. Тимошин А. В. Качественный состав плодов жимолости различных сортов, введенных в культуру в Красноярском крае. Вестник КрасГАУ. 2010;(7(46)):52–54. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=15112419 EDN: MSSIMV

13. Акимов М. Ю., Бессонов В. В., Коденцова В. М., Эллер К. И., Вржесинская О. А., Бекетова Н. А. и др. Биологическая ценность плодов и ягод российского производства. Вопросы питания. 2020;89(4):220–232.
DOI: https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055 EDN: UOAQLM

14. Ścibior A., Pietrzyk Ł., Plewa Z., Skiba A. Vanadium: Risks and possible benefits in the light of a comprehensive overview of its pharmacotoxicological mechanisms and multiapplications with a summary of further research trends. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2020;61:126508. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126508

15. Багрянцева О. В., Шатров Г. Н., Хотимченко С. А., Бессонов В. В., Арнаутов О. В. Алюминий: оценка риска для здоровья потребителей при поступлении с пищевыми продуктами. Анализ риска здоровью. 2016;(1):59–68.
DOI: https://doi.org/10.21668/health.risk/2016.1.07 EDN: VUBOXZ

16. European Food Safety Authority (EFSA). Dietary exposure to aluminium-containing food additives. EFSA Supporting Publications. 2013;10(4):411E. DOI: https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2013.EN-411

References

1. Vinogradova N. A., Popovich V. P., Glukhov A. Z., Vinogradova E. N. The content of biologically active substances in fruits of *Lonicera edulis* Turz. ex Freyn and *Lonicera camtschatica* (Sevast.) Pojark. of the breding of the Donetsk botanical garden. *Promishlennaya botanika* = Industrial botany. 2020;20(1):50–54. (In Russ.).
URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=43076265

2. Yefanov V. N., Mitusova E. V. Yield, economically valuable indicators and chemical composition of blue honeysuckle under conditions of sakhalin trade-wind littoral climate. *Vestnik Kamchatskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* = Bulletin of Kamchatka State Technical University. 2021;(56):64–73. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.17217/2079-0333-2021-56-64-73

3. Abdullina R. G., Pupikina K. A., Balametova R. G. Biochemical composition of fruits of lonicera caerulea l. and its subspecies during in-troduction in the conditions of the Bashkir Urals. *Khimiya rastitelnogo sirya* = Chemistry of plant raw material. 2022;(3):203–210. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.14258/jcprm.20220310885

4. Gorzelany J., Basara O., Kapusta I., Paweł K., Belcar J. Evaluation of the chemical composition of selected varieties of *L. caerulea var. kamtschatica* and *L. caerulea var. emphyllocalyx.* Molecules. 2023;28(6):2515.
DOI: https://doi.org/10.3390/molecules28062525

5. Hera O., Sturzeanu M., Vîjan Loredana E. Evaluation of nutritional quality and bioactive compounds of *Lonicera caerulea.* Fruit Growing Research. 2024;XXXX:38–43. DOI: https://doi.org/10.33045/fgr.v40.2024.05

6. Jurikova T., Rop O., Mlcek J., Sochor J., Balla S., Szekeres L. et al. Phenolic profile of edible honeysuckle berries (Genus Lonicera) and their biological effects. Molecules. 2012;17(1):61–79. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules17010061

7. Sofronov A. P., Firsova S. V., Golovunin V. P. Blue honeysuckle (*Lonicera caeruleae* L.): technology and breeding: monography. Kirov: *FGBNU FANTs Severo-Vostoka*, 2021. 64 p.

8. Zaritsky A. V., Pakusina A. P., Platonova T. P. Biological characteristics and chemical composition of berries of honeysuckle varieties and hybrids bred by the Far Eastern State Agrarian University. *Dalnevostochny agrarny vestnik* = Far Eastern Agrarian Herald. 2023;17(2):13–21. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.22450/19996837_2023_2_13

9. Caprioli G., Iannarelli R., Innocenti M., Bellumori M. Fiorini D., Sagratini G. et al. Blue honeysuckle fruit (*Lonicera caerulea* L.) from eastern Russia: phenolic composition, nutritional value and biological activities of its polar extracts. Food and Function. 2016;7(4):1892–1903. DOI: https://doi.org/10.1039/c6fo00203j

10. Molina A. K., Vega E. N., Pereira C., Dias M. I., Heleno S. A., Rodrigues P. et al. Promising antioxidant and antimicrobial food colourants from *Lonicera caerulea* L. var. kamtschatica. Antioxidants. 2019;8(9):394. DOI: https://doi.org/10.3390/antiox8090394

11. Boyarskikh I. G., Siromlya T. I. Macro- and trace elements composition of the blue honeysuckle and elm-leaf spirea cenopopulations in the geochemically abnormal environment in the Mountain Altai. *Khimiya rastitelnogo sirya* = Chemistry of plant raw material. 2022;(4):209–218. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.14258/jcprm.20220411294

12. Timoshin A. V. Quantitative and qualitative structure of the various kinds honeysuckle fruits introduced into culture in Krasnoyarsk city. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2010;(7(46)):52–54. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=15112419

13. Akimov M. Yu., Bessonov V. V., Kodentsova V. M., Eller K. I., Vrzhesinskaya O. A., Beketova N. A. et al. Biological value of fruits and berries of russian production. *Voprosi pitaniya* = Problems of Nutrition. 2020;89(4):220–232. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10055

14. Ścibior A., Pietrzyk Ł., Plewa Z., Skiba A. Vanadium: Risks and possible benefits in the light of a comprehensive overview of its pharmacotoxicological mechanisms and multiapplications with a summary of further research trends. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2020;61:126508. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2020.126508

15. Bagryantseva O. V., Shatrov G. N., Khotimchenko S. A., Bessonov V. V., Arnautov O. V. Aluminium: food-related health risk assessment of the consumers. *Analiz riska zdorovyu* = Health Risk Analysis. 2016;(1):59–68. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21668/health.risk/2016.1.07

16. European Food Safety Authority (EFSA). Dietary exposure to aluminium-containing food additives. EFSA Supporting Publications. 2013;10(4):411E. DOI: https://doi.org/10.2903/sp.efsa.2013.EN-411

Вклад авторов: Наумова Н. Л – концепция и план исследований, анализ данных, подготовка рукописи;
Мосунова Т. В., Кудрявцев К. Н. – анализ данных.

Сведения об авторах

✉ **Наумова Наталья Леонидовна,** доктор техн. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Белинского, 112а, г. Екатеринбург, Российская Федерация, 620142, e-mail: info@urfanic.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0000-0003-0586-6359**, e-mail: n.naumova@inbox.ru

Мосунова Татьяна Владимировна, кандидат хим. наук, доцент, ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (НИУ)», Пр-кт Ленина, 76, г. Челябинск, Российская Федерация, 454080, e-mail: info@susu.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0009-0006-2967-8677**

Кудрявцев Константин Николаевич, кандидат физико-матем. наук, доцент, ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Ленинградский Проспект, 49/2, г. Москва, Российская Федерация, 125167, e-mail: academy@fa.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0000-0001-9279-4490**

Author Contributions: Naumova N. L. – research concept and plan, data analysis, manuscript preparation;
Mosunova T. V., Kudryavtsev K. N.– data analysis.

Information about the author

✉ **Natalya L. Naumova,** DSc in Engineering, leading researcher, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 112, bldg. A, Belinsky Street, Ekaterinburg, Russian Federation, 620142, e-mail: info@urfanic.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0000-0003-0586-6359**, e-mail: n.naumova@inbox.ru

Tatyana V. Mosunova, PhD in Chemical Science, associate professor, South Ural State University (National Research University), 76, Lenin Avenue, Chelyabinsk, Russian Federation, 454080, e-mail: info@susu.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0009-0006-2967-8677**

Konstantin N. Kudryavtsev, PhD in Physical and Mathematical Sciences, associate professor, Financial University under the Government of the Russian Federation, 49/2, Leningradsky Prospekt, Moscow, Russian Federation, 125167, e-mail: academy@fa.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0000-0001-9279-4490**

✉ – Для контактов / Corresponding author

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.623–634
УДК: 633.822:547.912/.913:582.94

(cc) BY

Биохимический профиль растений *Mentha* L. коллекции ВИР

© 2026. Я. Я. Масечко✉, А. Е. Соловьева, А. Б. Курина
ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР), г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Мята (Mentha* L.) – широко возделываемая лекарственная и пряно-ароматическая культура. Ценность мяты связана с содержанием в ней эфирных масел, каротиноидов, полифенолов, органических кислот, растворимых сахаров и других биоактивных компонентов. В настоящее время растет интерес к качественному и количественному увеличению содержания полезных для здоровья соединений в листьях и соцветиях мяты. Цель работы заключалась в комплексном сравнительном анализе биохимического состава и антиоксидантной активности 34 образцов четырех видов рода Mentha (M. suaveolens, M. longifolia, M. × piperita, M. spicata) из коллекции ВИР, выращиваемых в условиях Северо-Западного региона России (г. Санкт-Петербург) в 2024-2025 гг. Содержание фотосинтетических пигментов, аскорбиновой кислоты, фенольных соединений, флавоноидов и антиоксидантную активность определяли спектрофотометрически. Выявлена значительная межвидовая и межгодовая изменчивость биохимических показателей. В менее благоприятный по температурному режиму 2025 г. содержание хлорофиллов снизилось в среднем на 44 %, а каротиноидов – на 30–50 % по сравнению с 2024 г. Одновременно возросло содержание аскорбиновой кислоты (с 0,07±0,01 до 0,21±0,03 мг·г$^{-1}$) и фенольных соединений. Максимальное содержание фенольных соединений отмечено у образцов M. × piperita (62,99 мг-экв. ГК·г$^{-1}$ в 2025 г.). Образцы M. suaveolens и M. longifolia показали тенденцию к повышенному накоплению флавоноидов. Антиоксидантная активность у образцов всех видов была стабильно высокой (>83 %) с низким коэффициентом вариации (3,28–4,25 %). Метод главных компонент дифференцировал образцы на 6 статистически обоснованных групп, что указывает на высокое внутриродовое разнообразие. Выделены перспективные генотипы: образцы M. × piperita и M. spicata как источники фенольных соединений и β-каротина. Результаты подтверждают высокий адаптивный потенциал изученных видов и возможность целевого отбора образцов с заданным биохимическим профилем для использования в фармацевтической и пищевой промышленности.

Ключевые слова: *мята, изменчивость, аскорбиновая кислота, пигменты, биологически активные вещества*

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках выполнения Государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (тема № FGEM-2025-0007 «Клеточные технологии для расширения селекционного потенциала культур овощного направления использования»).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Масечко Я. Я., Соловьева А. Е., Курина А. Б. Биохимический профиль растений *Mentha* L. коллекции ВИР. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):623–634.
DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.623-634

Поступила: 15.09.2025 Принята к публикации: 28.05.2026
Доработана после рецензирования: 10.03.2026 Опубликована онлайн: 30.06.2026

Biochemical profile of *Mentha* L. plants of the VIR collection

© 2026. Yana Ya. Masechko✉, Alla E. Solovieva, Anastasia B. Kurina
Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), St. Petersburg, Russian Federation

Mint (Mentha L.) is a widely cultivated medicinal and aromatic crop. Its value is associated with the content of essential oils, carotenoids, polyphenols, organic acids, soluble sugars, and other bioactive components. Currently, there is growing interest in qualitatively and quantitatively increasing the content of health-beneficial compounds in mint leaves and inflorescences. The aim of our work was to conduct a comprehensive comparative analysis of the biochemical composition and antioxidant activity of 34 accessions of four species of the Mentha (M. suaveolens, M. longifolia, M. × piperita, M. spicata) of VIR Mentha collection, grown in the North-West Russia (St. Petersburg) in 2024-2025. The content of photosynthetic pigments, ascorbic acid, phenolic compounds, flavonoids, and antioxidant activity was determined spectrophotometrically. Significant interspecific and interannual variability in biochemical parameters was revealed. In the less favorable temperature regime of 2025, the chlorophyll content decreased by an average of 44%, and carotenoids by 30–50 % compared to 2024. Simultaneously, there increased the content of ascorbic acid (from 0.07±0.01 to 0.21±0.03 mg·g^{-1}) and phenolic compounds. The maximum content of phenolic compounds was noted in M. × piperita accessions (62.99 mg GA eq·g^{-1} in 2025). M. suaveolens and M. longifolia accessions showed a tendency for increased flavonoid accumulation. The antioxidant activity of all species' accessions was consistently high (>83 %) with a low coefficient of variation (3.28–4.25 %). Principal component analysis differentiated the accessions into 6 statistically justified groups, indicating high intrageneric diversity. Promising genotypes were identified: M. × piperita and M. spicata accessions as sources of phenolic compounds and β-carotene. The results confirm the high adaptive potential of the studied species and the possibility of targeted selection of accessions with a specific biochemical profile for use in the pharmaceutical and food industries.

Keywords: *mint, variability, ascorbic acid, pigments, biologically active substances*

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (theme No. FGEM-2025-0007 "Cell technologies for expanding the breeding potential of vegetable crops").

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interests: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation*:* Masechko Ya. Ya., Solovieva A. E., Kurina A. B. Biochemical profile of *Mentha* L. plants of the VIR collection. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):623–634. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.623-634

Received: 10.09.2025 Accepted for publication: 28.05.2026
Revised: 10.03.2026 Published online: 30.06.2026

Мята (*Mentha* L., сем. Lamiaceae Lindl.) широко известна как ценное лекарственное растение благодаря высокому содержанию биологически активных соединений (БАС), включая витамины, фенольные соединения, эфирные масла, каротиноиды и другие. Химический состав мяты значительно варьирует в зависимости от способа получения экстрактов, почвенно-климатических условий места произрастания и географического происхождения [1, 2, 3]. По разным источникам, род *Mentha* включает 18–30 видов и 11 межвидовых гибридов [4, 5, 6]. Род *Mentha* характеризуется сложной систематикой из-за различного базового числа хромосом, внутри- и межвидовой гибридизации, а также явления полиплоидии. Наиболее распространенными в культуре и имеющими хозяйственное значение являются следующие пять видов *Mentha*: *Mentha spicata* L. (мята колосистая); *Mentha aquatica* L. (мята водяная); *Mentha arvensis* L. (мята полевая); *Mentha longifolia* (L.) Huds (мята длиннолистная); *Mentha suaveolens* Ehrh. (мята круглолистная) [7]. Предполагается, что частые межвидовые скрещивания между этими видами привели к образованию 11 природных гибридов. *Mentha* × *piperita* L. (мята перечная) представляет собой стерильный гибрид, полученный от скрещивания *M. spicata* и *M. aquatica*[1].

Благодаря своим спазмолитическим, антисептическим, мочегонным и другим свойствам мята находит широкое применение в фармацевтической промышленности[2] [8, 9]. Особую ценность в медицине представляют *M. longifolia var. asiatica* ((Boriss.) Rech.) и *M.* × *piperita* L. Растения также культивируют для парфюмерной, косметической и пищевой промышленности, используют как декоративные культуры и медоносы [3, 6, 10].

Интродукция и селекция новых сортов мяты направлены на получение форм, обогащенных биологически активными веществами, что представляет значительный интерес для различных отраслей промышленности [1].

Особое внимание традиционно уделяется изучению эфирных масел видов мяты [2]. Пигменты, содержащиеся в листьях мяты, обладают высокой биологической активностью, что позволяет рассматривать их в качестве перспективных биологически активных добавок (БАД). Каротиноиды, антоцианы и их смеси проявляют выраженную антиоксидантную и антимикробную активность, оказывают тонизирующее действие, являются природными красителями, что определяет потенциал их применения в биотехнологических, пищевых, косметических и фармацевтических процессах [11]. Помимо эфирных масел, различные виды мяты содержат высокие уровни антиоксидантных соединений, таких как фенольные кислоты, флавоноиды и аскорбиновая кислота, которые действуют как улавливатели свободных радикалов [12].

Коллекция генетических ресурсов мяты ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР) насчитывает 167 образцов, относящихся к 13 видам из 19 стран мира. Это предоставляет уникальные возможности для изучения изменчивости содержания БАС и проведения направленного отбора в генофонде источников с их высоким содержанием.

Цель исследований – провести комплексный сравнительный анализ биохимического состава и антиоксидантной активности образцов растений четырех видов рода *Mentha* L. из коллекции ВИР.

Научная новизна – комплексный анализ биохимического состава (фотосинтетические пигменты, аскорбиновая кислота, фенольные соединения, флавоноиды) и антиоксидантной активности (DPPH) образцов *M. suaveolens*, *M. longifolia*, *M.* × *piperita* и *M. spicata* из коллекции ВИР, интродуцированных в условиях Северо-Запада России.

[1]Kapp K. Polyphenolic and essential oil composition of *Mentha* and their antimicrobial effect: academic dissertation. Helsinki, 2015. 90 p. URL: https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/bedfd078-2e7a-4edf-ab0d-14d1b1f111ba/content
[2]Там же.

Материал и методы. Материалом для исследования послужили образцы мяты четырех видов из коллекции ВИР (всего 34 образца) (табл. 1).

Таблица 1 – **Образцы *Mentha*, взятые для изучения /**
Table 1 – ***Mentha* accessions taken for study**

№ каталога ВИР / VIR catalog number	*№, название образца, происхождение / Name of accession, origin*	*№ каталога ВИР / VIR catalog number*	*№, название образца, происхождение / Name of accession, origin*
Мята душистая (*M. suaveolens* Ehrh.)			
вр.к-69 / vr.k-69	1. Местная, Испания / Mestnaya, Spain	вр.к-144 / vr.k-144	2. 'Pinedo'*, Россия / 'Pinedo'*, Russia
вр.к-81 / vr.k-81	3. Местная, Франция / Mestnaya, France	вр.к-151 / vr.k-151	4. 'Pomo Petit'*, Россия / 'Pomo Petit' *, Russia
Мята длиннолистная (*M. longifolia* (L.) Huds.)			
к-9 / k-9	5. Гибридный тип, Россия / Hybrid type, Russia	к-16 / k-16	6. Местная, Германия / Mestnaya, Germany
к-10 / k-10	7. Местная, Россия / Mestnaya, Russia	вр.к-156 / vr.k-156	8. Длиннолистная, Россия / Dlinnolistnaya, Russia
к-12 / k-12	9. Перечная длиннолистная, Россия / Dlinnolistnaya perechnaya, Russia		
Мята перечная (*M.×piperita* L.)			
к-22 / k-22	10. 'Апельсин'*, Россия / 'Apelsin'*, Russia	вр.к-150 / vr.k-150	11. 'Eau de Cologne'*, Россия / 'Eau de Cologne'*, Russia
вр.к-31 / vr.k-31	12. 'Аптечная'*, Россия / 'Aptechnaya'*, Russia	вр.к-153 / vr.k-153	13. 'Garden mint'*, Россия / 'Garden mint'*, Russia
вр.к-50 / vr.k-50	14. Местная, Россия / Mestnaya, Russia	вр.к-152 / vr.k-152	15. 'Granda'*, Россия / 'Granda'*, Russia
вр.к-119 / vr.k-119	16. 'Ментольная-1'*, Россия / 'Mentholnaya-1'*, Russia	вр.к-155 / vr.k-155	17. 'Барбарисовая'*, Россия / 'Barbarisovaya'*, Russia
вр.к-124 vr.k-124	18. Местная, Украина / Mestnaya, Ukraine	вр.к-158 / vr.k-158	19. 'Перечная'*, Россия / 'Perechnaya'*, Russia
вр.к-130 vr.k-130	20. Перечная, Россия / Perechnaya, Russia	вр.к-159 / vr.k-159	21. 'Апельсиновая'*, Россия / 'Apelsinovaya'*, Russia
вр.к-137 / vr.k-137	22. 'Black Mitcham'*, Россия / 'Black Mitcham'*, Russia	вр.к-160 / vr.k-160	23. 'Шоколадная'*, Россия / 'Shokoladnaya'*, Russia
вр.к-138 / vr.k138	24. 'Cocolata mint'*, Россия / 'Cocolata mint'*, Russia	и:147506 / i: 147506	25. 'Кубанская-6'*, Россия / 'Kubanskaya-6'*, Russia
вр.к-143 / vr.k-143	26. 'Citrato'*, Россия / 'Citrato'*, Russia	и:161572 / i:161572	27. 'Ментол'*, Россия / 'Menthol'*, Russia
вр.к-147 / vr.k-147	28. 'Swiss'*, Россия / 'Swiss'*, Russia		
Мята колосистая (*M. spicata* L.)			
к-6 / k-6	29. Местная, Россия / Mestnaya, Russia	вр.к-125 / vr.k-125	30. 'Октябретта'*, Россия / 'Oktyabretta'*, Russia
к-15 / k-15	31. Местная, Россия / Mestnaya, Russia	вр.к-131 / vr.k-131	32. 'Белоцветковая'*, Россия / 'Belotsvetkovaya'*, Russia
вр.к-49 / vr.k-49	33. Местная, Россия / Mestnaya, Russia	вр.к-161 / vr.k-161	34. 'Мароканская'*, Россия / 'Moroccanskaya'*, Russia

Примечания: в таблице приняты следующие сокращения: вр.к – временный каталог ВИР; к – постоянный каталог ВИР; и – номер интродукции; *название сорта /

Notes: the following abbreviations are used in the table: vr.k – temporary catalogue of VIR; k – permanent catalogue of VIR; i – introduction number; * name of the cultivar.

Образцы мяты выращивали на Научно-производственной базе «Пушкинские и Павловские лаборатории ВИР» (г. Санкт-Петербург) в открытом грунте в 2024-2025 гг. Каждый изучаемый образец мяты (по 5 растений) возделывали на делянке площадью 1 м^2. Расстояние между делянками в ряду – 1,5 м, между рядами – 2,0 м. Исследования проводили на растениях третьего-четвертого годов выращивания.

Климатические условия вегетационных периодов 2024 и 2025 гг. характеризовались существенными различиями в термическом режиме и распределении осадков. В 2024 г. отмечено раннее и тёплое начало вегетации,

умеренно влажное лето и позднее осеннее похолодание (конец сентября), что близко к среднемноголетним данным. В 2025 г. весна была прохладной с возвратами ночных заморозков, активный рост растений начался на 1-2 недели позже; август – прохладный и дождливый, а переход через +5 °С произошёл на 7–10 дней раньше в сравнении с 2024 г. Таким образом, вегетационный период 2025 г. оказался короче и менее благоприятным по теплообеспеченности по сравнению как с 2024 г., так и со средними многолетними показателями. Осадки в оба года распределялись неравномерно. Годы исследований продемонстрировали типичную для Северо-Запада России высокую изменчивость погодных условий.

Сбор растительного материала осуществляли в фазу цветения растений согласно ФС.2.5.0029.15[3] и ГОСТ 23768-94[4] путем срезки на уровне 2/3 от длины побега. Для биохимического анализа использовали усредненную пробу надземной части растений со всей делянки. Проба включала листья, соцветия (бутоны, цветки) в той естественной пропорции, в которой они присутствуют в растении на момент сбора. Для анализа пигментного состава использовали только листья.

Биохимический анализ проводили в лаборатории биохимии и молекулярной биологии ВИР в двух аналитических повторностях, анализ и обработку материала – общепринятыми методами[5]. *Пигментный состав.* Хлорофиллы и каротиноиды выделяли с использованием 100%-го ацетона, их абсорбцию измеряли на спектрофотометре Ultrospec II (Великобритания). Сущность метода заключается в измерении оптической плотности вытяжки пигментов на спектрофотометре при длинах волн, соответствующих максимумам поглощения: хлорофилла *a* – 663 нм, *b* – 645 нм и каротиноидов – 440 нм, с последующим расчетом концентрации пигментов по уравнениям Ветштейна и Хольма для 100%-го ацетона. Суммарное содержание *β*-каротинов (454 нм), лютеина (447 нм), виолаксантина (443 нм) и ксантофилла (440 нм) определяли методом бумажной хроматографии, где в качестве подвижной фазы для идентификации желтых пигментов использовали смесь бензола с петролейным эфиром (3:1), с последующим элюированием ацетоном.

Содержание аскорбиновой кислоты определяли методом прямой экстракции из растений 1%-й соляной кислотой с последующим титрованием 2,6-дихлориндофинолом (реактивом Тильманса) (ГОСТ 24556-89[6]).

Экстракцию фенольных веществ и определение антиоксидантной активности проводили с использованием 80%-го этанола.

Общее содержание фенольных веществ определяли методом Фолина и Чокальтеу в модификации Синглетона и Росси [13], основанном на восстановлении Mo^{6+} до Mo^{5+}, в результате которого анализируемый раствор приобретает синий цвет и может быть измерен оптически при длине волны 765 нм. Результат выражали в эквивалентах галловой кислоты (ГК) – мг-экв. ГК·г$^{-1}$.

Количественную оценку антиоксидантной активности спиртовых экстрактов проводили спектрофотометрически с применением стабильного радикала 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила (DPPH) при длине волны 515 нм. После стадии нейтрализации свободных радикалов в стандартных условиях измеряли скорость окисления радикала DPPH. Результат выражали в процентах поглощения свободных радикалов [14].

Выделение флавоноидов проводили водно-спиртовым извлечением с использованием 70%-го этилового спирта. Метод основан на формировании флавоноид-алюминиевого комплекса [15]. Суммарное содержание флавоноидов определяли спектрофотометрически при длине волны 410 нм, результат выражали в процентах от исходного сырья в пересчете на рутин (по калибровочной кривой). Все данные приведены в пересчете на сырое вещество.

[3]ФС.2.5.0029.15. Мяты перечной листья Menthae piperitae folia. Институт фармокопеи и стандартизации в сфере обращения лекарственных средств (официальный сайт). [Электронный ресурс]. URL: https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-13/2/2-5/2-5-29/myaty-perechnoy-listya-menthae-piperitae-folia/ (дата обращения: 20.01.2026).

[4]ГОСТ 23768-94. Листья мяты перечной обмолоченные. Технические условия. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1995. 8 с. URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294830/4294830388.pdf

[5]Ермаков А. И., Арасимович В. В., Ярош Н. П., Перуанский Ю. В., Луковникова Г. А., Смирнова-Иконникова М. И. Методы биохимического исследования растений. Под ред. А. И. Ермакова. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Агропромиздат, Ленинградское отд-ние, 1987. 429 с.

[6]ГОСТ 24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2003. 11 с. URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294829/4294829760.pdf

Статистический анализ данных выполняли с использованием программы STATISTICA v.12.0 (StatSoft Inc., США). Описательная статистика (среднее значение, стандартное отклонение и коэффициент вариации) рассчитывалась для всех биохимических показателей. Нормальность распределения данных проверяли с помощью критерия Шапиро–Уилка и теста Колмогорова-Смирнова и Лиллиефорса. Средние значения данных сравнивали с помощью дисперсионного анализа (ANOVA). Для выявления выделившихся образцов использовали критерий достоверной значимой разницы Тьюки (HSD – Honestly significant difference Tukey) и $НСР_{05}$ (StatSoft, 2013). Метод главных компонент использовали для раскрытия основных факторов, выявляющих изменчивость образцов по комплексу признаков.

Результаты и их обсуждение. Проведенный биохимический анализ выявил значительную изменчивость накопления фотосинтетических пигментов (табл. 2) и биологически активных веществ (табл. 3) у представителей рода *Mentha* под влиянием погодных условий вегетационных периодов 2024 и 2025 гг. и видовой принадлежности.

Пигментный комплекс видов мяты в целом малоизучен. В данном исследовании анализ пигментов показал, что по суммарному содержанию хлорофиллов в 2024 г. выделялись образцы вида *M. × piperita* (1,97±0,46 мг·г$^{-1}$), наименьшее содержание – у *M. suaveolens* (1,51±0,35 мг·г$^{-1}$). В 2025 г. межвидовая изменчивость по данному показателю была статистически незначима, однако общий уровень накопления хлорофиллов у всех видов был в среднем на 44 % ниже, что скорее всего связано с менее благоприятными температурными условиями вегетационного периода 2025 г. Полученные значения в целом согласуются с литературными данными, согласно которым содержание общего хлорофилла у видов мяты колеблется в пределах 1,68–1,95 мг·г$^{-1}$ [16] и 0,09–1,02 мг·г$^{-1}$ [17] в зависимости от условий выращивания.

Содержание каротиноидов, включая β-каротин и ксантофиллы (виолаксантин, лютеин), также было подвержено значительному влиянию года (в среднем снижение на 30–50 % в 2025 г.). Общее содержание каротиноидов варьировало от 0,28±0,06 мг·г$^{-1}$ (*M. × piperita*, 2024 г.) до 0,31±0,07 мг·г$^{-1}$ (*M. longifolia*, 2024 г.). Содержание β-каротина было максимальным у *M. × piperita* в оба года изучения (0,08±0,01 и 0,05±0,01 мг·г$^{-1}$). Полученные нами результаты по общему содержанию каротиноидов существенно (в 3,5 раза) превышают литературные данные сорта *M. spicata* ‘Moro-ccan’ (0,16 и 0,10 мг·г$^{-1}$) [17] и *M. ×piperita* (0,06 мг·г$^{-1}$) [18].

В 2025 г. наблюдалось снижение содержания ксантофиллов в 1,5–2,0 раза по сравнению с предыдущим годом. Суммарное содержание ксантофиллов варьировало в пределах от 0,09±0,03 мг·г$^{-1}$ у *M. ×piperita* до 0,11±0,02 у *M. spicata* (2024 г.) и от 0,05±0,01 мг·г$^{-1}$ у *M. longifolia* до 0,06±0,02 у *M. × piperita* (2025 г.). Ксантофиловый комплекс в нашем исследовании определялся виолаксантином и лютеином. Высокие значения коэффициента вариации для лютеина (65,9–76,3 %) и виолаксантина (до 45,1 %) указывают на сильную генотипическую и, возможно, внутрипопуляционную изменчивость содержания этих ксантофиллов, что требует дальнейшего изучения. Высоким содержанием виолаксантина характеризовались образцы *M. longifolia* в 2024 г. – 0,07±0,02 мг·г$^{-1}$, на следующий год содержание его снизилось до 0,03±0,01 мг·г$^{-1}$. Необходимо отметить, что в литературных источниках сведений о содержании ксантофиллов [12], виолаксантина и лютеина у представителей рода *Mentha* довольно мало. В целом выявленный каротиноидный профиль исследуемых видов мяты характеризуется значительным содержанием как каротинов, так и ксантофиллов.

Содержание аскорбиновой кислоты в 2024 г. варьировало в узком диапазоне (0,06–0,08 мг·г$^{-1}$), в 2025 г. отмечено её увеличение в среднем в 3 раза. Среднее содержание по всем видам возросло с 0,07±0,01 до 0,21±0,03 мг·г$^{-1}$, что может свидетельствовать об активации антиоксидантной системы растений в ответ на стрессовые условия 2025 г.

Содержание суммарных фенольных соединений было высоким у образцов всех видов (46,65–58,42 мг-экв. ГК·г$^{-1}$ в 2024 г. и 58,00–62,99 мг-экв. ГК·г$^{-1}$ в 2025 г.). В 2024 г. наибольшее содержание отмечено в образцах вида *M. × piperita*. В 2025 г. содержание фенольных соединений увеличилось у образцов всех видов, особенно у *M. spicata* (на 31 %), максимальное значение сохранилось у образцов *M. × piperita* (62,99 мг-экв. ГК·г$^{-1}$). Это указывает на устойчивый высокий потенциал к накоплению фенольных соединений у образцов *M. ×piperita*, а также на заметное влияние условий вегетационного периода на фенольный метаболизм *M. spicata*.

Таблица 2 – **Пигментный состав видов *Mentha*, мг·г$^{-1}$ /**
Table 2 – **Pigment composition of the *Mentha*, mg·g^{-1}**

Ботанический вид / Botanical species	*Сумма хлорофиллов / Total chlorophylls*		*Каротиноиды / Carotenoids*		*β-каротин / β-carotene*		*Ксантофиллы / Xanthophylls*		*Виолаксантин / Violaxanthin*		*Лютеин / Lutein*	
	2024 г.	*2025 г.*	*2024 г.*	*2025 г.*	*2024 г.*	*2025 г.*	*2024 г.*	*2025 г.*	*2024 г.*	*2025 г.*	*2024 г.*	*2025 г.*
M. suaveolens Ehrh.	1,51±0,35^{a}	0,86±0,28^{a}	0,30±0,08^{a}	0,19±0,08^{a}	0,06±0,01^{a}	0,03±0,01^{b}	0,10±0,02^{a}	0,05±0,02^{a}	0,06±0,01^{a}	0,05±0,03^{a}	0,02±0,01^{a}	0,01±0,01^{a}
M. longifolia (L.) Huds.	1,62±0,20^{a}	0,91±0,27^{a}	0,31±0,07^{a}	0,15±0,04^{a}	0,07±0,01^{b}	0,04±0,01^{a}	0,10±0,02^{a}	0,05±0,01^{a}	0,07±0,02^{c}	0,03±0,01^{a}	0,01±0,01^{a}	0,01±0,01^{a}
M. ×*piperita* L.	1,97±0,46^{b}	1,10±0,32^{a}	0,28±0,06^{a}	0,21±0,06^{a}	0,08±0,01^{c}	0,05±0,01^{c}	0,09±0,03^{a}	0,06±0,02^{a}	0,05±0,02^{b}	0,05±0,02^{a}	0,02±0,02^{a}	0,02±0,01^{a}
M. spicata L.	1,79±0,28^{c}	1,04±0,22^{a}	0,30±0,04^{a}	0,20±0,03^{a}	0,07±0,01^{b}	0,04±0,01^{a}	0,11±0,02^{a}	0,06±0,01^{a}	0,06±0,01^{a}	0,05±0,01^{a}	0,02±0,01^{a}	0,01±0,01^{a}
Среднее / Mean	1,83±0,42	1,03±0,30	0,29±0,06	0,20±0,06	0,08±0,01	0,04±0,01	0,09±0,02	0,06±0,02	0,06±0,02	0,05±0,02	0,02±0,02	0,02±0,01
CV, %	23,3	30,4	22,0	43,0	21,1	34,1	29,6	37,4	36,5	45,1	76,3	65,9
HCP_{05} / LSD_{05}	0,14	0,10	0,02	0,02	0,01	0,004	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,005

Примечания: в таблице представлены средние значения по видам ± стандартное отклонение; значения $^{a–c}$ с разными верхними индексами в столбце существенно различались ($p < 0,05$) (Tukey's HSD test) /

Notes: the table presents mean values for species ± standard deviation. Values $^{a–c}$ with different superscripts in the column were significantly different ($p < 0.05$) (Tukey's HSD test)

Таблица 3 – **Биологически активные вещества видов *Mentha* /**
Table 3 – **Biologically active substances of the *Mentha***

Ботанический вид / Botanical species	*Сухой вес, % / Dry weight, %*		*Аскорбиновая кислота, мг·г$^{-1}$ / Ascorbic acid, mg·g^{-1}*		*Фенольные соединения, мг-экв ГК·г$^{-1}$ / Phenolic compounds, mg GAE·g^{-1}*		*Флавоноиды, % / Flavonoids, %*		*DPPH, %**	
	2024 г.	*2025 г.*	*2024 г.*	*2025 г.*	*2024 г.*	*2025 г.*	*2024 г.*	*2025 г.*	*2024 г.*	*2025 г.*
M. suaveolens Ehrh.	27,92±4,22^{a}	27,93±4,09^{b}	0,06±0,02^{c}	0,22±0,04^{b}	55,99±7,96^{c}	58,39±8,21^{a}	1,11±0,90^{a}	1,71±1,50^{a}	83,06±2,55^{a}	87,13±5,45^{a}
M. longifolia (L.) Huds.	28,57±5,61^{b}	33,33±2,94^{bc}	0,07±0,01^{b}	0,18±0,03^{c}	49,99±9,09^{c}	58,00±5,58^{b}	1,13±0,85^{a}	1,88±1,06^{a}	85,85±1,49^{a}	86,75±2,65^{a}
M. × *piperita* L.	23,04±4,42^{c}	28,71±2,62^{c}	0,07±0,01^{b}	0,21±0,02^{a}	58,42±10,11^{b}	62,99±3,71^{c}	0,47±0,25^{a}	1,15±0,88^{a}	85,70±3,23^{a}	86,19±3,88^{a}
M. spicata L.	25,13±5,79^{a}	30,45±5,41^{a}	0,08±0,01^{a}	0,20±0,03^{a}	46,65±9,12^{a}	60,97±4,95^{a}	0,51±0,17^{a}	1,15±0,77^{a}	85,94±1,45^{a}	85,44±2,26^{a}
Среднее / Mean	24,80±5,24	29,61±3,81	0,07±0,01	0,21±0,03	54,81±10,52	61,36±5,21	0,64±0,47	1,32±1,00	85,45±2,80	86,25±3,67
CV, %	21,1	12,8	19,7	16,6	19,2	8,4	73,4	74,9	3,2	4,2
HCP_{05} / LSD_{05}	1,67	1,20	0,01	0,01	3,31	1,69	0,22	0,34	0,94	1,28

Примечания: в таблице представлены средние значения по видам ± стандартное отклонение; значения $^{a–c}$ с разными верхними индексами в столбце существенно различались ($p < 0,05$) (Tukey's HSD test); * процент поглощения радикалов DPPH /

Notes: the table presents mean values for species ± standard deviation; values $^{a–c}$ with different superscripts in the column were significantly different ($p < 0.05$) (Tukey's HSD test);
* percentage of DPPH radical absorption

В нашем исследовании содержание суммы фенольных соединений было высоким, по сравнению с литературными данными, где содержание фенольных соединений в водно-этанольном экстракте *M. longifolia* составило 30,03 мг·г$^{-1}$ [19] и *M. spicata* – 22,6 мг·г$^{-1}$ [20] воздушно-сухого растительного сырья.

Содержание флавоноидов характеризовалось высокой вариабельностью как между образцами, видами, так и между годами. Можно отметить тенденцию к более высокому накоплению флавоноидов у образцов *M. suaveolens* и *M. longifolia* по сравнению с образцами *M. × piperita* и *M. spicata*.

Все исследуемые виды мяты показали стабильно высокую антиоксидантную активность (DPPH), превышающую 83 %, с незначительным увеличением среднего значения с 85,45±2,80 % (2024 г.) до 87,13±5,45 % (2025 г.). Низкие значения коэффициента вариации (3,28–4,25 %) свидетельствуют о мощном и сбалансированном антиоксидантном потенциале исследуемых видов мяты, обеспечиваемом совокупностью различных БАВ.

Полученные данные подтверждают, что химический состав растений рода *Mentha* определяется сложным взаимодействием генотипических факторов и условий среды. Образцы *M. × piperita* продемонстрировали стабильно высокий потенциал как источник фенольных соединений, образцы *M. spicata* и *M. × piperita* – как наиболее богатые формы по аскорбиновой кислоте. Высокая и стабильная антиоксидантная активность, регистрируемая у всех образцов изученных видов, подтверждает их ценность в качестве сырья для функциональных продуктов и фитопрепаратов.

Существенное снижение содержания фотосинтетических пигментов при одновременном росте концентрации антиоксидантов (аскорбиновая кислота, фенольные соединения, флавоноиды) в стрессовых условиях 2025 г. соответствует общебиологическим механизмам адаптации, когда ресурсы растения перераспределяются от ростовых процессов в сторону усиления защитных систем. Это указывает на высокую адаптивную пластичность изученных видов мяты к контрастным условиям региона.

В результате анализа биохимических признаков методом главных компонент было установлено, что их изменчивость определяется в основном четырьмя факторами (табл. 4).

Таблица 4 – **Дисперсия главных компонент /**
Table 4 – **Principal component variance**

Компонент / Component	*Собственные значения / Eigenvalues*	*Процент от общей дисперсии / Percentage of total variance*	*Кумулятивные собственные значения / Cumulative eigenvalues*	*Кумулятивность, % / Cumulativity, %*
1	4,41	40,06	4,41	40,06
2	1,69	15,41	6,10	55,46
3	1,41	12,86	7,51	68,32
4	1,11	10,05	8,62	78,36

Совокупный вклад этих факторов в общую дисперсию составляет 78,36 %. Первая компонента, которая характеризует содержание хлорофиллов, каротиноидов, *β*-каротина, виолаксантина и ксантофиллов, вносит наибольший вклад – 40,06 %. Вторая главная компонента характеризует содержание флавоноидов и DPPH; третья – лютеина и аскорбиновой кислоты (АК); четвертая – фенольных соединений (ФС) в отрицательном значении (рис. 1). Поскольку первые две компоненты характеризуют бóльшую часть изменчивости признаков, мы рассмотрели расположение образцов в их пространстве (рис. 2).

На основе приведенного анализа в пространстве двух главных компонент выделено 6 групп образцов, четыре образца не сформировали групп, что указывает на их промежуточное значение и индивидуальные особенности. В первую группу вошло 2 образца (вр.к-144, к-16), которые отличались самым минимальным содержанием пигментов при одновременном высоком уровне аскорбиновой кислоты и средним содержанием фенольных соединений, флавоноидов и антиоксидантной активности. Во вторую группу вошли три селекционных образца (вр.к-130, вр.к-31, и:147506) и один местный образец (вр.к-124) *M.×piperita*, характеризующиеся высоким содержанием лютеина и низким уровнем содержания каротиноидов, в том числе виолаксантина, и флавоноидов.

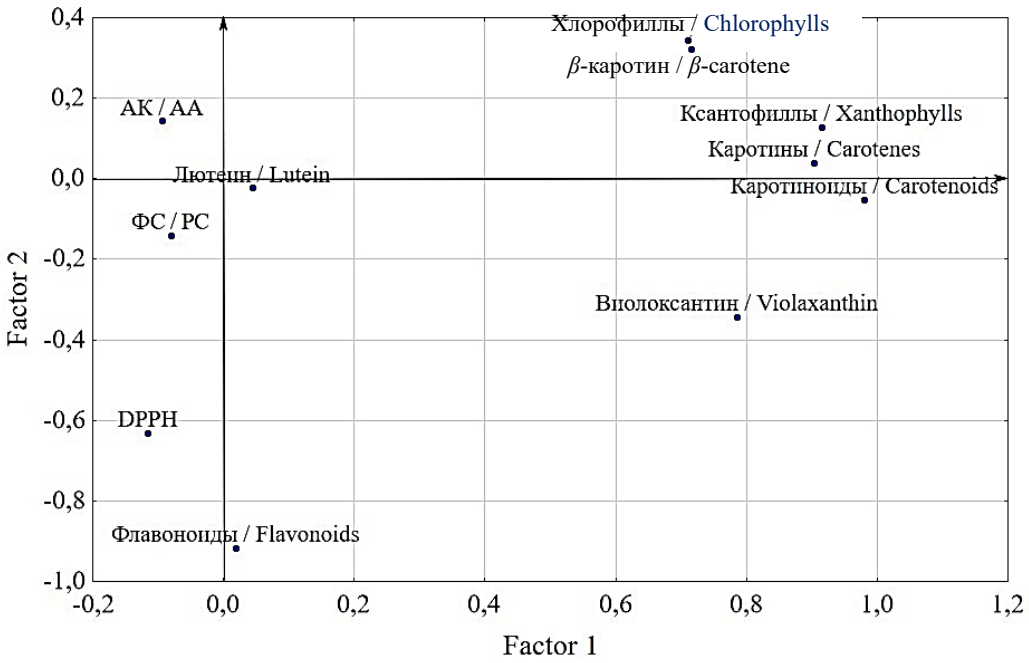

Рис. 1. **Распределение БАВ в пространстве двух компонент, полученное методом главных компонент /**
Fig. 1. **Distribution of biologically active substances in the space of two components, obtained by the principal component method**

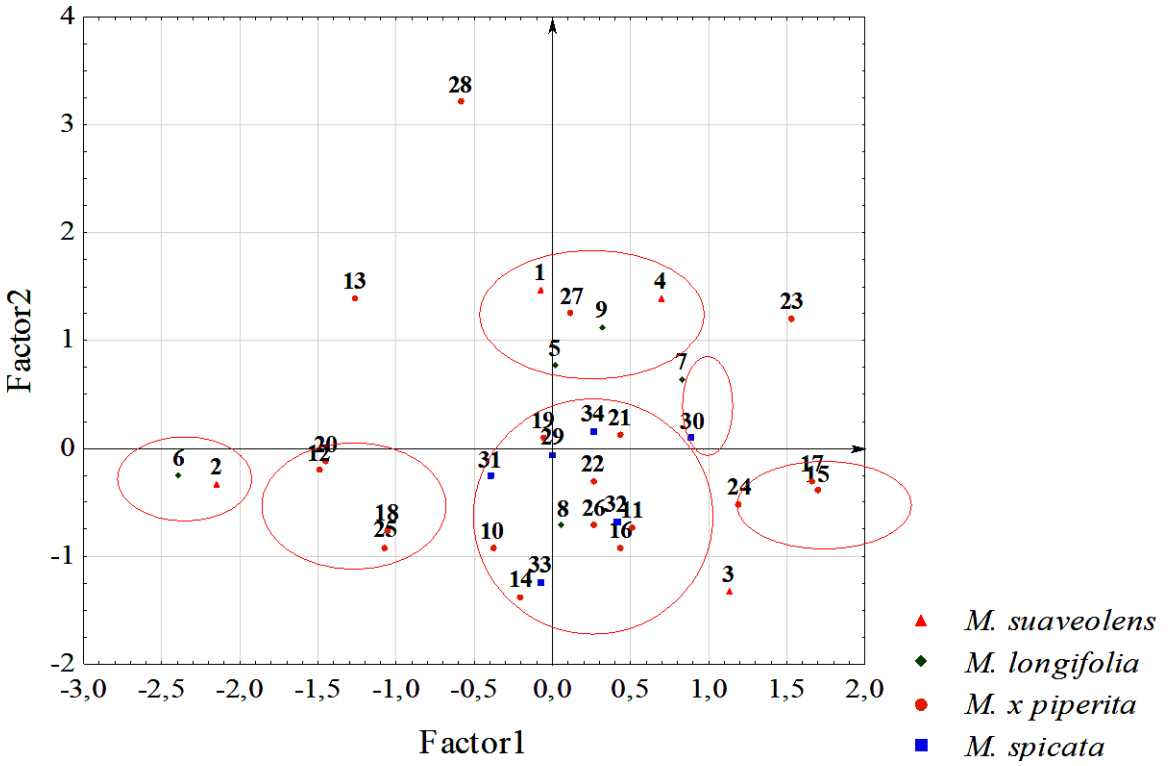

Рис. 2. **Распределение образцов мяты в пространстве первых двух компонент. Цифрами обозначены номера образцов согласно таблице 1 /**
Fig. 2. **Distribution of mint accessions in the space of the first two components. Numeric symbols indicate accession numbers according to Table 1**

Вторая группа демонстрирует тенденцию к накоплению специфических каротиноидных соединений, что может быть обусловлено генетическими особенностями, а также указывает на возможную направленность использования этих образцов в разработке продуктов с определенными биологическими свойствами. Третья группа объединяет образец *M. longifolia* (вр.к-156) с селекционными (вр.к-119, вр.к-137, вр.к-143, вр.к-150, вр.к-158, вр.к-159, к-22) и местным

(вр.к-50) образцами *M.× piperita,* а также с селекционными (вр.к-131, вр.к-161) и местными образцами (вр.к-49, к-15, к-6) *M. spicata*, отличающимися высоким содержанием лютеина и флавоноидов. Четвертая группа включает селекционные образцы (вр.к-138, вр.к-152, вр.к-155) *M.× piperita,* характеризующиеся повышенными уровнями пигментов, кроме лютеина, и фенольных соединений. Пятая группа, объединяющая селекционный (вр.к-125) и местный (к-10) образцы *M. spicata* и *M. longifolia* соответственно, выделяется высоким содержанием каротиноидов и низким уровнем фенольных соединений. В шестую группу вошло два образца (вр.к-69 и вр.к-151) *M. suaveolens,* два образца (к-9 и к-12) *M. longifolia* и селекционный образец (и:161572) *M.× piperita*, которые отличались повышенным содержанием виолаксантина, лютеина и флавоноидов.

В таблице 5 представлены средние значения по группам и стандартные отклонения уровней БАВ в исследуемых образцах. Полученные данные позволяют сравнить химический состав и биологическую активность различных групп, определить их потенциал для использования в фармацевтических и пищевых целях.

Таблица 5 – **Биохимический состав образцов мяты различных групп (рис. 2)** /
Table 5 – **Biochemical composition of mint accessions from different groups (fig. 2)**

Показатель / Indicator	*Группа / Group*						*Среднее / Mean*
	1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	
Хлорофиллы, мг·г$^{-1}$ / Chlorophylls, mg·g^{-1}	0,90±0,06	1,32±0,13	1,53±0,23	1,94±0,06	1,47±0,03	1,24±0,13	1,43±0,29
Каротиноиды, мг·г$^{-1}$ / Carotenoids, mg·g^{-1}	0,13±0,01	0,18±0,02	0,24±0,01	0,30±0,01	0,28±0,002	0,26±0,01	0,24±0,04
β-каротин, мг·г$^{-1}$ / β-carotene, mg·g^{-1}	0,04±0,002	0,05±0,004	0,06±0,009	0,08±0,002	0,06±0,001	0,05±0,007	0,06±0,01
Ксантофиллы, мг·г$^{-1}$ / Xanthophylls, mg·g^{-1}	0,05±0,006	0,05±0,006	0,08±0,008	0,11±0,01	0,09±0,004	0,08±0,006	0,08±0,02
Виолаксантины, мг·г$^{-1}$ / Violaxanthins, mg·g^{-1}	0,03±0,003	0,03±0,006	0,05±0,008	0,07±0,01	0,06±0,001	0,06±0,008	0,05±0,01
Лютеины, мг·г$^{-1}$ / Luteins, mg·g^{-1}	0,007±0,005	0,02±0,02	0,02±0,007	0,02±0,006	0,02±0,001	0,02±0,008	0,02±0,01
Аск.к-та, мг·г$^{-1}$ / Ascorbic acid, mg·g^{-1}	0,15±0,02	0,14±0,01	0,14±0,01	0,14±0,01	0,12±0,002	0,13±0,02	0,14±0,02
Фенол.соед., мг-экв ГК·г$^{-1}$ / Phenolic compounds, mg GAE·g^{-1}	60,84±3,48	60,20±4,95	56,88±6,35	62,94±2,77	50,96±2,38	55,96±5,78	58,09±5,75
Флавоноиды, % / Flavonoids, %	1,24±0,33	0,66±0,33	0,62±0,43	0,76±0,04	1,33±0,36	2,03±0,35	1,13±0,92
DPPH, %	84,33±1,19	85,37±2,04	85,53±2,18	85,24±0,75	87,05±0,31	87,68±1,59	85,85±2,43

Отдельные селекционные образцы отличаются высоким содержанием флавоноидов (вр.к-147 – 2,16 %) и лютеина – 0,03 мг·г$^{-1}$, а также антиоксидантной активностью – 90,75 % (вр.к-153). Селекционный образец *M.×piperita* (вр.к-160) и местный образец *M. suaveolens* (вр.к-81) выделяются высоким содержанием каротиноидов (0,31 и 0,30 мг·г$^{-1}$ соответственно) и уровнем аскорбиновой кислоты (0,02 и 0,02 мг·г$^{-1}$).

Согласно литературным данным, химический состав *M. spicata* изучен еще недостаточно хорошо, и лекарственные препараты на ее основе встречаются крайне редко [21, 22]. Однако на основании нашего исследования наибольший биохимический потенциал по комплексу изучаемых показателей (высокое содержание хлорофиллов, *β*-каротина, фенольных соединений и антиоксидантная активность) проявили образцы видов *M. × piperita* и *M. spicata.* Полученные данные подчёркивают перспективность данных видов как источников широкого спектра биологически активных соединений.

Заключение. Результаты исследований 2024-2025 гг. показали, что химический состав и биологическая активность образцов разных видов *Mentha*, выращиваемых в Северо-Западном регионе России, демонстрируют значительную внутривидовую и межгодовую вариабельность, обусловленную генотипическими факторами и условиями среды. Контрастные погодные условия вегетационных периодов оказали разнонаправленное действие: произошло значительное снижение содержания фотосинтетических пигментов (хлорофиллов и каротиноидов) в менее благоприятный по теплообес-

печенности 2025 г., что одновременно индуцировало активацию антиоксидантной системы, которая проявилась в увеличении содержания аскорбиновой кислоты и фенольных соединений.

Выявлены видовые особенности образцов: *M.* × *piperita* – стабильно высокое накопление хлорофиллов, *β*-каротина и фенольных соединений; *M. spicata* – наибольшая пластичность фенольного метаболизма; *M. suaveolens* и *M. longifolia* – тенденция к повышенному накоплению флавоноидов.

Метод главных компонент позволил дифференцировать образцы на шесть статистически обоснованных групп по комплексу биохимических признаков, что указывает на высокий уровень внутриродового разнообразия. Все изученные виды характеризуются стабильно высокой антиоксидантной активностью, подтверждая свою ценность как перспективное сырье для функциональных продуктов. Таким образом, полученные данные подчеркивают не только значительный адаптивный потенциал мяты, но и возможность целевого отбора генотипов (*M.* × *piperita*, *M. spicata*) с заданным профилем биологически активных веществ для нужд фармацевтической и пищевой промышленности.

Список литературы

1. Nascimento L. D., Moraes A. A. B., Costa K. S. D., Galucio J. M. P., Taube P. S., Costa C. M. L. et al. Bioactive Natural Compounds and Antioxidant Activity of Essential Oils from Spice Plants: New Findings and Potential Applications. Biomolecules. 2020;10(7):988. DOI: https://doi.org/10.3390/biom10070988

2. Yousefian S., Esmaeili F., Lohrasebi T. A. Comprehensive Review of the Key Characteristics of the Genus *Mentha*, Natural Compounds and Biotechnological Approaches for the Production of Secondary Metabolites. Iranian Journal of Biotechnology. 2023;21(4):e3605. DOI: https://doi.org/10.30498/ijb.2023.380485.3605

3. Гребенникова О. А., Палий А. Е., Работягов В. Д. Биологически активные вещества *Mentha longifolia* L. Сборник научных трудов государственного никитского ботанического сада. 2018;146;146–152.
DOI: https://doi.org/10.25684/NBG.scbook.146.2018.22 EDN: XRCBKX

4. Jedrzejczyk I., Rewers M. Genome size and ISSR markers for *Mentha* L. (Lamiaceae) genetic diversity assessment and species identification. Industial Crops and Products. 2018;120:171–179. DOI: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.062

5. Семенова М. В., Енина О. Л., Шелепова О. В. Внутри- и межвидовая изменчивость *Mentha arvensis* L. и *M. canadensis* L. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2019;23(8):1067–1075.
DOI: https://doi.org/10.18699/VJ19.582 EDN: GQBBIG

6. Кисничан Л. П., Баранова Н. В. Изучение коллекции мяты (*Mentha* SPP.) в Институте генетики, физиологии и защиты растений Республики Молдова. Известия ФНЦО. 2020;(3-4):92–95.
DOI: https://doi.org/10.18619/2658-4832-2020-3-4-92-95 EDN: OCIUFB

7. Бочкарев Н. И., Зеленцов С. В., Шуваева Т. П., Бородкина А. П. Таксономия, морфология и селекция ментольных мят (обзор). Масличные культуры. Научно-технический бюллетень Всероссийского научно-исследовательского института масличных культур. 2015;(2(162)):106–124.
Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24037030 EDN: KDAART

8. Bayan Y., Küsek M. Chemical composition and antifungal and antibacterial activity of *Mentha spicata* L. volatile oil. Ciencia e Investigación Agraria. 2018;45(1):64–69. DOI: https://doi.org/10.7764/rcia.v45i1.1897

9. Brahmi F., Madani Kh., Mohamed C., Duez P. Chemical composition and biological activities of *Mentha* species. In book: "Aromatic and Medicinal Plants - Back to Nature". Chapter: Chemical Composition and Biological Activities of Mentha Species. Editors: Hany A. El-Shemy. 2017. pp. 47–79. URL: https://www.researchgate.net/publication/315144565

10. Wei H., Kong S., Jayaraman V., Selvaraj D., Soundararajan P., Manivannan A. Mentha arvensis and *Mentha*× *piperita*-Vital Herbs with Myriads of Pharmaceutical Benefits. Horticulturae. 2023;9(2):224.
DOI: https://doi.org/10.3390/horticulturae9020224

11. Чупахина Г. Н., Масленников П. В., Скрыпник Л. Н., Чупахина Н. Ю., Федураев П. В. Антиоксидантные свойства культурных растений Калининградской области: монография. Калининград: Изд-во Балтийского федерального университета имени И. Канта, 2016. 240 с.Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27484961
EDN: XDLUGV

12. Park Y. J., Baek S.-A., Choi Y., Kim J. K., Park S. U. Metabolic profiling of nine *Mentha* species and prediction of their antioxidant properties using chemometrics. Molecules. 2019;24(2):258.
DOI: https://doi.org/10.3390/molecules24020258

13. Singleton V. L., Rossi J. A. Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture. 1965;(16):144–158.
DOI: https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144

14. Afshar F. H., Delazar A., Nazemiyeh H., Esnaashari S., Moghadam S. B. Comparison of the total phenol, flavonoid contentsand antioxidant activity of methanolic of *Artemisia spicigera* and *A. splendens* growing in Iran. Pharmaceutical Seinces. 2012;18(3):165−170. URL: https://www.researchgate.net/publication/267036614

15. Settharaksa S., Jongjareonrak A., Hmadhlu P., Chansuwan W., Siripongvutikorn S. Flavonoid, phenolic contents and antioxidant properties of Thai hot curry paste extract and its ingredients as affected of pH, solvent types and high temperature. International Food Research Journal. 2012;19(4):1581–1587.
URL: https://www.researchgate.net/publication/279539285

16. Kahkashan P., Najat B., Iram S., Iffat S. Influence of soil type on the growth parameters, essential oil yield and biochemical contents of *Mentha arvensis* L. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 2016;19(1):76–81. DOI: https://doi.org/10.1080/0972060X.2015.1086285

17. Straumite E., Kruma Z., Galoburda R. Pigments in mint leaves and stems. Agronomy Research. 2015;13(4):1104–1111. URL: https://www.researchgate.net/publication/281751729

18. Rubinskiene M., Viskelis P., Dambrauskiene E., Viskelis J., Karkleliene R. Effect of drying methods on the chemical composition and color of Perechnaya mint *(Mentha* × *piperita* L.) leaves. Zemdirbyste-Agriculture. 2015;102(2):223–228. DOI: https://doi.org/10.13080/z-a.2015.102.029

19. Гребенникова О. А., Палий А. Е., Работягов В. Д. Фенольные соединения водно-этанольного экстракта *Mentha Longifolia* L. Фармация и фармакология. 2014;(6(7)):5–7. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22998166 EDN: TJGZOL

20. Гребенникова О. А., Палий А. Е., Христова Ю. П. Биологически активные вещества *Mentha Spicata* L. Химия растительного сырья. 2014;(4):203–208. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23309075 EDN: TQBWUV

21. Гюльбякова Х. Н. Фитохимическое исследование травы мяты садовой. Международный научно-исследовательский журнал. 2022;(1–2(115)):54–59. DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.115.1.051 EDN: DOWGBR

22. Маланкина Е. Л., Ткачёва Е. Н., Кузьменко А. Н., Зайчик Б. Ц., Ружицкий А. О., Евграфова С. Л. Некоторые особенности биохимического состава сырья мяты колосковой (*Mentha spicata* L.). Вестник Московского университета. Серия 2: Химия. 2022;63(6):422–429. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49564675 EDN: MIZJPV

References

1. Nascimento L. D., Moraes A. A. B., Costa K. S. D., Galucio J. M. P., Taube P. S., Costa C. M. L. et al. Bioactive Natural Compounds and Antioxidant Activity of Essential Oils from Spice Plants: New Findings and Potential Applications. Biomolecules. 2020;10(7):988. DOI: https://doi.org/10.3390/biom10070988

2. Yousefian S., Esmaeili F., Lohrasebi T. A. Comprehensive Review of the Key Characteristics of the Genus *Mentha*, Natural Compounds and Biotechnological Approaches for the Production of Secondary Metabolites. Iranian Journal of Biotechnology. 2023;21(4):e3605. DOI: https://doi.org/10.30498/ijb.2023.380485.3605

3. Grebennikova O. A., Paliy A. E., Rabotyagov V. D. Biologically active substances of *Mentha longifolia* L. *Sbornik nauchnyh trudov gosudarstvennogo nikitskogo botanicheskogo sada*. 2018;146;146–152. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.25684/NBG.scbook.146.2018.22

4. Jedrzejczyk I., Rewers M. Genome size and ISSR markers for *Mentha* L. (Lamiaceae) genetic diversity assessment and species identification. Industial Crops and Products. 2018;120:171–179. DOI: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.04.062

5. Semenova M. V., Enina O. L., Shelepova O. V. Intraand interspecific variability of *Mentha arvensis* L. and *M. canadensis* L. *Vavilovsky zhurnal genetiki i selektsii* = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2019;23(8):1067–1075. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.18699/VJ19.582

6. Kisnichan L. P., Baranova N. V. Study of the collection of mint (*Mentha* SPP.) at the institute of genetics, physiology and plant protection of the Republic of Moldova. *Izvestiya FNTSO* = News of Federal Scientific Vegetable Center. 2020;(3-4):92–95. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.18619/2658-4832-2020-3-4-92-95

7. Bochkarev N. I., Zelentsov S. V., Shuvayeva T. P., Borodkina A. P. Taxonomy, morphology and breeding of menthol mints (review). *Nauchno-tekhnichesky byulleten Vserossiyskogo nauchno-issledovatelskogo instituta maslichnikh kultur* = Oil crops. Scientific and technical Bulletin of VNIIMK. 2015;(2(162)):106–124. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24037030

8. Bayan Y., Küsek M. Chemical composition and antifungal and antibacterial activity of *Mentha spicata* L. volatile oil. Ciencia e Investigación Agraria. 2018;45(1):64–69. DOI: https://doi.org/10.7764/rcia.v45i1.1897

9. Brahmi F., Madani Kh., Mohamed C., Duez P. Chemical composition and biological activities of *Mentha* species. In book: "Aromatic and Medicinal Plants – Back to Nature". Chapter: Chemical Composition and Biological Activities of Mentha Species. Editors: Hany A. El-Shemy. 2017. pp. 47–79. URL: https://www.researchgate.net/publication/315144565

10. Wei H., Kong S., Jayaraman V., Selvaraj D., Soundararajan P., Manivannan A. Mentha arvensis and *Mentha*× *piperita*-Vital Herbs with Myriads of Pharmaceutical Benefits. Horticulturae. 2023;9(2):224. DOI: https://doi.org/10.3390/horticulturae9020224

11. Chupakhina G. N., Maslennikov P. V., Skripnik L. N., Chupakhina N. Yu., Fedurayev P. V. Antioxidant properties of cultivated plants of the Kaliningrad region: monograph. Kaliningrad: *Izd-vo Baltiyskogo federalnogo universiteta imeni I. Kanta*, 2016. 240 p. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27484961

12. Park Y. J., Baek S.-A., Choi Y., Kim J. K., Park S. U. Metabolic profiling of nine *Mentha* species and prediction of their antioxidant properties using chemometrics. Molecules. 2019;24(2):258. DOI: https://doi.org/10.3390/molecules24020258

13. Singleton V. L., Rossi J. A. Jr. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture. 1965;(16):144–158. DOI: https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144

14. Afshar F. H., Delazar A., Nazemiyeh H., Esnaashari S., Moghadam S. B. Comparison of the total phenol, flavonoid contentsand antioxidant activity of methanolic of *Artemisia spicigera* and *A. splendens* growing in Iran. Pharmaceutical Seinces. 2012;18(3):165−170. URL: https://www.researchgate.net/publication/267036614

15. Settharaksa S., Jongjareonrak A., Hmadhlu P., Chansuwan W., Siripongvutikorn S. Flavonoid, phenolic contents and antioxidant properties of Thai hot curry paste extract and its ingredients as affected of pH, solvent types and high temperature. International Food Research Journal. 2012;19(4):1581–1587.
URL: https://www.researchgate.net/publication/279539285

16. Kahkashan P., Najat B., Iram S., Iffat S. Influence of soil type on the growth parameters, essential oil yield and biochemical contents of *Mentha arvensis* L. Journal of Essential Oil Bearing Plants. 2016;19(1):76–81.
DOI: https://doi.org/10.1080/0972060X.2015.1086285

17. Straumite E., Kruma Z., Galoburda R. Pigments in mint leaves and stems. Agronomy Research. 2015;13(4):1104–1111.
URL: https://www.researchgate.net/publication/281751729

18. Rubinskiene M., Viskelis P., Dambrauskiene E., Viskelis J., Karkleliene R. Effect of drying methods on the chemical composition and color of Perechnaya mint *(Mentha* × *piperita* L.) leaves. Zemdirbyste-Agriculture. 2015;102(2):223–228. DOI: https://doi.org/10.13080/z-a.2015.102.029

19. Grebennikova O. A., Paliy A. E., Rabotyagov V. D. Phenolic compounds of water-ethanolic extract of *Mentha longifolia* L. *Farmatsiya i farmakologiya* = Pharmacy & Pharmacology. 2014;(6(7)):5–7. (In Russ.).
URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22998166

20. Grebennikova O. A., Paliy A. E., Khristova Yu. P. Biologically active substances of *Mentha spicata* L. *Khimiya rastitelnogo sirya* = Chemistry of plant raw material**.** 2014;(4):203–208. (In Russ.).
URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23309075

21. Gyulbyakova Kh. N. Phytochemical study of garden mint herbs. *Mezhdunarodny nauchno-issledovatelsky zhurnal* = International Research Journal. 2022;(1–2(115)):54–59. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2022.115.1.051

22. Malankina E. L., Tkacheva E. N., Kuzmenko A. N., Zaychik B. Ts., Ruzhitsky A. O., Evgrafova S. L. Some specific features of the biochemical composition of the raw material of mint (*Mentha spicata* var. crispa L.). *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 2: Khimiya*. 2022;63(6):422–429. (In Russ.).
URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49564675

Вклад авторов: Масечко Я. Я. – концепция и план исследования, анализ данных, подготовка рукописи; Соловьева А. Е. – анализ данных; Курина А. Б. – концепция и план исследования, анализ данных, подготовка рукописи.

Сведения об авторах

✉ **Масечко Яна Ярославовна**, аспирант, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР), ул. Б. Морская, д. 42, 44, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru,
ORCID: **https://orcid.org/0009-0001-7572-851X**, e-mail: ya.masechko@yandex.ru

Соловьева Алла Евгеньевна, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР), ул. Б. Морская, д. 42, 44, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru,
ORCID: **https://orcid.org/0000-0002-6201-4294**

Курина Анастасия Борисовна, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений имени Н. И. Вавилова» (ВИР), ул. Б. Морская, д. 42, 44, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru,
ORCID: **https://orcid.org/0000-0002-3197-4751**

Author contributions: Masechko Ya. Ya. – research concept and plan, data analysis, manuscript preparation; Solovieva A. E. – data analysis; Kurina A. B. – research concept and plan, data analysis, manuscript preparation.

Information about the authors

✉ **Yana Ya. Masechko**, postgraduate student, junior researcher, Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44 Bolshaya Morskaya Str., St. Petersburg, Russian Federation, 190000, e-mail: secretary@vir.nw.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0009-0001-7572-851X**, e-mail: ya.masechko@yandex.ru

Alla E. Solovieva, PhD in Biology, senior researcher, Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44 Bolshaya Morskaya Str., St. Petersburg, Russian Federation, 190000,
e-mail: secretary@vir.nw.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6201-4294**

Anastasia B. Kurina, PhD in Biology, senior researcher, Federal Research Center the N. I. Vavilov All-Russian Institute of Plant Genetic Resources (VIR), 42, 44 Bolshaya Morskaya Str., St. Petersburg, Russian Federation, 190000,
e-mail: secretary@vir.nw.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0000-0002-3197-4751**

✉ – Для контактов / Corresponding author

ХРАНЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ / STORAGE AND PROCESSING OF AGRICULTURAL PRODUCTION

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.635–645
УДК 637.07

Систематизация данных о специализированной пищевой продукции для взрослого населения в России

© 2026. А. Л. Новокшанова✉, В. А. Саркисян
ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии», г. Москва, Российская Федерация

С целью обобщения информации о зарегистрированной в Российской Федерации специализированной пищевой продукции (СПП) для взрослых применена методология системного подхода при экспертной оценке и анализе видов такой продукции. Для анализа использована база данных единой нормативно-справочной информации ЕАЭС. Исследования перечня СПП выполнены в период с марта 2024 г. по январь 2025 г. на предмет классификации, компонентного состава и потребительской формы продуктов. В наблюдаемый период на территории РФ при запросе «специализированный пищевой продукт» выявлено 4283 единицы СПП, имеющие действующие и подписанные свидетельства о государственной регистрации. Указанные СПП относятся к категориям: «биологически активные добавки к пище», «специализированные пищевые продукты спортивного питания», «смеси для энтерального питания», «специализированные продукты диетического профилактического и диетического лечебного питания», а также «обогащенные продукты и блюда». Во всех категориях СПП преобладают сухие формы: смеси, кисели, смузи, какао, чайные напитки, коктейли, супы-пюре, каши, конфеты, батончики и прочие. Преимущественное большинство СПП создано с использованием растительно-злакового сырья, для улучшения пищевой ценности которого использованы различные виды ингредиентов молочного происхождения или их комбинации: белки молока, обезжиренное молоко, концентраты сывороточных белков и другие. Однако ассортимент специализированной молочной продукции весьма ограничен. Для удовлетворения растущего потребительского спроса на пищевую продукцию с заданными характеристиками качества и обеспечения продовольственной независимости страны необходима глубокая переработка любого пищевого сырья и расширение ассортимента СПП. Эти направления развития пищевых технологий остаются приоритетными для развития агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: *алиментарно-зависимые заболевания, специализированные пищевые продукты, регистрация специализированной пищевой продукции, единый реестр, молочные продукты*

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии» (тема № FGMF-2025-0011).
Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Новокшанова А. Л., Саркисян В. А. Систематизация данных о специализированной пищевой продукции для взрослого населения в России. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):635–645.
DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.635-645

Поступила: 12.03.2025 Принята к публикации: 08.06.2026
Доработана после рецензирования: 19.03.2026 Опубликована онлайн: 30.06.2026

Systematization of data on foods for special dietary uses for an adult population in Russia

© 2026. Alla L. Novokshanova✉, Varuzhan A. Sarkisyan
Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, Moscow, Russian Federation

In order to summarize the information on foods for special dietary uses (FSDU) for adults registered in the Russian Federation, the methodology of a systems approach was used in the expert assessment and analysis of the types of such products. The analysis was performed using the database of the unified regulatory and reference information of the EAEU. The studies of the list of FSDU were carried out in the period from March 2024 to January 2025 for the classification, component composition and consumer form of products. During the observed period, in the territory of the Russian Federation, when searching for "specialized food product", 4283 units of FSDU were identified that had valid and signed certificates of state registration. The specified FSDU belong to the categories: "biologically active food supplements", "specialized food products for sports nutrition", "enteral nutrition mixtures", "specialized products for dietary prophylactic and dietary therapeutic nutrition",

as well as "fortified products and dishes". In all categories of FSDU, dry forms prevail: mixes, kissels, smoothies, cocoa, tea drinks, cocktails, cream soups, porridge, sweets, bars, etc. The vast majority of FSDU are created using plant-cereal raw materials, to improve the nutritional value of which various types of ingredients of dairy origin or their combinations are used: milk proteins, skim milk, whey protein concentrates, etc. However, the range of specialized dairy products is very limited. To meet the growing consumer demand for food products with specified quality characteristics and ensure food independence of the country, deep processing of any food raw materials and expansion of the range of FSDU are necessary. These areas of food technology development remain a priority for the development of the agro-industrial complex.

Keywords: *alimentary-dependent diseases, specialized food products, registration of specialized food products, unified register, dairy products*

Acknowledgements: the research was carried out under the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety (theme No. FGMF-2025-0011).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert assessment of this work.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Novokshanova A. L., Sarkisyan V. A. Systematization of data on foods for special dietary uses for an adult population in Russia. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):635–645. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.635-645

Received: 12.03.2025 Accepted for publication: 08.06.2026
Revised: 19.03.2026 Published online: 30.06.2026

В последние десятилетия накоплен большой массив данных о зависимости уровня и структуры заболеваемости населения от характера фактического питания. Например, недостаточное потребление россиянами рыбы, молочных продуктов, овощей, фруктов, при избыточном потреблении хлебобулочных изделий, добавленного сахара и соли привело к распространению среди населения таких алиментарно-зависимых заболеваний, как метаболический синдром, ожирение, сахарный диабет второго типа, неалкогольная жировая болезнь печени, сердечно-сосудистые и онкологические заболевания [1, 2, 3, 4].

Хронические неинфекционные заболевания, связанные с рационом питания, стали основными причинами смертности и инвалидизации населения в развитых странах, включая Россию [5, 6]. Бремя этих болезней наносит значительный ущерб не только отдельным гражданам и их семьям, но и создает серьезные последствия для бюджетов службы здравоохранения, а также экономики государств в целом. Поэтому политика в области питания, нацеленная на здоровьесбережение и повышение качества жизни населения, входит в число приоритетных государственных программ.

В современной нутрициологии сложилась устойчивая парадигма о профилактике и лечении алиментарно-зависимых заболеваний, согласно которой необходимыми элементами рациона человека являются специализированные пищевые продукты (СПП). Широко распространенный в научной и профессиональной литературе термин для обозначения этих продуктов – функциональные. И в мировой практике пищевые продукты нового поколения с заданными характеристиками качества называют именно «функциональные»[1]. Эти продукты, в отличие от традиционных, имеют видоизмененный состав и пищевую ценность, предназначены для целевых групп потребителей. Создание СПП, соответствующих медико-биологическому обоснованию, связано с инновационными пищевыми технологиями.

Рынок инновационных продуктов с заданными характеристиками качества начал развиваться за рубежом гораздо раньше, чем в нашей стране. По данным международного агентства StrategyR, которое более 35 лет занимается анализом рынков, в том числе и рынков пищевой продукции, мировое производство функциональных продуктов питания в 2022 г. достигало 173,7 млрд долларов США, а предполагаемый прогноз производства этих продуктов к 2026 г. составлял 218,3 млрд долларов США. Однако уже в 2024 г. объем мирового рынка функциональных продуктов питания превысил прогнозное значение 2026 г. Судя по темпам ежегодного прироста производства функциональных продуктов питания, составляющим 6–8 %, ожидаемый объем продукции в этом сегменте рынка к 2030 г. почти вдвое превысит текущие значения (рис. 1)[2].

[1]Функциональные продукты (функциональное питание) от англ. functional products (functional food)
[2]Functional Foods and Drinks – Market Study by Global Industry Analysts, Inc [Электронный ресурс]. Strategyr.com. URL: https://www.strategyr.com/market-report-functional-foods-and-drinks-forecasts-global-industry-analysts-inc.asp (дата обращения: 30.06.2025)

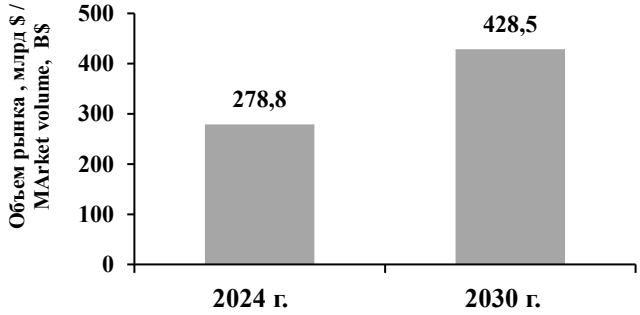

Рис. 1. **Объем мирового рынка функциональных продуктов, млрд долларов США[3]**
Fig. 1. **Volume of the world functional food market, billion US dollars[3]**

Ключевые игроки на рынке функциональных продуктов – это Соединенные Штаты Америки, Китай, Япония, Канада и страны европейского региона. Для устранения рисков и угроз продовольственной нестабильности российским производителям СПП необходимо достичь и преодолеть пороговые значения показателей продовольственной независимости, в том числе и в плане производства СПП[4].

Несмотря на то, что РФ не занимает лидирующие позиции по объемам производства СПП, в стране есть основные предпосылки для создания такой продукции. Во-первых, подготовлена и, начиная с 2011 г., введена в действие нормативная база для производства обогащенных и специализированных продуктов. Это Технические регламенты Евразийского экономического союза (ЕАЭС) «О безопасности пищевой продукции», «Пищевая продукция в части ее маркировки» и «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания». Во-вторых, ряд предприятий пищевой промышленности освоили производство СПП, о чем свидетельствует информация на сайте ЕАЭС.

В отечественных нормативных документах термин «функциональные» впервые появился в государственном стандарте «Продукты пищевые функциональные. Термины и определения»[5], который продолжает свое действие по настоящее время. Следовательно, и функциональный пищевой ингредиент, и функциональный продукт – это вполне легитимные в научной и профессиональной литературе термины. Однако позже с развитием нормативной базы определение «функциональные» не было включено в терминологический аппарат Технических регламентов Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции»[6] и «О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питания»[7], в которых есть два определения пищевых продуктов – «обогащенные» и «специализированные». Оба понятия подразумевают направленное изменение состава исходного пищевого сырья, но с разной целью и в разной степени.

Обогащенные продукты могут использоваться для коррекции макро- или микронутриентных состояний любым населением, в то время как для СПП изготовитель заявляет о ее лечебных и/или профилактических свойствах, и которая предназначена для целей безопасного употребления этой пищевой продукции определенными категориями потребителей. С учетом указанного ключевого отличия, весь оборот СПП – производство (изготовление), хранение, перевозка (транспортирование) и реализация – допускаются на территории ЕАЭС только после государственной регистрации в уполномоченном государственном органе. Сведения о наименовании специализированной пищевой продукции и ее заявителе вносятся в единый реестр специализированной пищевой продукции, который может служить базой для научных, в том числе и маркетинговых исследований.

[3]URL: https://www.strategyr.com/market-report-functional-foods-and-drinks-forecasts-global-industry-analysts-inc.asp
[4]О реализации Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: http://council.gov.ru/activity/documents/139304/ (дата обращения: 28.02.2025)
[5]ГОСТ Р 52349-2005. Продукты пищевые. Продукты пищевые функциональные. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2006. 8 с. URL: https://meganorm.ru/Data2/1/4293853/4293853340.pdf
[6]ТР ТС 021/2011. О безопасности пищевой продукции. М., 2011. [Электронный ресурс]. URL: https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/PischevayaProd.php (дата обращения: 28.02.2025).
[7]ТР ТС 027/2012. О безопасности отдельных видов специализированной пищевой продукции, в том числе диетического лечебного и диетического профилактического питаний. Астана, 2012. [Электронный ресурс]. URL: https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/bezopSpecProd.php (дата обращения: 28.02.2025).

Цель исследований – систематизация и анализ информации о зарегистрированной в Российской Федерации СПП, в частности молочной.

Научная новизна – систематизация и анализ данных о СПП, зарегистрированной в Российской Федерации, с использованием методологии системного подхода. Впервые проведен детальный анализ категорий, компонентного состава и потребительских форм СПП на основе единой нормативно-справочной информации ЕАЭС по данным на январь 2025 г.

Материал и методы. Использована методология системного подхода в экспертной оценке и анализе зарегистрированной на территории РФ СПП. Как объект исследования, СПП рассмотрена в системе «целевое назначение/ингредиентный состав/потребительская форма продукта». Предметом исследования служили полнотекстовые нормативные документы, имеющие отношение к производству и обороту СПП, а также данные единой нормативно-справочной информации Евразийского экономического союза о СПП. Материал исследования ограничен анализом специализированной пищевой продукции, зарегистрированной на территории Российской Федерации для взрослого населения. Для составления выборки сведений по СПП использовали данные из Единого реестра свидетельств о государственной регистрации (СГР)[8]. Для этого отбирали СГР, соответствующие специализированной пищевой продукции, имеющие следующие коды типа продукции[9]: 003 – БАД; 004 – продукты диетического питания; 005 – продукты детского питания; 007 – продукты, специализированные со статусом «подписан и действует». Из данного перечня вручную отсеивали продукцию, ошибочно отнесенную к указанным группам. Приведены абсолютные значения количества свидетельств. Обработка базы данных СГР и визуализация данных осуществлены в среде R с использованием пакетов dplyr и lubridate.

Результаты и их обсуждение. В основе целевого назначения СПП, принятого в ТР ТС 027/2012[10], лежат особенности физиологического состояния организма человека в определенные периоды жизни (рис. 1).

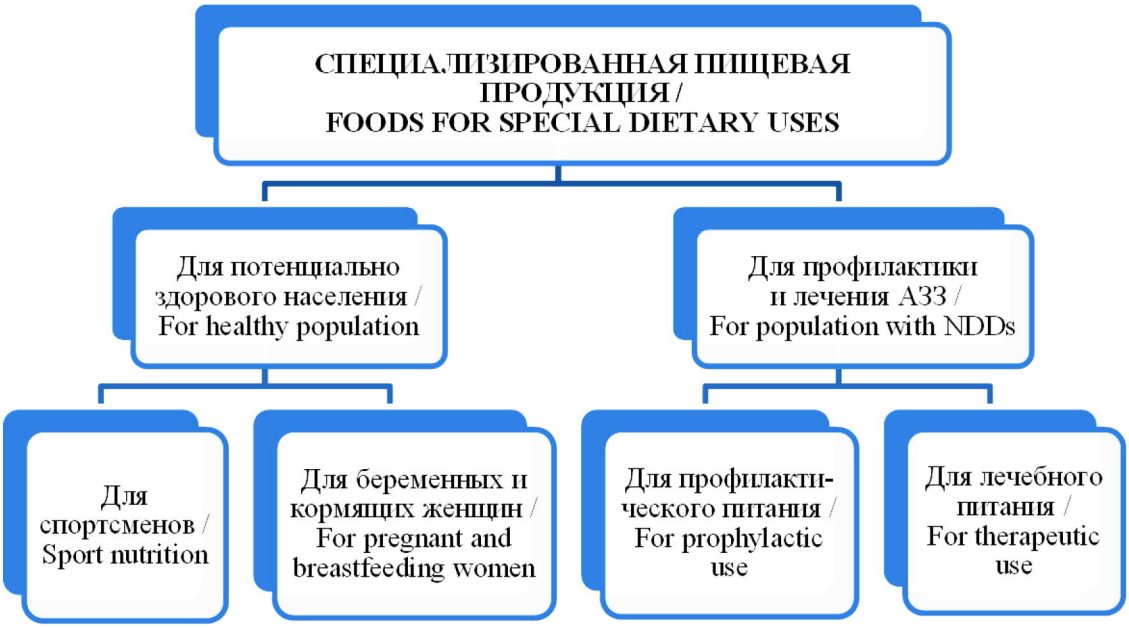

Рис. 2. **Целевое назначение СПП (АЗЗ – алиментарно-зависимые заболевания) (по данным[11]) /**
Fig. 2. **Purpose of specialized food products (NDDs – nutrition-dependent diseases[11])**

[8]Единая нормативно-справочная информация Евразийского экономического союза [Электронный ресурс]. URL: https://nsi.eaeunion.org/portal?date=2024-03-06 (дата обращения: 28.02.2025).
[9]Положение о порядке оформления Единой формы документа, подтверждающего безопасность продукции (товаров), в части ее соответствия санитарно-эпидемиологическим и гигиеническим требованиям. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/902249110 (дата обращения: 05.06.2026).
[10]URL: https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/bezopSpecProd.php
[11]Там же.

Первая группа СПП предназначена потенциально здоровому населению: спортсменам, беременным и кормящим женщинам, которые, однако, нуждаются в коррекции рациона из-за повышенного расхода питательных веществ и энергии в период высоких физических нагрузок у спортсменов и из-за особенностей физиологии при беременности и грудном вскармливании у женщин. Пищевая продукция диетического лечебного и диетического профилактического питания имеет непосредственное отношение к лечению или профилактике алиментарно-зависимых заболеваний. Согласно определениям, принятым в стандарте[12], профилактическое питание служит превентивной мерой снижения риска воздействия на организм неблагоприятных антропогенных факторов и направлено на повышение адаптационных возможностей организма человека, что способствует снижению риска развития заболеваний. Лечебное питание в соответствии с этим же документом должно обеспечивать удовлетворение физиологических потребностей организма человека в пищевых веществах и энергии с учетом механизмов развития заболевания, особенностей течения основного и сопутствующего заболеваний и выполнять профилактические и лечебные задачи. Несомненно, для того чтобы отвечать требованиям этих нормативных документов каждый вид СПП должен иметь определенные товароведные признаки в плане состава, пищевой ценности и потребительских свойств. На территории ЕАЭС подтверждение соответствия заявленным отличительным признакам для всей СПП осуществляется в форме государственной регистрации[13].

По данным единой нормативно-справочной информации ЕАЭС, на 2025 г. 47 929 единиц СПП имели действующие и подписанные свидетельства о государственной регистрации (рис. 3). Из общего числа зарегистрированной СПП 1360 единиц составляли продукты диетического питания и 3011 единиц – продукты специализированные. В совокупности на долю продуктов диетического лечебного и диетического профилактического питания приходилась 4371 единица, что составляет 9,1 % от всей зарегистрированной СПП.

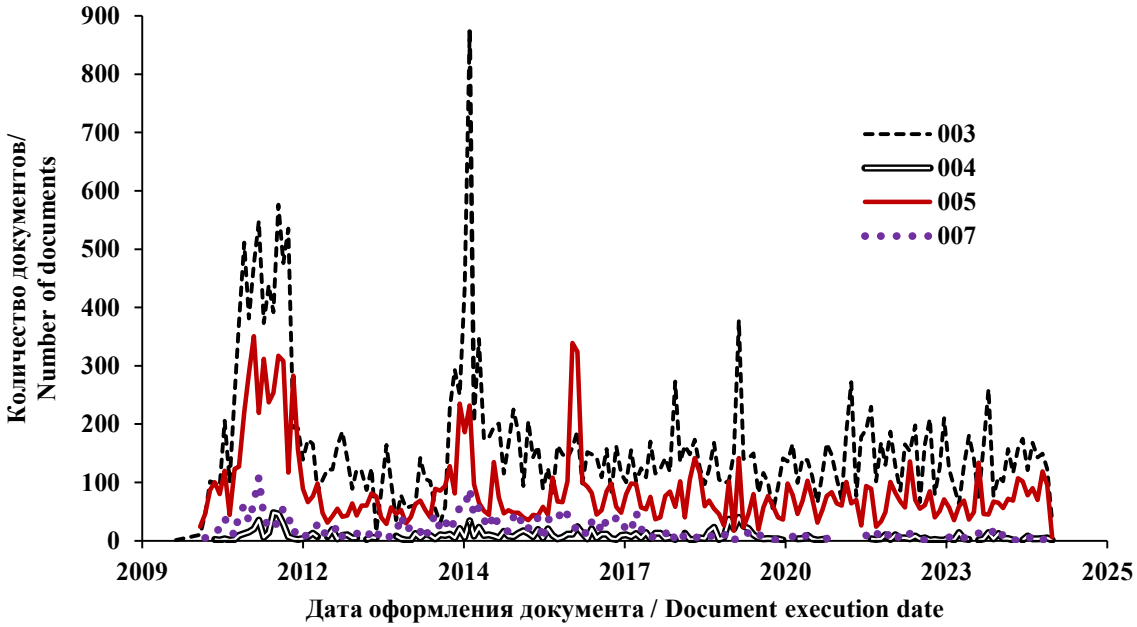

Рис. 3. **Динамика числа свидетельств о государственной регистрации СПП в России. Коды: 003 – БАД; 004 – продукты диетического питания; 005 – продукты детского питания; 007 – продукты специализированные (по данным ЕАЭС)[14]**

Fig. 3. **Trends in the Number of State Registration Certificates for Food Products in Russia. Codes: 003 – dietary supplements; 004 – dietetic foods; 005 – infant foods; 007 – specialized foods (according to EAEU)[14]**

[12]ГОСТ 33999-2016. Продукция пищевая диетического лечебного и диетического профилактического питания. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2018. 8 с.
URL: https://meganorm.ru/Data/645/64523.pdf (дата обращения: 28.02.2025)
[13]ТР ТС 021/2011. URL: https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/PischevayaProd.php
[14]URL: https://nsi.eaeunion.org/portal?date=2024-03-06

Анализ динамики рынка указывает на то, что самым активным периодом регистрации новых продуктов стало начало действия Технических регламентов и введение порядка регистрации СПП с 2010 по 2012 г. Следующие два пика регистрации свидетельств приходились на период с 2014 по 2016 г. и с 2019 по 2020 г.

Данные рисунка 3 наглядно демонстрируют, что число зарегистрированных БАД и продуктов детского питания на протяжении всего наблюдаемого периода превышало количество зарегистрированных продуктов диетического питания и специализированных продуктов. Начиная с 2020 г., количество зарегистрированных продуктов диетического лечебного и диетического профилактического питания стабилизировалось на уровне, не превышающем 100 единиц в категориях 004 и 007. В период с 2020 по 2025 г. максимальное количество продуктов диетического питания (57 единиц) было зарегистрировано в 2022 г., продуктов специализированных (82 единицы) – в 2020 г. Меньше всего продуктов диетического питания и продуктов специализированных было зарегистрировано в 2021 г. – 11 и 23 единицы соответственно, что может быть связано с ограничениями работы многих предприятий и служб в период пандемии.

Информация об общем назначении и потребительской форме СПП представлена в таблице 1.

Таблица 1 – **Потребительская форма специализированных пищевых продуктов, зарегистрированных в единой нормативно-справочной информации ЕАЭС /**
Table 1 – **Categories of specialized food products registered in the unified regulatory and reference information of the EAEU**

Категория СПП / Category of FSDU	*Потребительская форма / Consumer Form*
Специализированные пищевые продукты для питания спорсменов / Specialized food products for athletes' nutrition	Каши, коктейли, сухие смеси, батончики / Porridge, cocktails, dry mixes, bars
Специализированные пищевые продукты для беременных и кормящих женщин / FSDU for pregnant and lactating women	Сухие и жидкие молочные и соево-молочные смеси, фруктовые соки и сокосодержащие напитки, чаи, зерновые продукты / Dry and liquid milk and soy-milk mixtures, fruit juice and juice-containing beverages, tea, cereal products
Специализированные продукты диетического профилактического и диетического лечебного питания, в том числе смеси для энтерального питания / Specialized dietary, preventive, and therapeutic foods, including enteral nutrition mixtures	Кисели, смузи, какао, чайные напитки, коктейли, сухие смеси, супы-пюре, каши, мягкие конфеты, батончики, соль / Jelly, smoothies, cocoa, tea drinks, cocktails, dry mixes, puree soups, porridge, soft candies, bars, salt
	Сухие и жидкие смеси, фармаконутриенты для энтерального введения / Dry and liquid mixtures and pharmaconutrients for enteral administration

Специализированные пищевые продукты для питания спортсменов предназначены для восполнения повышенного расхода энергии, пищевых и биологически активных веществ[15]. По мнению аналитиков, в силу популярности тренда на здоровый образ жизни спрос на эти продукты в ближайшие годы будет показывать опережающий рост в сравнении с другими видами СПП[16].

Продукты для питания беременных и кормящих женщин предназначены для удовлетворения физиологических потребностей матери и плода в основных пищевых веществах и энергии, необходимых для поддержания здоровья и оптимального роста и развития.

С целью анализа потребительской формы и ингредиентного состава сырья в группе продуктов для профилактики и лечения алиментарно-зависимых заболеваний в отдельную категорию выделены специализированные продукты энтерального питания. Такая необходимость обусловлена тем, что продукты энтерального питания на протяжении длительных периодов времени могут служить единственным источником пищевых веществ для пациентов[17].

[15]ГОСТ 34006-2016. Продукция пищевая специализированная. Продукция пищевая для питания спортсменов. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2018. 11 с. URL: https://meganorm.ru/Data/645/64533.pdf
[16]URL: https://www.strategyr.com/market-report-functional-foods-and-drinks-forecasts-global-industry-analysts-inc.asp
[17]ГОСТ 35004-2023. Продукция пищевая специализированная. Продукты пищевые энтерального питания базовые. Общие технические условия. М.: Российский институт стандартизации, 2023. 26 с.
URL: https://meganorm.ru/Data/813/81332.pdf

Продукты энтерального питания показаны в особых случаях и имеют строго сбалансированные составы по содержанию макро- и микронутриентов. При энтеральном питании пищевые вещества вводятся в организм в виде напитков перорально[18] или через зонд [7].

Специализированные диетические продукты профилактического и лечебного питания составляют многочисленную категорию пищевой продукции различного предназначения, включая товары, показанные при желудочно-кишечных и онкологических заболеваниях, детоксикации организма, контроле массы тела и другие.

Большинство СПП представлено батончиками, киселями, смузи, какао, мягкими конфетами, чайными напитками, коктейлями, супами-пюре, кашами и прочими сухими смесями, требующими дополнительной кулинарной обработки, что может ограничивать их применение в рационах лиц, придерживающихся специализированных диетических столов, в которых рекомендовано использование преимущественно готовых к употреблению блюд.

Следует отметить, что согласно общим требованиям о маркировке, значения показателей пищевой ценности пищевой продукции должны быть указаны на потребительской упаковке без учета дальнейшего приготовления продукта[19]. Это значит, что пищевая ценность сухих продуктов и пищевых концентратов может показаться очень высокой неискушенному потребителю, который не учитывает, что в процессе приготовления такой СПП пищевая ценность будет значительно снижена в результате добавления воды, в том случае, когда содержание пищевых веществ указано не на порцию продукта.

Продукты энтерального питания вырабатывают только в двух формах: в виде сухих смесей и жидких, готовых к употреблению продуктов. Представление об обязательном сырье и вспомогательных ингредиентах, которые используются для создания СПП, можно составить по данным таблицы 2.

Согласно этим данным, из всех СПП самый короткий перечень вспомогательных ингредиентов имеют продукты энтерального питания, что обусловлено особо жесткими требованиями к их составу, качеству и безопасности.

Формулы продуктов для энтерального питания научно обоснованы и хорошо известны, в состав большинства из них входят ингредиенты из молочного сырья: казеин, концентрат сывороточного белка, гидролизат белка молочной сыворотки или различные сочетания этих ингредиентов. Кроме белков молока в них есть среднецепочечные триглицериды и ненасыщенные жирные кислоты, углеводы, витамины (A, E, D_3, B_1, B_2, B_3, B_5, B_6, B_9, B_{12}, C, H), минеральные соединения (Cl, K, Ca, P, Mg, Fe, Zn, Cu, I, Mn, Se, Cr, Mo, F), а также ряд минорных биологически активных веществ.

Также практически каждый из СПП для питания спортсменов содержит какой-либо вид молочного сырья или их комбинации: белки молока, обезжиренное молоко, концентрат сывороточного белка и другие.

Из данных таблиц 1 и 2 очевидно, что преимущественное большинство СПП создано с использованием растительно-злакового сырья, которое традиционно применяется в производстве хлебобулочных изделий. По данным текущего мониторинга питания, у населения уже имеется завышенное потребление зерновых и хлебобулочных изделий при недостатке мясных, молочных и рыбных продуктов в рационе [3, 4, 8]. Следовательно, более логично расширять спектр СПП именно за счет такой продукции. Однако, например, при подтверждении соответствия специализированной и обогащенной пищевой продукции требованиям нормативной документации в ФГБУН «ФИЦ питания и биотехнологии» в 2021 г. из 355 образцов только четыре продукта, то есть 1,1 % от общего объема были молочными [7].

Даже традиционные молочные продукты могут значительно улучшить рацион и сделать его более полноценным, поскольку являются одними из лучших источников животного белка, а также кальция, фосфора, других минеральных соединений, витаминов и биологически активных веществ [6, 9, 10, 11]. На основании этих данных молоко и молочные продукты включают в Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, разрабатываемые

[18]От лат. *per os, oris*, путем проглатывания лекарства.
[19]ТР ТС 022/2011. Пищевая продукция в части ее маркировки. М., 2011. [Электронный ресурс]. URL: https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/PischevkaMarkirovka.php (дата обращения: 28.02.2025).

и утверждаемые Министерством здравоохранения РФ. Причем, согласно Рекомендациям 2016 г., 15 % от всей молочной продукции в пересчете на молоко должно приходиться на долю обогащенных (витаминизированных) молочных продуктов[20].

Таблица 2 – **Сырьевые ингредиенты в составе специализированной пищевой продукции (СПП) /**
Table 2 – **Raw ingredients in specialized food products (FSDU)**

Категория СПП / Category of FSDU	*Основное сырье / Main Raw Material*	*Вспомогательные ингредиенты / Auxiliary Ingredients*
СПП для питания спортсменов / FSDU for athletes' nutrition	Злаки и хлопья злаковых; семена растений; высушенные фрукты, овощи, ягоды; сухое молочное сырье; сухие концентраты и изоляты белков (молока, сои); коллаген; пищевые волокна; орехи / Cereals and cereal flakes; plant seeds; dried fruits, vegetables, berries; dry milk raw material; dry protein concentrates and isolates (milk, soy); collagen; dietary fibers; nuts	Вкусовые наполнители; консерванты; регуляторы кислотности; подсластители; красители; влагоудерживающие агенты; антислеживающие агенты; глазирователи; эмульгаторы / Flavoring agents; preservatives; acidity regulators; sweeteners; colorants; humectants; anti-caking agents; glazing agents; emulsifiers
СПП для беременных и кормящих женщин / FSDU for pregnant and lactating women	Сухое молочное сырье; сухие концентраты и изоляты белков (молока, сои); пищевые волокна; концентраты соков; соевые белки; витамины; минеральные вещества; полиненасыщенные жирные кислоты / Dry milk raw materials; dry protein concentrates and isolates (milk, soy); dietary fibers; juice concentrates; soy proteins; vitamins; minerals; polyunsaturated fatty acids	Подсластители; вкусовые наполнители; консерванты; регуляторы кислотности; красители; влагоудерживающие агенты; антислеживающие агенты; глазирователи; эмульгаторы / Sweeteners; flavoring agents; preservatives; acidity regulators; colorants; humectants; anti-caking agents; glazing agents; emulsifiers
СПП диетического профилактического и диетического лечебного питания / FSDU of dietary preventive and therapeutic nutrition	Сухие соки овощей, фруктов, ягод; крахмал; мальтодекстрин; пищевые волокна; витамины; минеральные вещества / Dry juice of vegetables, fruits, berries; starch, maltodextrin; dietary fibers; vitamins; minerals	Подсластители; вкусовые наполнители; консерванты; регуляторы кислотности; красители; влагоудерживающие агенты; антислеживающие агенты; глазирователи; эмульгаторы / Sweeteners; flavoring agents; preservatives; acidity regulators; colorants; humectants; anti-caking agents; glazing agents; emulsifiers
Смеси для энтерального питания / Enteral nutrition mixtures	Гидролизаты белков (молочной сыворотки, сои и других растительных белков); концентраты и изоляты (казеина, сывороточных белков, сои, какао); экстракт куриного мяса; экстракты растений; смеси жирных кислот; пищевые волокна; витамины; соли минеральных элементов / Protein hydrolysates (whey, soy, and other plant proteins); concentrates and isolates (casein, whey proteins, soy, cocoa); chicken meat extract; plant extracts; fatty acid mixtures; dietary fibers; vitamins; salts of mineral elements	Вкусовые наполнители; антиокислители; эмульгаторы; стабилизаторы; загустители / Flavoring agents; antioxidants; emulsifiers; stabilizers; thickeners

Однако на сайте единой нормативно-справочной информации ЕАЭС[21], по данным на январь 2025 г., при запросах с наименованием продукции «молочный» и областью применения «лечебное питание» найдено только 8 единиц соответствующей продукции с подписанными и действующими свидетельствами о государственной регистрации, а при запросах с наименованием продукции «молочный» и областью применения «профилактическое питание» – 43 единицы таких продуктов с подписанными и действующими свидетельствами о государственной регистрации. Основную долю специализированной молочной продукции

[20]Приказ Министерства здравоохранения РФ № 614 от 19 августа 2016 г. «Об утверждении Рекомендаций по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания». [Электронный ресурс]. URL: https://mzdrav.rk.gov.ru/documents/44df5b95-5600-4463-9d30-b9cc68c91814 (дата обращения: 28.02.2025).
[21]URL: https://nsi.eaeunion.org/portal?date=2024-03-06

для взрослого населения составляют безлактозные продукты, тогда как специализированные кисломолочные продукты и продукты для энтерального питания представлены в меньшей степени. Большинство таких продуктов зарегистрировано на территории Республики Беларусь. Таким образом, в сумме все специализированные молочные продукты и лечебного, и профилактического питания составляют только 1,8 % от общего числа СПП, имеющей действующие свидетельства о государственной регистрации в РФ.

Помимо СПП, значительно улучшить пищевую ценность рациона могут биологически активные добавки к пище (БАД). На текущий момент они не относятся к СПП, их производство и оборот регулируются Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции»[22]. На рынке есть такие разновидности БАД, как натуральные витаминно-минеральные тоники, водорастворимые витаминно-минеральные комплексы, витаминно-минеральные комплексы для перорального приема, комплексы минорных биологически активных веществ и пробиотические БАД. Их потребительская форма – это растительные экстракты, тоники, таблетки, порошки, капсулы, гранулы, желейные конфеты. Большинство всех БАД к пище (для поддержания иммунитета, для беременных и кормящих женщин и др.) содержат различные комбинации витаминов и минеральных соединений, которыми также обогащены и другие СПП. За редким исключением, основное сырье в БАД представлено растительными ингредиентами:

- экстракты овощей, фруктов, ягод, злаковых, цветов, лечебных растений, водорослей, дрожжей;
- экстракты корневищ и листьев растений;
- растительные масла;
- соки, концентраты соков овощей, фруктов, ягод;
- сиропы, мед;
- гидролизаты коллагена;
- биологически активные компоненты пищи (хондроитинсульфат, глюкозамин сульфат, гиалуроновая кислота, карнитин и др.).

В пробиотических БАД также присутствуют пробиотические и молочнокислые микроорганизмы.

Помимо основного сырья для производства БАД используют многие вспомогательные ингредиенты, такие как загустители, консерванты, регуляторы кислотности, подсластители, красители, влагоудерживающие и антислеживающие агенты, наполнители (крахмал, мальтодекстрин, лактоза), глазирователи, эмульгаторы.

Заключение. Потребители, заботящиеся о поддержании здорового образа жизни и питания, инициируют растущий спрос на пищевую продукцию с заданными характеристиками качества. По-видимому, СПП получат все более широкое признание и станут частью повседневной жизни. Уже сейчас есть высокий спрос на продукты, обогащенные минеральными веществами и витаминами, с высоким содержанием белка, улучшающие пищеварение, содержащие антиоксиданты, улучшающие работу опорно-двигательного аппарата, с меньшим количеством ингредиентов, с наноинкапсулированными функциональными пищевыми ингредиентами и другие.

Расширение рынка СПП также поддерживается запросами профилактической медицины, поскольку создание и производство отечественных «пищевых продуктов с заданным химическим составом и свойствами позволит решить проблему восполнения дефицита микронутриентов, снижения калорийности и увеличения пищевой плотности рациона как в организованных коллективах, так и при индивидуальном потреблении» [5, с. 14]. При этом анализ реестра СПП свидетельствует об абсолютном преобладании БАД к пище и продуктов детского питания. Таким образом, точкой роста рынка СПП может стать направление для взрослого населения.

Как следствие, можно ожидать повышения спроса на различные виды ингредиентов, необходимых для производства продуктов профилактической направленности. Помимо концентратов, изолятов и гидролизатов казеина и сывороточных белков, популярностью у производителей СПП пользуются лактоза, олигосахариды молока и минорные ингредиенты молочного сырья: иммуноглобулины, лактоферрин, церулоплазмин, ангиогенин. Кроме этого, молочное сырье при глубокой переработке может служить источником коротко- и среднецепочечных жирных кислот, фосфолипидов и других нутриентов. Следовательно, глубокая переработка молочного, как и любого пищевого сырья, остается одним из приоритетных направлений агропромышленного комплекса.

[22]URL: https://eec.eaeunion.org/comission/department/deptexreg/tr/PischevayaProd.php

Представителям таких отраслей пищевой промышленности, как кондитерская, хлебопекарная, плодоовощная консервная, производителям напитков и пищевых концентратов удалось наладить выпуск специализированной пищевой продукции и занять свою нишу в секторе пищевых продуктов нового поколения с заданными характеристиками качества.

В то же время высококачественная молочная продукция, такая как концентраты, изоляты, гидролизаты казеина и сывороточных белков, а также их различные сочетания – это лишь сырьевой ингредиент для других отраслей пищевой промышленности. На текущий момент молочная промышленность недостаточно активно участвует в создании СПП и упускает возможности получать доходы от реализации инновационной продукции, которая уже сейчас пользуется спросом у населения. Незначительная доля зарегистрированной молочной продукции, как специализированной, указывает на то, что эта ниша на рынке пищевых продуктов не заполнена. Выявленные результаты могут помочь предприятиям молочной промышленности определиться в выборе стратегии развития и включить производство инновационных молочных продуктов с заданными характеристиками качества в свои планы.

Список литературы

1. Крылова И. А. Особенности пищевого поведения пациентов, считающих себя здоровыми. Вопросы питания. 2024;93(1):112–119. DOI: https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-1-112-119 EDN: PUOVCT

2. Масленникова Г. Я., Оганов Р. Г. Сердечно-сосудистые и другие неинфекционные заболевания в странах, входящих в Партнерство Северное Измерение в области Здравоохранения и Социального Благополучия: выбор приоритетов и лучших методов их профилактики. Кардиоваскулярная терапия и профилактика. 2017;16(5):4–10. DOI: https://doi.org/10.15829/1728-8800-2017-5-4-10 EDN: ZROVGB

3. Денисова Н. Н., Кешабянц Э. Э., Мартинчик А. Н. Анализ режима питания и продуктовой структуры суточного рациона детей 3-17 лет в Российской Федерации. Вопросы питания. 2022;91(4):54–63. DOI: https://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-4-54-63 EDN: ZTSAMM

4. Вараева Ю. Р., Павлик Л., Хачатрян А. А., Кирасирова Е. В., Ливанцова Е. Н., Егорова В. В., Стародубова А. В. Анализ особенностей питания жителей города Москвы. Здоровье мегаполиса. 2020;1(2):32–37. DOI: https://doi.org/10.47619/2713-2617.zm.2020.v1i2;32-37 EDN: INOHXY

5. Тутельян В. А., Никитюк Д. Б. Ключевые проблемы структуры пищевого рациона и передовые технологии оптимизации питания для охраны здоровья населения России. Вопросы питания. 2024;93(1):6–21. DOI: https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-1-6-21 EDN: XCDQZJ

6. Amirani E., Milajerdi A., Reiner Ž., Mirzaei H., Mansournia M. A., Asemi Z. Effects of whey protein on glycemic control and serum lipoproteins in patients with metabolic syndrome and related conditions: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. Lipids in Health and Disease. 2020;19(1):209. DOI: https://doi.org/10.1186/s12944-020-01384-7

7. Инновации в питании для взрослых: ежегодное издание с каталогом. Под ред. В. А. Тутельян, Д. Б. Никитюк, А. В. Погожева, А. Е. Шестопалов, Т. С. Попова. Вып. 1. М.: Медицинское информационное агенство (МИА), 2021. 176 с.

8. Коденцова В. М. Витаминная обеспеченность взрослого населения Российской Федерации: 1987-2017 гг. Вопросы питания. 2018;87(4):62–68. DOI: https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10043 EDN: XVQYNN

9. Коденцова В. М., Рисник Д. В. Молочные продукты как источник микронутриентов. Переработка молока. 2022;(1):48–53. DOI: https://doi.org/10.33465/2222-5455-2022-1-48-53 EDN: BLMZVE

10. Батурин А. К., Шарафетдинов Х. Х., Коденцова В. М. Роль кальция в обеспечении здоровья и снижении риска развития социально значимых заболеваний. Вопросы питания. 2022;91(1):65–75. DOI: https://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-1-65-75 EDN: BNBEIG

11. Novokshanova A. L., Matveeva N. O., Nikityuk D. B. Analysis of milk consumption and dairy products of the Russian population using an online survey. Food Science & Nutrition. 2024;12(2):933–942. DOI: https://doi.org/10.1002/fsn3.3808

References

1. Krylova I. A. Features of the eating behavior of patients who consider themselves healthy. *Voprosy pitaniya* = Problems of Nutrition. 2024;93(1):112–119. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-1-112-119

2. Maslennikova G. Ya., Oganov R. G. cardiovascular and other non-communicable diseases in the countries of the northern dimension partnership in public health and social well-being: priorities and better prevention approaches. *Kardiovaskulyarnaya terapiya i profilaktika* = Cardiovascular Therapy and Prevention. 2017;16(5):4–10. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.15829/1728-8800-2017-5-4-10

3. Denisova N. N., Keshabyants E. E., Martinchik A. N. Analysis of the diet and food structure of the daily diet of children aged 3-17 years in the Russian Federation. *Voprosy pitaniya* = Problems of Nutrition. 2022;91(4):54–63. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-4-54-63

4. Varayeva Yu. R., Pavlik L., Khachatryan A. A., Kirasirova E. V., Livantsova E. N., Egorova V. V., Starodubova A. V. Diet patterns of Moscow residents. *Zdorovye megapolisa* = City Healthcare. 2020;1(2):32–37. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.47619/2713-2617.zm.2020.v1i2;32-37

5. Tutelyan V. A., Nikityuk D. B. Key challenges in the dietary intake structure and cutting edge technologies for optimizing nutrition to protect the health of the Russian population. *Voprosy pitaniya* = Problems of Nutrition. 2024;93(1):6–21. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.33029/0042-8833-2024-93-1-6-21

6. Amirani E., Milajerdi A., Reiner Ž., Mirzaei H., Mansournia M. A., Asemi Z. Effects of whey protein on glycemic control and serum lipoproteins in patients with metabolic syndrome and related conditions: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. Lipids in Health and Disease. 2020;19(1):209. DOI: https://doi.org/10.1186/s12944-020-01384-7

7. Innovations in nutrition for adults: an annual publication with a catalog. Edited by: V. A. Tutelyan, D. B. Nikityuk, A. V. Pogozheva, A. E. Shestopalov, T. S. Popova. Iss. 1. Moscow: *Meditsinskoye informatsionnoye agenstvo (MIA)*, 2021. 176 p.

8. Kodentsova V. M. Vitamin status of adult population of the Russian Federation: 1987-2017. *Voprosy pitaniya* = Problems of Nutrition. 2018;87(4):62–68. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10043

9. Kodentsova V. M., Risnik D. V. Milk products as sources of micronutrients. *Pererabotka moloka* = Milk Processing. 2022;(1):48–53. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.33465/2222-5455-2022-1-48-53

10. Baturin A. K., Sharafetdinov Kh. Kh., Kodentsova V. M. Role of calcium in health and reducing the risk of non-communicable diseases. *Voprosy pitaniya* = Problems of Nutrition. 2022;91(1):65–75. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.33029/0042-8833-2022-91-1-65-75

11. Novokshanova A. L., Matveeva N. O., Nikityuk D. B. Analysis of milk consumption and dairy products of the Russian population using an online survey. Food Science & Nutrition. 2024;12(2):933–942. DOI: https://doi.org/10.1002/fsn3.3808

Вклад авторов: Новокшанова А. Л. – концепция и план исследования, анализ данных, подготовка рукописи; Саркисян В. А. – анализ данных, подготовка рукописи.

Сведения об авторах

✉ **Новокшанова Алла Львовна**, доктор техн. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии», Устьинский проезд, д. 2/14, г. Москва, Российская Федерация, 109240, e-mail: mailbox@ion.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5049-1472,** e-mail: novokshanova@ion.ru

Саркисян Варужан Амбарцумович, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории пищевых биотехнологий и специализированных продуктов, ФГБУН «Федеральный исследовательский центр питания и биотехнологии», Устьинский проезд, дом 2/14, г. Москва, Российская Федерация, 109240, e-mail: mailbox@ion.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5911-610X**

Author contributions: Novokshanova A. L. – research concept and plan, data analysis, manuscript preparation; Sarkisyan V. A. – data analysis, manuscript preparation.

Information about the authors

✉ **Alla L. Novokshanova**, DSc in Engineering, leading researcher, the Laboratory of Food Biotechnologies and Specialized Products, Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 2/14 Ustinsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109240, e-mail: mailbox@ion.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5049-1472,** e-mail: novokshanova@ion.ru

Varuzhan A. Sarkisyan, PhD in Biology, senior researcher, the Laboratory of Food Biotechnologies and Specialized Products, Federal Research Centre of Nutrition, Biotechnology and Food Safety, 2/14 Ustinsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109240, e-mail: mailbox@ion.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5911-610X**

✉ – Для контактов / Corresponding author

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.646–659
УДК 631.95:626.81:504.064.36

Расширение возможностей применения физико-химического мониторинга поверхностных вод в условиях эвтрофирования

© 2026. А. С. Неваев✉
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», г. Ульяновск, Российская Федерация

Сохраняющийся высокий уровень антропогенного воздействия на естественные водные объекты неизбежно приводит к ухудшению их экологического состояния. В подобных условиях перед аграриями появляется необходимость в обеспечении контроля за качеством водных ресурсов, который может быть осуществлен с помощью физико-химического мониторинга. Несмотря на преимущества данного подхода, существующие ограничения по интерпретации получаемых результатов, особенно в условиях эвтрофированного водоема, являются существенной преградой перед широкой реализацией данного подхода на практике. В статье представлены результаты разработки методики учета фактора эвтрофирования при проведении мониторинга водных объектов с помощью физико-химических методов, которая обеспечивает лучшую интерпретацию получаемых сведений и делает возможной реализацию мониторингового процесса данного типа в условиях эвтрофированных вод. В основу данной методики была положена изменчивость базовых гидрохимических показателей водной среды (pH, концентрация растворенного кислорода, уровень общей минерализации), обусловленная жизнедеятельностью фитопланктона. Для подтверждения гипотезы о возможности совместного использования данных показателей при проведении мониторинга эвтрофированных вод в районе Центрального плёса Куйбышевского водохранилища в 2022–2024 гг. определены корреляционные взаимосвязи плотности скоплений фитопланктона с содержанием растворенного кислорода (0,56…0,77), водородным показателем (0,49…0,63) и общей минерализацией (-0,57…-0,72). Полученные результаты позволили выявить стабильную умеренно-высокую корреляционную связь между исследуемыми величинами, а также определенную конфигурацию их изменчивости в зависимости от наличия в воде фитопланктона. На основе данной взаимосвязи разработана вышеупомянутая методика, которая сводится к определению трех новых величин: специфической изменчивости гидрохимических показателей (K_D), степени влияния на гидрохимические показатели фактора фитопланктона (F_D), величины присутствия фитопланктона в водной среде (P), позволяющих расширить возможности стандартного физико-химического мониторинга в условиях повсеместного антропогенного эвтрофирования и оценить пригодность водоемов для сельскохозяйственных практик.

Ключевые слова: *гидрохимический анализ, фитопланктон, водные ресурсы, сельское хозяйство, загрязнение, экология водоемов*

Благодарности: работа выполнена без финансового обеспечения в рамках инициативной тематики.
Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Неваев А. С. Совершенствование физико-химического мониторинга поверхностных вод в условиях эвтрофирования. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):646–659.
DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.646-659

Поступила: 05.12.2025 Принята к публикации: 01.06.2026
Доработана после рецензирования: 11.03.2026 Опубликована онлайн: 30.06.2026

Expanding the possibilities of using physical and chemical monitoring of surface water in eutrophic conditions

© 2026. Alexey S. Nevaev✉
Ulyanovsk State University, Ulyanovsk, Russian Federation

The continued high level of anthropogenic impact on natural water bodies inevitably leads to a deterioration in their ecological state. In such conditions, farmers need to ensure control over the quality of water resources, which can be achieved through physical and chemical monitoring. Despite the advantages of this approach, the existing limitations in interpreting the results, especially in eutrophic water bodies, pose a significant obstacle to its widespread implementation in practice. The article presents an attempt to develop a methodology for accounting for the eutrophication factor when monitoring water bodies using the physical and chemical method, which provides a better interpretation of the obtained data and makes it possible to implement this type of monitoring process in eutrophied waters. This methodology is based on the variability of basic hydrochemical parameters of the aquatic environment (pH, dissolved oxygen concentration, total mineralization), which are subject to

variability as a result of phytoplankton activity. In 2022–2024, in the Central Reach of the Kuybyshev Reservoir, correlation relationships between the density of phytoplankton clusters and the content of dissolved oxygen (0.56…0.77), hydrogen index (0.49…0.63), and total mineralization (-0.57…-0.72) were determined to confirm the hypothesis about the possibility of using these indicators together in the monitoring process of eutrophic waters. The research results revealed a stable moderate-high correlation between the studied variables, as well as a specific pattern of their variability depending on the presence of phytoplankton in the water. Based on this interaction, the above-mentioned methodology has been developed, which involves the determination of three new values: specific variability of hydrochemical parameters (KD), the degree of influence of the phytoplankton factor on hydrochemical parameters (FD), as well as the amount of phytoplankton present in the aquatic environment (P). These indicators make it possible to expand the capabilities of standard physical and chemical monitoring in the context of widespread anthropogenic eutrophication and assess the suitability of water bodies for agricultural practices.

Keywords: *hydrochemical analysis, phytoplankton, water resources, agriculture, pollution, ecology of reservoirs*

Acknowledgments: the research was carried out without financial support within the initiative topics.
The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the author stated no conflict of interest.

For citation: Nevaev A. S. Improving the physical and chemical monitoring of surface water under conditions of eutrophication. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):646–659. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.646-659

Received: 05.12.2025 Accepted for publication: 01.06.2026
Revised: 11.03.2026 Published online: 30.06.2026

Увеличение масштаба и объема ведения хозяйственной деятельности человека за последнее время сопровождается серьезной техногенной нагрузкой на природные водные объекты [1]. К наиболее негативным последствиям, обусловленным сложившейся ситуацией, относится антропогенное эвтрофирование, источниками которого среди прочих нередко выступают объекты сельского хозяйства. Существенное увеличение биомассы фитопланктона, в результате насыщения водной среды биогенами, приводит к серьезным экологическим последствиям для водоема, а также снижает общее качество его воды, значимого для всего агропромышленного комплекса в целом [1].

Главным образом изменению подвергаются органолептические характеристики и физико-химические параметры воды [2], приводя к невозможности ее использования в оросительных целях.

Отсюда следует, что контроль гидрохимических показателей водной среды поверхностных водоемов, расположенных вблизи объектов сельского хозяйства, является важной задачей в рамках обеспечения соответствия сельскохозяйственной продукции высоким современным стандартам безопасности и качества как в России, так и за рубежом.

Существенную помощь в данной проблеме способны оказать экологические мониторинговые мероприятия, позволяющие заблаговременно предупредить негативные изменения объекта наблюдения, не допустив наступления необратимых последствий.

Особый интерес при этом вызывают физико-химические методы, представляющие собой наиболее распространенный и эффективный инструмент осуществления экологического мониторинга водных объектов за счет использования широкого перечня оборудования, позволяющего обеспечить комплексную оценку состояния водной среды с высокой достоверностью. К основным достоинствам данного подхода можно отнести относительную доступность приборов на рынке, оперативность и автоматизацию мониторингового процесса, а также возможность реализации в ходе изучения водоемов, подверженных эвтрофированию.

Тем не менее, несмотря на очевидные преимущества, физико-химический мониторинг является контактным, что выражается в локальности его применения. Кроме того, несовершенным остается инструментарий, направленный на интерпретацию получаемых результатов мониторинга, особенно в условиях воздействия нескольких факторов, обусловливающих изменчивость гидрохимических показателей воды.

В настоящее время существует необходимость в совершенствовании мониторингового процесса поверхностных вод, основанного на физико-химических методах. Причем, принимая во внимание сложившуюся ситуацию с повсеместным биогенным загрязнением водоемов со стороны объектов сельского хозяйства, важным направлением развития данного вида мониторинга будет являться возможность его беспрепятственного использования, даже в условиях эвтрофированного водоёма.

Цель исследований – разработка методики по учету фактора эвтрофирования при осуществлении экологического мониторинга водных объектов с помощью физико-химических методов.

Научная новизна – впервые в условиях центрального плёса Куйбышевского водохранилища установлена корреляционная связь между гидрохимическими показателями и скоплениями фитопланктона. На основании полученных результатов разработана методика учета фактора эвтрофирования при проведении мониторинга водных объектов с помощью физико-химических методов.

Материал и методы. При разработке методики учета фактора эвтрофирования на результаты физико-химического мониторинга за основу была взята изменчивость гидрохимических показателей, обусловленная жизнедеятельностью фитопланктонных сообществ, а именно:

- водородного показателя (pH);
- показателя общей минерализации (TDS);
- концентрации растворенного кислорода (O_2).

Следует подчеркнуть, что вышеуказанные гидрохимические показатели являются основой при оценке качества водных ресурсов, а также важны при осуществлении сельскохозяйственных мероприятий.

Высокую значимость, с точки зрения сельскохозяйственных нужд, имеет общая минерализация и уровень pH, в особенности для животноводства и ирригации [3]. Немаловажным параметром также выступает и содержание растворенного кислорода, участвующего в окислении органических соединений и играющего определяющую роль для аквакультуры [4].

Наряду с вышеизложенным данные гидрохимические показатели применяются при оценке трофности поверхностных водных объектов [5, 6]. Однако на сегодняшний день, совместной конфигурации таких гидрохимических параметров, как водородный показатель (pH), концентрация растворенного кислорода и показатель общей минерализации, в расчетах не встречается.

В связи с этим предпринята попытка провести исследование по взаимосвязи данных параметров в условиях реального водоема, подверженного высокой биогенной нагрузке со стороны объектов сельского хозяйства.

Принимая во внимание сложившуюся неблагоприятную экологическую обстановку в водоемах Среднего Поволжья [7], в качестве целевого водоема для исследования было решено рассмотреть крупнейшее водохранилище волжского каскада – Куйбышевское.

На протяжении длительного времени во́ды данного водохранилища относятся к классу «загрязненных» (3-й класс). В 2023 г. загрязненность воды Куйбышевского водохранилища ниже г. Казань аммонийным азотом возросла в среднем до 2 ПДК. При этом в сентябре того же года был зарегистрирован один случай высокого загрязнения аммонийным азотом[1].

Из общего объёма диффузных загрязнений Куйбышевского водохранилища 60 % приходится на поверхностный сток с полей, 20 % – на сток с объектов животноводства, 10 % – на поверхностный сток с урбанизированных территорий, 7 % – на сбросы водного транспорта, 3 % – следствие рекреационной деятельности и прочих воздействий. По поступлению биогенов наибольшую нагрузку испытывают верхние и средние части водохранилища [8].

По некоторым оценкам, биогенная нагрузка на Куйбышевское водохранилище составляет 40 559 т N/год и 1496 т P/год для условий средней водности. Вклад левобережной части составляет порядка 69 % по фосфору и 73 % по азоту от значения суммарной нагрузки [9].

Трофический статус Куйбышевского водохранилища, оцененный по среднему содержанию хлорофилла *a*, в разные годы меняется от мезотрофного до умеренно эвтрофного и эвтрофного [10].

Отдельный интерес с точки зрения антропогенной нагрузки сельскохозяйственных объектов на поверхностные воды представляет крупнейший плёс Куйбышевского водохранилища – Центральный. Он включает в себя зауженную часть с несколькими расширениями и расположен от г. Тетюши (Республика Татарстан) до г. Сенгилей (Ульяновская область). Общая площадь данного участка – 162 000 га.

Акватория Центрального плёса примечательна большим количеством крупных заливов, образованных в результате затопления надпойменных территорий. По мере приближения к южной границе течение ослабевает, глубина уменьшается.

Видовой состав фитопланктона довольно богат. По числу видов преобладают диатомовые, зеленые, эвгленовые и цианобактерии. Менее разнообразны золотистые – 6 %, динофитовые и желтозеленые – 4 % [11].

[1]Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Обзор состояния и загрязнения окружающей среды в Российской Федерации за 2023 год. М., 2024. 215 с.
URL: https://www.meteorf.gov.ru/upload/iblock/42b/Обзор%202023_010724.pdf

Берега центрального плёса граничат сразу с несколькими районами Ульяновской области, отличающимися высокой земледельческой освоенностью: Ульяновским (посевные площади 61,3 тыс. га), Чердаклинским (94,5 тыс. га) и Старомайнским (59,2 тыс. га)[2], что и послужило основанием для проведения исследования на данном участке.

Для оценки искомой взаимосвязи был проведен корреляционный анализ между концентрацией растворенного кислорода, водородного показателя (pH), общей минерализации и обилием фитопланктона.

Объектами исследования являлись прибрежные акватории Куйбышевского водохранилища, граничащие с зонами высокой земледельческой активности. Гидрохимические пробы (содержание растворенного кислорода (O_2, мг/л)[3], водородный показатель (pH)[4], общая минерализация (TDS, мг/л))[5] были отобраны на 6 организованных пунктах отбора, соответствующих береговым зонам наиболее развитых сельскохозяйственных районов Ульяновской области.

Ульяновский район расположен в северной части Ульяновской области. Общая площадь территории – 127302 га, из которой 85714 га (67,3 %) занимают земли сельскохозяйственного назначения. Протяженность береговой линии с Куйбышевским водохранилищем составляет примерно 55,7 км (за вычетом территории г. Ульяновска), около 39,3 % которой (21,9 км) сопряжено с посевными площадями. Учитывая, что северная часть береговой полосы Ульяновского района преимущественно занята лесными насаждениями, наибольший интерес для исследования представляет ее южная часть.

На юго-востоке Ульяновской области расположен Чердаклинский район. Общая площадь его земель – 244144 га, 59,8 % (146112 га) которой приходится на земли сельскохозяйственного назначения. Длина береговой линии с Куйбышевским водохранилищем в границах Центрального плёса (за вычетом территории г. Ульяновска) составляет приблизительно 85,5 км – 33,4 км (39 %) которой сопряжено с возделываемыми землями. Принимая во внимание наличие лесной растительности вблизи береговой линии на северной и южной сторонах, в целях исследования было принято решение выбрать для изучения восточную часть.

Старомайнский район расположен в северо-восточной части Заволжской зоны Ульяновской области. Общая площадь земель района – 204410 га, из которых 116306 га (56,9 %) составляют земли сельскохозяйственного назначения. Протяженность береговой линии с Куйбышевским водохранилищем достигает порядка 103 км – около 38 км (36,8 %) которой сопряжено с посевными площадями. В силу значительной протяженности береговой линии было принято решение организовать отбор проб в 2 пунктах, удаленных друг от друга на 20 км.

Определение протяженности береговых линий с Куйбышевским водохранилищем осуществляли с помощью инструмента «линейка», встроенного в поисково-информационный картографический сервис «Яндекс Карты».

Отбор проб производили еженедельно с апреля по ноябрь 2022–2024 гг. из поверхностного слоя воды (40 см) в первой половине дня (10.00–12.00) в прибрежной части глубиной 1,5 м с соблюдением необходимых требований[6]. Всего за период исследований было отобрано 576 проб.

В рамках специфики данного исследования важной составляющей является качественная оценка изменения биомассы фитопланктона в водной среде. Принимая это во внимание, а также учитывая результаты исследования К. И. Абрамовой и др. [4], в котором выявленная теснота связи между таксономическими группами фитопланктона и значениями растворенного кислорода в разные периоды исследования оказалась слишком неоднородной, было принято решение дать оценку численности фитопланктона, основываясь на качественном определении плотности его скоплений, используя методику измерения прозрачности воды с помощью диска Секки на месте отбора.

[2]Посевные площади сельскохозяйственных культур в Ульяновской области под урожай 2024 года (в хозяйствах всех категорий). Ульяновскстат, 2024. [Электронный ресурс]. URL: https://73.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Посевные%20площади%20сх%20культур%20за%202024г(1).pdf (дата обращения: 25.11.2025).
[3]РД 52.24.419 – 2019. Массовая концентрация растворённого кислорода в водах. Методика измерений йодометрическим методом. Ростов-на-Дону, 2019. 28 с. URL: https://meganorm.ru/Data2/1/4293726/4293726785.htm
[4]РД 52.24.495 –2017. Водородный показатель вод. Методика измерений потенциометрическим методом. Ростов-на-Дону, 2017. 17 с. URL: https://meganorm.ru/Data2/1/4293739/4293739174.pdf
[5]РД 52.24.468 – 2019. Массовая концентрация взвешенных веществ и сухого остатка в водах. Методика измерений гравиметрическим методом. Ростов-на-Дону, 2020. 24 с. URL: https://meganorm.ru/Data2/1/4293722/4293722430.htm
[6]ГОСТ Р 59024-2020. Вода. Общие требования к отбору проб: М.: Российский институт стандартизации, 2023. 34 с. URL: https://internet-law.ru/gosts/gost/74335/?ysclid=mpsasuzn6b686487963

Таблица 1 – **Пункты наблюдения гидробиологических и гидрохимических параметров Куйбышевского водохранилища в районе Центрального плёса /**
Table 1 – **Points of observation of hydrobiological and hydrochemical parameters of the Kuibyshev Reservoir in the Central Reach**

№ пункта / The number of point	*Местоположение пункта наблюдения / Location of the observation point*	*Широта, ° с. ш. / Latitude*	*Долгота, ° в. д / Longitude*
1	Вблизи с. Криуши (городской округ Новоульяновск) / Near the village of Kriushi (Novoulyanovsk city district)	54,10732	48,5606
2	Поблизости от с. Панская Слобода (городской округ Новоульяновск) / Near the village of Panskaya Sloboda (Novoulyanovsk city district)	54,1197	48,48653
3	Неподалеку от п. Белая Рыбка (Чердаклинский район, Ульяновская область) / Not far from the village of Belaya Rybka (Cherdaklinsky district, Ulyanovsk region)	54,14494	48,72797
4	Около коттеджного п. Нагорный (Чердаклинский район, Ульяновская область) / Near the cottage village of Nagorny (Cherdaklinsky district, Ulyanovsk region)	54,10279	48,84315
5	Возле д. Малиновка (Старомайнский муниципальный округ, Ульяновская область) / Near the village of Malinovka (Staromainsky municipal district, Ulyanovsk region)	54,53961	48,90358
6	Между с. Волжское и с. Волостниковка (Старомайнский муниципальный округ, Ульяновская область) / Between Volzhskoye and Volostnikovka village (Staromainsky municipal district, Ulyanovsk region)	54,70935	48,98323

Категорирование плотности скоплений фитопланктона для данной задачи осуществлено на основе результатов А. А. Молькова и др. [12], адаптированных под условия проведения исследования (табл. 2).

Выбор меньшей глубины обнаружения диска Секки обусловлен возможностью снизить влияние мутности и цветности воды на итоговые результаты. Таким образом, необходимые измерения осуществляли в водной среде, прозрачность которой, преимущественно, зависела от присутствия в ней биомассы фитопланктона.

При этом стоит отметить, что использование вышеуказанного подхода может быть ограничено в условиях низкой прозрачности воды, связанной как с морфологическими особенностями акватории, так и гидрологическими факторами водоема (колебания уровня воды, волнение и пр.).

Таблица 2 – **Критерии оценки плотности скоплений фитопланктона на основе измерения прозрачности воды /**
Table 2 – **Criteria for assessing the density of phytoplankton aggregations based on water transparency measurements**

Глубина обнаружения диска Секки, м / Secchi disk detection depth, m	*Категория / Category*	*Значение / Meaning*
1,5	0	Скопления фитопланктона незначительны или вовсе отсутствуют / Phytoplankton accumulations are insignificant or completely absent
1,4–1,0	1	Малая плотность / Low density
1,0–0,5	2	Высокая плотность / High density
≤ 0,5	3	Сверхвысокая плотность / Ultra-high density

Для анализа взаимосвязи был применен непараметрический метод – корреляционный коэффициент Спирмена, позволяющий определить тесноту (силу) и направление корреляционной связи между двумя признаками. Оценка тесноты связи проведена по Чеддоку (до 0,3 – слабая; 0,3–0,5 – умеренная; 0,5–0,7 – заметная; 0,7–0,9 – высокая)[7]. Статистический анализ данных выполнен с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. Весенний период (апрель – май) сопровождался значениями гидрохимических показателей, варьирующих в следующих пределах: растворенный кислород – 3,6–5,5 мг/л; водородный показатель (pH) – 8,22–8,86; общая минерализация – 226–280 мг/л

[7]Ксендзенко Л. С., Бойко Л. А., Шишкин А. В. Элементы теории корреляции. Владивосток: Дальневосточный ФУ, 2025. 71 с.

(рис. 1, а, б, в). Имеющийся разброс показаний приборов обусловлен различными особенностями мест пробоотбора (наличие или отсутствие течения, удаленность от города и крупных поселений, морфология участка, прибрежный рельеф и пр.). Вместе с тем было замечено, что в более проточных зонах (пункты 2 и 6) значения концентрации растворенного кислорода были заметно выше по сравнению с остальными наблюдаемыми участками, характеризующимися как более застойные. Это подчеркивает повышенную лабильность кислорода в проточных водоемах, связанную с рядом внутренних и внешних факторов. При этом сколько-нибудь заметные скопления фитопланктона обнаружены только в пунктах 5 и 6 (категория 1).

Начало летнего периода (июнь) характеризовалось повышением концентрации растворенного кислорода во всех пунктах – в диапазоне 6,0–7,4 мг/л. Кроме того, было замечено повсеместное повышение уровня pH, значения которого составляли 8,46–9,18, а также снижение общей минерализации – 187–229 мг/л. Данные изменения объясняются началом сезонной вегетации фитопланктона, так как его скопления разной плотности уже обнаруживали во всех пунктах наблюдения (категории 1 и 2).

В июле вышеуказанная тенденция изменений гидрохимических параметров воды сохранялась, однако в пунктах 2 и 6 периодически наблюдали снижение плотности скоплений (вплоть до категории 0), что сопровождалось заметным понижением концентрации кислорода и уровня pH, а также небольшим постепенным ростом минерализации. Это может быть объяснено гидродинамической нейтральностью фитопланктона, что позволяет допустить возможность его переноса из наблюдаемой области посредством движения водных масс и ветра. Стоит отметить, что в остальных пунктах (1, 3, 4, 5) также временами отмечалось снижение плотности скоплений фитопланктона, но гораздо в меньшем объеме (не опускались ниже категории 1). Вышеописанная конфигурация гидрохимических изменений также присутствовала, однако в меньшем диапазоне.

В августе продолжался повсеместный рост концентрации растворенного кислорода, достигшей 6,7–8,3 мг/л, значений водородного показателя, находившегося в диапазоне 8,96–10,23, на фоне снижающейся общей минерализации – 160–181 мг/л. Скопления фитопланктона заметно увеличились (категория 2-3) с сохранением периодических колебаний по плотности, особенно в пунктах 2 и 6.

Начало осеннего сезона (сентябрь) в 2022 г. сопровождалось средней температурой воздуха – 16,5 °C и низкой инсоляцией, что повлияло на активность фитопланктона, в силу чего повсеместно наблюдалось снижение плотности его скоплений, а также растворенного кислорода и pH. В 2023-2024 гг. сложились благоприятные погодные условия, что привело к повторной вспышке вегетации. Кислород фиксировали в интервале 7,5–8,6 мг/л, а водородный показатель – 9,18–10,34. Общая минерализация находилась в диапазоне 153–168 мг/л. Плотность скоплений фитопланктона оставалась значительной (категория 2, 3).

В течение последующих месяцев (октябрь – ноябрь) за весь период исследований сохранялась стойкая тенденция к снижению гидрохимических показателей и к концу наблюдений концентрация растворенного кислорода составила 4,3–5,5 мг/л, pH – 7,66–8,34, общая минерализация находилась в диапазоне 148–162 мг/л. Плотность скоплений фитопланктона также существенно уменьшилась (категории 0, 1).

Содержание растворенного кислорода в поверхностном слое центрального плёса Куйбышевского водохранилища за весь период наблюдений опускалось ниже нормативных значений (4,0 мг/л) лишь в нескольких пунктах (1 и 5) и только в весенний период. Примечательно, что данные точки характеризуют наиболее застойные участки рассматриваемой акватории. Его средние значения (табл. 3) в большинстве случаев достигают ПДК, установленной для рыбохозяйственных водоемов (6,0 мг/л)[8]. Средние значения водородного показателя находятся в пределах нормы (6,0–9,0), однако во время активной вегетации фитопланктона верхний порог периодически превышался. Показатель общей минерализации, как и ее средние значения за время всего исследования находились в диапазоне, позволяющем отнести воды рассматриваемой акватории к категориям ультрапресных-пресных вод (менее 200 мг/л – ультрапресные; 200–500 мг/л – пресные).

[8]Приложение № 1 к приказу Росрыболовства от 26 мая 2025 г. № 296 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. [Электронный ресурс]. URL: https://legalacts.ru/doc/prikaz-rosrybolovstva-ot-26052025-n-296-ob-utverzhdenii-normativov/ (дата обращения: 25.11.2025).

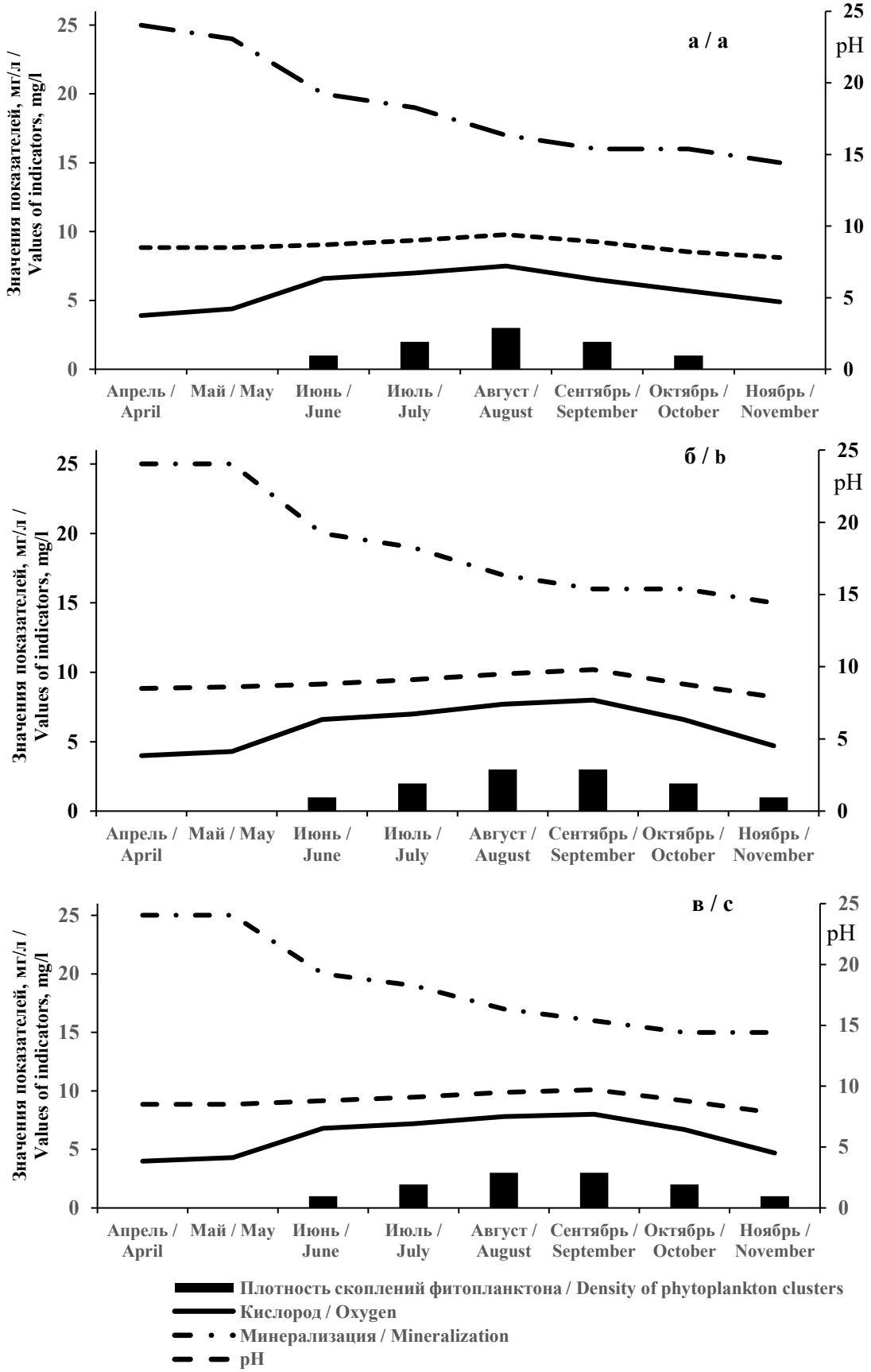

Рис. 1. **Динамика изменчивости гидрохимических показателей центрального плёса Куйбышевского водохранилища: а – 2022 г.; б – 2023 г.; в – 2024 г. /**

Fig. 1. **Dynamics of variability of hydrochemical indicators in the Central Reach of the Kuybyshev Reservoir: a – 2022; b – 2023; c – 2024**

Таблица 3 – **Средние значения гидрохимических показателей центрального плёса Куйбышевского водохранилища за период исследования (2022–2024 гг.) /**
Table 3 – **Average values of hydrochemical indicators in the Central Reach of the Kuybyshev Reservoir during the study period (2022–2024)**

Год / Year	*Растворенный кислород, мг/л / Dissolved oxygen, mg/l*	*Водородный показатель (pH) / The hydrogen index (pH)*	*Общая минерализация, мг/л / Total mineralization, mg/l*
2022	5,84±1,14	8,67±0,48	196,18±32,65
2023	6,16±1,30	8,92±0,54	195,58±33,39
2024	6,23±1,38	8,87±0,55	194,29±34,19

Установлено, что кислородный режим поверхностных вод зависит от целого ряда факторов, однако для водоемов с низкой проточностью значительный вклад в обогащение воды кислородом привносит альгоценоз [13]. Этим и объясняется увеличение содержания растворенного кислорода во время его активной вегетации.

Рост уровня pH в данные периоды также обусловлен поглощением фитопланктоном углекислого газа (CO_2) в процессе фотосинтеза, что способствует уменьшению концентрации свободных ионов водорода (H^+) и ведет к повышению pH.

Зафиксированные изменения общей минерализации предположительно связаны с истощением минеральных солей азота (нитраты, нитриты и соли аммония) и фосфора (фосфиты, метафосфаты, ортофосфаты, пирофосфаты), а также бикарбонатов в ходе сезонной динамики развития фитопланктона.

В таблице 4 представлены коэффициенты корреляции между плотностью скоплений фитопланктона и исследуемыми гидрохимическими показателями воды центрального плёса Куйбышевского водохранилища.

Проведенный корреляционный анализ позволил выявить положительную заметно-высокую тесноту связи численности фитопланктона (выраженную через плотность его скоплений) с содержанием растворенного кислорода, положительную умеренно-заметную связь с водородным показателем, а также отрицательную заметно-высокую связь с общей минерализацией.

Таблица 4 – **Коэффициент корреляции Спирмена гидрохимических показателей с плотностью скоплений фитопланктона ($p < 0,05$) за исследуемый период /**
Table 4 – **Spearman correlation coefficient of hydrochemical indicators with the density of phytoplankton clusters ($p < 0.05$) for the study period**

№ пункта / The number of point	*Растворенный кислород / Dissolved oxygen*	*Водородный показатель (pH) / The hydrogen index (pH)*	*Общая минерализация / Total mineralization*
1	0,68	0,51	-0,71
2	0,59	0,49	-0,57
3	0,65	0,57	-0,61
4	0,64	0,55	-0,67
5	0,77	0,63	-0,69
6	0,56	0,59	-0,72

Примечательно, что сила взаимосвязи между рассматриваемыми показателями на участках наблюдения неоднородна, однако, анализируя полученные результаты, можно обнаружить некоторые особенности. Так, значения коэффициента корреляции у водородного показателя заметно ниже по сравнению с другими, что может быть связано с высокой лабильностью данного параметра.

Вместе с тем данные, полученные на более проточных участках (пункты 2 и 6), демонстрируют меньшие корреляционные значения растворенного кислорода относительно менее проточных зон, что подчеркивает доминирующую роль фитопланктона как фактора, регулирующего кислородный режим на данных участках акватории.

Таким образом, полученные результаты исследования позволили выявить следующую зависимость:

1. При $\Delta D > 0$:

Пусть A = *f*(D), B = *g*(D), C = *h*(D), тогда

$$\Delta D > 0 \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} f'(D) > 0 \\ g'(D) > 0 \\ h'(D) < 0 \end{cases}, \qquad (1)$$

где A – концентрация растворенного кислорода; B – водородный показатель (pH); C – общая минерализация; D – количество фитопланктона.

2. При $\Delta D < 0$:

Пусть A = *f*(D), B = *g*(D), C = *h*(D), тогда

$$\Delta D < 0 \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} f'(D) < 0 \\ g'(D) < 0 \\ h'(D) > 0 \end{cases} \qquad (2)$$

На практике изменчивость переменных A, B и C – зависит от различных факторов, однако результаты проведенного исследования показывают, что при влиянии исключительно переменной D – вышеуказанные показатели склонны изменяться в конфигурации, описанной выражениями (1-2).

Это позволяет определить диапазон значений величины специфической изменчивости гидрохимических показателей (K_D) в зависимости от размера скоплений фитопланктона и вывести математическое выражение, определяющее степень его влияния (F_D) на исследуемые показатели – для идентификации фитопланктона в водной среде, косвенной оценки величины его скоплений, а также интерпретации изменчивости гидрохимических показателей с учетом данного фактора в рамках проведения экологического мониторинга эвтрофированных водных объектов с помощью физико-химического метода.

Принимая во внимание диапазон изменения A (0–8 мг/л), B (0–4) и C (0–200 мг/л) при проведении исследования, а также допустив линейный характер их изменчивости, получим значения величины специфической изменчивости гидрохимических показателей (K_D) в зависимости от размера скоплений фитопланктона (табл. 5).

Таблица 5 – **Диапазон значений (K_D) от изменчивости концентрации растворенного кислорода (ΔA), водородного показателя (ΔB) и общей минерализации (ΔC) в ходе мониторинга /**
Table 5 – **Range of values (K_D) from the variability of dissolved oxygen concentration (ΔA), hydrogen index (ΔB), and total mineralization (ΔC) during monitoring**

ΔA	*ΔB*	*ΔC*	K_D
1	2	3	4
0,2	0,1	-5	1
0,4	0,2	-10	2
0,6	0,3	-15	3
0,8	0,4	-20	4
1,0	0,5	-25	5
1,2	0,6	-30	6
1,4	0,7	-35	7
1,6	0,8	-40	8
1,8	0,9	-45	9
2,0	1,0	-50	10
2,2	1,1	-55	11
2,4	1,2	-60	12
2,6	1,3	-65	13
2,8	1,4	-70	14
3,0	1,5	-75	15
3,2	1,6	-80	16
3,4	1,7	-85	17
3,6	1,8	-90	18
3,8	1,9	-95	19
4,0	2,0	-100	20

Продолжение табл. 5

1	2	3	4
4,2	2,1	-105	21
4,4	2,2	-110	22
4,6	2,3	-115	23
4,8	2,4	-120	24
5.0	2,5	-125	25
5,2	2,6	-130	26
5,4	2,7	-135	27
5,6	2,8	-140	28
5,8	2,9	-145	29
6,0	3,0	-150	30
6,2	3,1	-155	31
6,4	3,2	-160	32
6,6	3,3	-165	33
6,8	3,4	-170	34
7,0	3,5	-175	35
7,2	3,6	-180	36
7,4	3,7	-185	37
7,6	3,8	-190	38
7,8	3,9	-195	39
8.0	4,0	-200	40

Примечания / Notes: $K_{Dmin} = 1$; $K_{Dmax} = 40$.

Необходимо отметить, что приведенный выше диапазон значений специфической изменчивости гидрохимических показателей (K_D) не ограничивается Куйбышевским водохранилищем, а может быть применен и для других водных объектов, у которых изменчивость A, B и C в ходе мониторинга лежит в указанных пределах (табл. 5). В случае, если морфологические особенности водоема или характеристика влияния фитопланктона на A, B и C способствуют получению значений, выходящих за вышеуказанные границы, допустимо расширить диапазон значений K_D, соблюдая условие линейного характера изменчивости A, B и C. Объем наблюдений предполагает как можно большее количество измерений в периоды интенсивной вегетации фитопланктона, что обусловлено высокой лабильностью гидрохимических параметров и периодическим перемещением скоплений фитопланктона под воздействием потоков воды. Целесообразным представляется использование данного подхода совместно с автоматизированными стационарными или мобильными устройствами и системами мониторинга, обеспечивающими проведение измерений на регулярной основе.

Качественная характеристика скоплений фитопланктона в водной среде относительно величины K_D определяется с помощью следующей таблицы 6.

Таблица 6 – **Значения величины (K_D) и определяемый по ней размер скоплений фитопланктона /**
Table 6 – **Values of the quantity (K_D) and the size of phytoplankton clusters**

Значение / Value	*Размер скоплений фитопланктона / Size of phytoplankton accumulations*		
	малые / small	*средние / average*	*крупные / large*
Показатель K_D / indicator K_D	1–10	11–25	26–40

Для определения степени влияния фитопланктона (F_D) на изменчивость переменных A, B и C воспользуемся формулой среднего арифметического от суммы частных при делении табличного значения каждого из параметров (Δi_{const}), определяемого по таблице 5, на его

реальное значение ($\Delta i_{измер}$), полученное в ходе промежуточных измерений в рамках мониторинга:

$$F_D = \left(\frac{\left(\frac{\Delta A const}{\Delta A измер} + \frac{\Delta B const}{\Delta B измер} + \frac{\Delta C const}{\Delta C измер} \right)}{3} \right) \times 100, \%. \quad (3)$$

Значение Δi_{const} для расчета F_D по формуле (3) определяется по наименьшему из $\Delta i_{измер}$, которое соотносится со значениями из таблицы 5. Табличные значения (Δi_{const}) для оставшихся двух показателей будут соответствовать значениям, указанным на соответствующей строке, определяемой наименьшей из $\Delta i_{измер}$.

Оценка степени влияния фактора фитопланктона на изменения переменных A, B и C осуществляется по следующей таблице 7.

Таблица 7 – **Степень влияния фактора фитопланктона на результаты физико-химического мониторинга в зависимости от полученных значений F_D /**
Table 7 – **The degree of influence of the phytoplankton factor on the results of physical and chemical monitoring depending on the obtained values F_D**

Значение F_D, % / The value of the F_D indicator, %	*Степень влияния / Degree of influence*
30–55	Низкая / Low
55–75	Средняя / Average
75–100	Высокая / High

Таким образом, принимая в расчет детерминированную изменчивость показателей в ходе мониторинга эвтрофированных вод, появляется возможность не только идентифицировать присутствие в водной среде фитопланктона, но и косвенно определить размеры его скоплений на разных участках водоема, анализируя изменения ключевых гидрохимических показателей.

Кроме того, определение степени влияния фитопланктона на результаты физико-химического мониторинга позволяет оценить вклад местного фитопланктонного сообщества в изменчивость целевых физико-химических характеристик водного объекта, а также поможет лучше интерпретировать получаемые данные об экологическом состоянии подверженных эвтрофированию поверхностных вод в рамках осуществления мониторингового процесса.

С целью консолидации вышеуказанных величин, обеспечения возможности удобно оценить и сравнить межу собой обстановку с фитопланктоном на различных водоемах/ участках акватории, а также принятия оптимальных решений по сельскохозяйственному водопользованию, выведем выражение для определения величины присутствия фитопланктона в водной среде (P), основываясь на показателях K_D и F_D.

Прежде всего, необходимо нормализовать диапазон K_D. Для этого воспользуемся кусочно-линейной нормализацией:

1. При $1 \le K_D \le 10$ имеем:

$$N_{KD}(K_D) = \frac{K_D - 1}{9}. \quad (4)$$

2. При $10 < K_D \le 25$ имеем:

$$N_{KD}(K_D) = \frac{K_D - 10}{15} + 1. \quad (5)$$

3. При $25 < K_D \le 40$ имеем:

$$N_{KD}(K_D) = \frac{K_D - 25}{15} + 2. \quad (6)$$

Таким образом, нормированное значение K_D принимает значения от 0 до 3.

Далее нормализуем диапазон F_D по аналогии с K_D:

1. При $30 \le F_D \le 55$ имеем:

$$N_{FD}(F_D) = \frac{F_D - 30}{25}. \quad (7)$$

2. При $55 < F_D \le 75$ имеем:

$$N_{FD}(F_D) = \frac{F_D - 55}{20} + 1. \quad (8)$$

3. При $75 < F_D \le 100$ имеем:

$$N_{FD}(F_D) = \frac{F_D - 75}{25} + 2. \quad (9)$$

Здесь также нормированные значения будут находиться в диапазоне от 0 до 3.

Предполагая равнозначность показателей, объединим их в единую формулу с помощью простого произведения:

$$P = NK_D(K_D) \times NF_D(F_D). \quad (10)$$

Значения $NK_D(K_D)$ и $NF_D(F_D)$ определяются с помощью выражений (4)-(6) и (7)-(9), исходя из диапазона K_D и F_D соответственно.

Так как каждое из нормализованных значений находится в пределах [0–3], их произведение даст результат в диапазоне [0–9] (при максимальных значениях обеих переменных), отсюда выведем градацию полученного значения P для возможности качественной оценки полученных результатов (табл. 8).

Таблица 8 – **Классификация уровней присутствия фитопланктона в водной среде /**
Table 8 – **Classification of phytoplankton levels in aquatic environments**

Уровень присутствия фитопланктона / The level of phytoplankton presence	*Значение P / The value of the P indicator*
Низкий / Low	$P < 2$
Средний / Average	$2 \leq P < 6$
Высокий / High	$6 \leq P \leq 9$

Принимая во внимание негативные последствия для водоема со стороны высокой численности фитопланктона (изменения гидрохимических показателей, альготоксины и продукты разложения, ухудшение органолептических свойств воды и пр.), а также опираясь на величину P, появляется возможность судить о пригодности водоема, подверженного эвтрофированию, для сельскохозяйственных мероприятий (табл. 9).

Таблица 9 – **Определение пригодности водоема для сельскохозяйственных практик на основе показателя величины присутствия фитопланктона в водной среде (P) /**
Table 9 – **Determining the suitability of a water body for agricultural practices based on the presence of phytoplankton in the water environment (P)**

Величина показателя P / The value of the P indicator	*Пригодность водоема для сельскохозяйственных мероприятий / Reservoir suitability for agricultural activities*
0	Водоем может быть пригоден для сельскохозяйственных нужд / The reservoir may be suitable for agricultural purposes
2–5	Использование водоема допустимо только при непрерывном контроле качества воды / The reservoir may be used with continuous monitoring of water quality
6–9	Использование водоема недопустимо, предварительно необходимо провести комплекс реабилитационных процедур / The reservoir using is not permitted; Rehabilitation procedures must be performed first

Заключение. В настоящее время высокая антропогенная нагрузка на поверхностные водные объекты приводит к значительному ухудшению качества водных ресурсов, играющих ключевую роль для многих отраслей промышленности и жизнедеятельности человека в целом.

При этом отдельного внимания заслуживает сельское хозяйство, которое наряду с высокой зависимостью от качества водных ресурсов является одним из главных источников биогенного загрязнения поверхностных вод. В связи с этим перед многими агропромышленниками, привлекающими для осуществления сельскохозяйственной деятельности поверхностные водоемы, достаточно остро стоит задача по организации контроля за качеством водных ресурсов.

Оказать помощь в данном вопросе способны мониторинговые мероприятия, основанные на физико-химических методах. Вместе с тем существенным ограничивающим фактором их применения в условиях эвтрофированных вод выступает корректная интерпретация получаемых данных, осложняемая особенностями жизнедеятельности фитопланктона.

Результаты проведенного исследования показали, что изменения базовых гидрохимических показателей, таких как концентрация растворенного кислорода, водородный показатель и уровень общей минерализации в эвтрофированных водоемах, тесно связаны между собой.

Выявленная конфигурация их изменчивости и умеренно-высокая корреляционная связь между ними и скоплениями фитопланктона позволили разработать методику по учету фактора эвтрофирования в ходе осуществления экологического мониторинга водных объектов с помощью физико-химических методов.

Предложенная методика позволяет не только идентифицировать присутствие фитопланктона в водной среде и косвенно оценить величину его скоплений, но также правильно интерпретировать изменчивость основных гидрохимических показателей, обусловленную жизнедеятельностью фитопланктонных сообществ. Дополнительным преимуществом разработанного подхода является возможность классифицировать водоёмы по степени развития в них биомассы фитопланктона и оценить их пригодность для проведения сельскохозяйственных практик.

Таким образом достигается лучшее понимание состояния исследуемых водоемов, протекающих в них процессов, а также причин, вызывающих изменения базовых показателей водной среды. Кроме того, расширяются возможности физико-химического мониторинга в целом, что немаловажно в условиях повсеместного антропогенного эвтрофирования.

Список литературы

1. Уманская М. В., Горбунов М. Ю., Тарасова Н. Г. Цианобактериальные цветения воды в пресноводных континентальных водоемах: обзор. Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2023;25(5):182–194. DOI: https://doi.org/10.37313/1990-5378-2023-25-5-182-194 EDN: WCZHUG

2. Горская О. И. Совершенствование методов альголизации и биомелиорации водоема-охладителя Ростовской АЭС и приплотинной части Цимлянского водохранилища. Глобальная ядерная безопасность. 2023;13(2):14–23. DOI: https://doi.org/10.26583/gns-2023-02-02 EDN: MHRNWW

3. Дубенок Н. Н., Исаева С. Д., Овчинникова Е. В., Быстрицкая Н. С. О качестве воды для сельскохозяйственного водоснабжения и мерах по его обеспечению. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2015;(3(39)):20–25.
Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=24318676 EDN: UMEHSX

4. Абрамова К. И., Токинова Р. П., Водунон Н. Р., Шагидуллин Р. Р., Шурмина Н. В. Анализ корреляционной связи между развитием фитопланктона и кислородным режимом устьевой области реки. Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2021;(5):20–31. DOI: https://doi.org/10.17076/eco1391 EDN: TVYSKD

5. Слепчук К. А., Совга Е. Е. Уровень эвтрофирования восточного района Севастопольской бухты по результатам численного моделирования индекса E-TRIX. Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон моря. 2018;(2):53–59. DOI: https://doi.org/10.22449/2413-5577-2018-2-53-59 EDN: YLLQLJ

6. Фрумин Г. Т., Терещенко О. В. Трофический статус озера Ильмень (по данным 2003–2020 годов). Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2022;(6):50–57.
DOI: https://doi.org/10.17076/lim1555 EDN: NHPPGR

7. Макеева Е. Д. Деятельность человека как причина ухудшения экологического состояния реки Волги в конце XIX – начале XXI ВВ (исторический аспект). Вестник Сургутского государственного педагогического университета. 2021;(6(75)):58–69. DOI: https://doi.org/10.26105/SSPU.2021.75.6.005 EDN: KHYHAN

8. Петров Б. Г. Куйбышевское водохранилище. Географические аспекты водоохранных мероприятий. М.: Экопресс, 2004. 320 с.

9. Поздняков Ш. Р., Кондратьев С. А., Минакова Е. А., Брюханов А. Ю., Игнатьева Н. В., Шмакова М. В. и др. Оценка биогенной нагрузки на Куйбышевское водохранилище со стороны водосбора. География и природные ресурсы. 2019;(3):67–76. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=39239187 EDN: GAESVB

10. Минеева Н. М., Поддубный С. А., Степанова И. Э., Цветков А. И. Абиотические факторы и их роль в развитии фитопланктона водохранилищ средней Волги. Биология внутренних вод. 2022;(6):640–651.
DOI: https://doi.org/10.31857/S0320965222060158 EDN: DFTPPD

11. Халиуллина Л. Ю., Яковлев В. А. Фитопланктон мелководий в верховьях Куйбышевского водохранилища. Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2015. 171 с.
Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=25560890 EDN: VNJBRN

12. Мольков А. А., Капустин И. А., Щегольков Ю. Б., Воденеева Е. Л., Калашников И. Н. Взаимосвязь первичных гидрооптических характеристик на 650 нм с глубиной видимости диска Секки и концентрацией сине-зеленых водорослей в Горьковском водохранилище. Фундаментальная и прикладная гидрофизика. 2018;11(3):26–33. DOI: https://doi.org/10.7868/S2073667318030036 EDN: YAMOYX

13. Пронина Г. И., Корягина Н. Ю., Терентьев П. В. Воздействие фитопланктона на кислородный режим рыбохозяйственного водоема в условиях низких температур. Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2016;(1):52–61.
Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=25736552 EDN: VRFAFV

References

1. Umanskaya M. V., Gorbunov M. Yu., Tarasova N. G. Cyanobacterial blooms in freshwater continental reservoirs: a review. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* = Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2023;25(5):182–194. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.37313/1990-5378-2023-25-5-182-194

2. Gorskaya O.Yu. Improvement of methods of algolization and biomelioration of the Rostov NPP cooling pond and the near dam part of the Tsimlyansk reservoir. *Globalnaya yadernaya bezopasnost* = Global Nuclear Safety. 2023;13(2):14–23. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.26583/gns-2023-02-02

3. Dubenok N. N., Isaeva S. D., Ovchinnikova E. V., Bistritskaya N. S. On water quality for agricultural water supply and measures to ensure it. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vissheye professionalnoye obrazovaniye* = Proceedingsof Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education. 2015;(3(39)):20–25. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=24318676

4. Abramova K. I., Tokinova R. P., Vodounon N. R., Shagidullin R. R., Shurmina N. V. Analysis of correlation between phytoplankton and oxygen regime in river mouth area. *Trudi Karelskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* = Transactions of the Karelian research centre of the Russian academy of sciences. 2021;(5):20–31. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.17076/eco1391

5. Slepchuk K. A., Sovga E. E. Eutrophication level of the eastern part of the sevastopol bay on the basis of numerical modeling of E-TRIX index. *Ekologicheskaya bezopasnost pribrezhnoy i shelfovoy zon morya* = Ecological Safety of Coastal and Shelf Zones of Sea. 2018;(2):53–59. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.22449/2413-5577-2018-2-53-59

6. Frumin G. T., Tereshchenko O. V. Trophic status of lake Ilmen (2003-2020). *Trudi Karelskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* = Transactions of the Karelian research centre of the Russian academy of sciences. 2022;(6):50–57. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.17076/lim1555

7. Makeeva E. D. Human activity as a cause of deterioration of the ecological state of the Volga river in the late XX – early XXI centuries (historical aspect). *Vestnik Surgutskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta* = Bulletin of Surgut State Pedagogical University. 2021;(6(75)):58–69. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.26105/SSPU.2021.75.6.005

8. Petrov B. G. Kuibyshev reservoir. Geographical aspects of water protection measures. Moscow: Ekopress, 2004. 320 p.

9. Pozdnyakov Sh. R., Kondratyev S. A., Minakova E. A., Bryukhanov A. Yu., Ignatyeva N. V., Shmakova M. V. et al. Estimation of nutrient load on the kuibyshev reservoir from the catchment area. *Geografiya i prirodniye resursi* = Geography and Natural Resources. 2019;(3):67–76. (In Russ.).
URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=39239187

10. Mineyeva N. M., Poddubny S. A., Stepanova I. E., Tsvetkov A. I. Abiotic factors and their role in phytoplankton development in reservoirs of the middle Volga river, Russia. *Biologiya vnutrennikh vod* = Inland Water Biology. 2022;(6):640–651. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.31857/S0320965222060158

11. Khaliullina L. Yu., Yakovlev V. A. Phytoplancton of shoals in upper reaches of the Kuibyshev reservoir. Kazan: *Izd-vo Akademii nauk RT*, 2015. 171 p. URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=25560890

12. Molkov A. A., Kapustin I. A., Shchegolkov Yu. B., Vodeneeva E. L., Kalashnikov I. N. On correlation between inherent optical properties at 650 nm, Secchi depth and blue-green algal abundance for the Gorky reservoir. *Fundamentalnaya i prikladnaya gidrofizika* = Fundamental and Applied Hydrophysics. 2018;11(3):26–33. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.7868/S2073667318030036

13. Pronina G. I., Koryagina N. Yu., Terentyev P. V. Impact of the phytoplankton on the oxygen mode of the fishery reservoir in the conditions of low temperatures. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Ribnoye khozyaystvo* = Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry. 2016;(1):52–61. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=25736552

Сведения об авторе

✉ **Неваев Алексей Сергеевич**, аспирант, ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», ул. Л. Толстого, д. 42, г. Ульяновск, Российская Федерация, e-mail: contact@ulsu.ru,
ORCID: https://orcid.org/0009-0009-7208-7380, e-mail: voitto73@yandex.ru

Information about the author

✉ **Alexey S. Nevaev**, post-graduate student, Ulyanovsk State University, 42 L. Tolstoy St., Ulyanovsk, Russian Federation, 432017, e-mail: contact@ulsu.ru, **ORCID: https://orcid.org/0009-0009-7208-7380**,
e-mail: voitto73@yandex.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author

КОРМОПРОИЗВОДСТВО: ПОЛЕВОЕ И ЛУГОВОЕ / FODDER PRODUCTION: FIELD AND MEADOW

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.660–668
УДК 631.5:633.2/3

(cc) BY

Продуктивность малораспространенных кормовых культур в одновидовых и бинарных посевах первого года жизни

© 2026. Л. Ж. Басиева[1], А. Х. Козырев[2]✉

[1]*ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет», г. Владикавказ, Республика Северная Осетия-Алания, Российская Федерация,*

[2]*Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал ФГБУН Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук», с. Михайловское, Республика Северная Осетия-Алания, Российская Федерация*

Цель исследований – изучить сравнительную продуктивность одновидовых и бинарных посевов черноголовника многобрачного и фестулолиума с многолетними бобовыми травами в первый год жизни. Полевые опыты проводили в 2022–2024 гг. в условиях лесостепной зоны Центрального Предкавказья (г. Владикавказ) на среднемощных тяжелосуглинистых выщелоченных чернозёмах, подстилаемых галечником. Территория относится к III агроклиматическому району, который характеризуется как умеренно-теплый с неустойчивым увлажнением. Объекты исследований: черноголовник многобрачный сорта Слава; фестулолиум – Вик-90; козлятник восточный – Бимболат; люцерна синегибридная – Багира; эспарцет песчаный – Северо-Кавказский двуукосный; клевер луговой – Дарьял. В эксперименте применяли узкорядный способ посева. Нормы высева: для черноголовника – 2 млн, фестулолиума – 10 млн, многолетних бобовых трав – 4 млн всхожих семян/га. В травосмесях норму высева каждого компонента уменьшали на 50 %. Исследования показали, что смешанные посевы обладали меньшей полнотой всходов и сохранностью растений, чем монокультуры. Особенно заметным стало снижение сохранности бобовых трав в травосмесях с черноголовником, где показатель уменьшился на 11,9–18,5 % по сравнению с одновидовыми посевами. Несмотря на снижение сохранности бобовых в конце вегетации I года жизни, их продуктивность в смешанных посевах оказалась выше. Бобовые травы в сочетании с черноголовником обеспечили урожайность зеленой массы в пределах от 21,1 до 21,8 т/га; сбор кормовых единиц – от 3,87 до 4,12 тыс./га, накопление сухого вещества в надземной и подземной массе – от 7,16 до 7,85 т/га. Выход переваримого протеина составил 747–840 кг/га, обменной энергии – 63,14–67,41 ГДж/га. Травосмеси с фестулолиумом также превзошли монокультуры по всем параметрам продуктивности. Максимальную урожайность обеспечила травосмесь фестулолиума с козлятником: урожайность зеленой массы достигла 17,5 т/га при высокой питательной ценности – 4,62 тыс./га кормовых единиц и 752 кг/га переваримого протеина.

Ключевые слова: *смешанные посевы, черноголовник, фестулолиум, бобовые травы, всхожесть, выживаемость, урожайность*

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минсельхоза РФ в рамках Государственного задания ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет» (рег. № НИОКТР 125012700817-6).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Басиева Л. Ж., Козырев А. Х. Продуктивность малораспространенных кормовых культур в одновидовых и бинарных посевах первого года жизни. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):660–668. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.660-668

Поступила: 28.07.2025 Принята к публикации: 21.05.2026
Доработана после рецензирования: 26.02.2026 Опубликована онлайн: 30.06.2026

Productivity of rarely cultivated forage crops in monospecific and binary plantings of the first year of life

© 2026. Larisa Zh. Basieva[1], Aslanbek Kh. Kozyrev[2]✉

[1]*Gorsky State Agrarian University, Vladikavkaz, Republic of North Ossetia-Alania, Russian Federation,*

[2]*The North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture – the Affiliate of Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Mikhailovskoye village, Republic of North Ossetia-Alania, Russian Federation*

The aim of the research is to investigate the comparative productivity of mono-specific and binary plantings of Poterium polygamum and Festulolium in association with perennial leguminous grasses during their first year of growth. Field experiments were conducted from 2022 to 2024 in the forest-steppe zone of the Central Caucasus (Vladikavkaz) on medium-depth heavy clay bleached chernozems overlaid with pebble beds. The area falls within the III agro-climatic zone, characterized as moderately warm with unstable moisture conditions. The objects of the study included: Poterium polygamum ('Slava' cultivar), Festulolium ('Vik-90' cultivar), Galega orientalis ('Bimbolat' cultivar), Medicago varia ('Bagira' cultivar), Onobrychis arenaria (North Caucasian two-cut cultivar), and Trifolium pratense ('Daryal' cultivar). A narrow-row sowing method was employed in the experiment. Seeding rates were established at 2 million viable seeds/ha for Poterium polygamum, 10 million seeds/ha for Festulolium, and 4 million viable seeds/ha for perennial leguminous grasses. In the mixtures, the seeding rate of each component was reduced by 50 %. The research indicated that mixed sowings exhibited lower seedling emergence and plant survival rates compared to monocultures. Notably, the decline in the survival of leguminous grasses in mixtures with Poterium polygamum was particularly pronounced, with survival rates dropping by 11.9 to 18.5 % compared to mono-specific plantings. However, despite the reduced survival of legumes by the end of the first year of growth, their productivity in mixed sowings was found to be higher. Leguminous grasses in combination with Poterium polygamum achieved green mass yields ranging from 21.1 to 21.8 t/ha; the collection of feed units was between 3.87 to 4.12 thousand/ha, and the accumulation of dry matter in both aerial and subterranean biomass ranged from 7.16 to 7.85 t/ha. The yield of digestible protein amounted from 747 to 840 kg/ha, with metabolizable energy output ranging from 63.14 to 67.41 GJ/ha. Mixtures containing Festulolium also surpassed monocultures in all productivity parameters. The maximum yield was observed in the Festulolium and Galega orientalis mixture, which achieved a green mass yield of 17.5 t/ha, along with a high nutritional value of 4.62 thousand/ha feed units and 752 kg/ha of digestible protein.

Keywords: *mixed sowings, Poterium polygamum, Festulolium, leguminous grasses, germination, survival, productivity*

***Acknowledgments*:** the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Gorsky State Agrarian University (reg. No. R&D 125012700817-6).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert assessment of this work.

Conflict of interest: the authors stated that there was no conflict of interest.

For citation: Basieva L. Zh., Kozyrev A. Kh. Productivity of rarely cultivated forage crops in monospecific and binary plantings of the first year of life. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):660–668. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.660-668

Received: 28.07.2025
Revised: 26.02.2026
Accepted for publication: 21.05.2026
Published online: 30.06.2026

Мировое сельское хозяйство претерпевает трансформацию, пересматривая базовые принципы производства. Ключевым фактором этих изменений является широкое распространение монокультур и, как следствие, снижение разнообразия и устойчивости агроэкосистем. Актуальной задачей современного сельского хозяйства является переход от монокультурного растениеводства к поликультурам, что предполагает использование естественных механизмов взаимодействия многовидовых растительных сообществ. Смешанные посевы способны стать эффективным инструментом альтернативной интенсификации агропроизводства, предоставляя возможность повысить качество и количество кормов при одновременном снижении затрат [1, 2, 3]. Кроме того, поликультурные агрофитоценозы по сравнению с монокультурами демонстрируют повышенную устойчивость к неблагоприятным климатическим факторам [4, 5], повышают численность агрономически ценной микрофлоры и содержание гумуса в почве [6].

Формирование саморегулируемых агроэкосистем предполагает тесное взаимодействие всех компонентов, что делает смешанные посевы перспективным направлением в кормопроизводстве. Эффективное и ресурсосберегающее земледелие предполагает исследование и внедрение новых видов растений, в том числе бобовых культур, являющихся главным фактором решения проблемы растительного белка [7, 8]. Кроме того, они обогащают почву азотом, являясь отличными предшественниками для последующих культур. В то же время эта группа культур способна лишь частично решить

проблему дефицита белка в кормах, поэтому требуется дальнейшее изучение баланса незаменимых аминокислот в их составе [9].

Эффективным методом повышения продуктивности является создание смешанных травостоев из многолетних кормовых культур [10, 11]. Для достижения этих целей необходимо не только увеличить площади под травами, но и разработать научно обоснованные методы их возделывания. Необходим поиск новых высокопродуктивных растений с высоким содержанием сбалансированного белка [12]. Среди перспективных новых и малораспространенных растений можно выделить черноголовник многобрачный, а также фестулолиум [13, 14]. Смешанные травостои способны существенно сократить потребность в минеральных удобрениях и улучшить качество получаемых кормов за счет увеличения содержания протеина, сахаров и других питательных веществ [15, 16]. Правильно подобранные травостои, особенно с преобладанием бобовых, позволяют максимально использовать региональные климатические ресурсы [17].

Цель исследования – изучить сравнительную продуктивность одновидовых и бинарных посевов черноголовника многобрачного и фестулолиума с многолетними бобовыми травами в первый год жизни для дальнейшей разработки ресурсосберегающих подходов к возделыванию бинарных посевов кормовых культур в условиях Центрального Предкавказья.

Научная новизна – впервые в экологических условиях предгорной зоны Центрального Предкавказья изучена продуктивность традиционных и малораспространенных кормовых культур в одновидовых и бинарных посевах, установлено преимущество смешанных посевов перед одновидовыми, определены бобовые компоненты для черноголовника многобрачного и фестулолиума, обеспечивающие высокую адаптацию, продуктивность и питательность бинарных посевов в первый год жизни.

Материал и методы. Исследования выполнены в период с 2022 по 2024 г. в центральной части Северного Кавказа на базе Учебно-научно-производственного отдела Горского государственного аграрного университета (г. Владикавказ), расположенного в III агроклиматической зоне – лесостепи. Данная территория характеризуется наличием среднемощных тяжелосуглинистых выщелоченных чернозёмов, залегающих на галечниковых отложениях. Почвенные условия отличаются высоким содержанием гумуса – 6,05 % (по Тюрину), значительным валовым содержанием основных элементов питания: азота – до 0,4 %, фосфора – 0,2–0,3 %, калия – 1,62–1,90 %. Количество подвижных форм элементов составляет: азот легкогидролизуемый – 108 мг/100 г почвы (по Тюрину и Кононовой), фосфор доступный – 11,3 мг/100 г почвы, калий обменный – 161 мг/100 г почвы (по Чирикову). Реакция почвенного раствора ($pH_{сол.}$) – 6,04.

Территория проведения экспериментов характеризуется умеренно-теплым климатом с переменным уровнем увлажнения. Среднегодовая температура воздуха составляет 8,4 °С, количество осадков – 670 мм. Гидротермический коэффициент варьирует между 1,2 и 1,5, сумма эффективных температур за вегетационный период находится в пределах 3000–3200 °С.

В 2022 и 2023 гг. отмечалось повышение температуры воздуха относительно среднемноголетних значений; в отдельные месяцы весенне-летнего периода превышение достигало 2–5 °С. Годовая сумма осадков превысила климатическую норму на 109 мм (2022 г.) и 88 мм (2023 г.), причём с мая по август включительно выпало 460 мм и более осадков. Данный факт оказал положительное влияние на рост биологической продуктивности травостоев.

В 2024 г. суммарное количество атмосферных осадков соответствовало среднемноголетнему уровню, однако их распределение в течение года отличалось неравномерностью. Среднемесячные температуры воздуха с июля по сентябрь превышали многолетнюю норму на 1,5–2,0 °С, в то время как в остальные месяцы вегетационного сезона температурный режим практически не отклонялся от среднегодовых показателей.

Исследования проводили в двух полевых экспериментах, заложенных в 2022, 2023, 2024 гг. по схеме однофакторного опыта. В первом опыте изучали смешанные посевы черноголовника многобрачного с бобовыми травами (козлятником, люцерной, эспарцетом), которые сравнивали с их монокультурами. Во втором опыте рассматривали травосмеси фестулолиума с бобовыми травами (козлятником, люцерной, клевером) в сравнении с одновидовыми посевами.

Для эксперимента были выбраны следующие сорта: черноголовник многобрачный Слава; фестулолиум Вик-90; козлятник восточный Бимболат; люцерна синегибридная Багира; эспарцет песчаный Северо-Кавказский двуукосный; клевер луговой Дарьял. Закладка полевых опытов проведена вручную. Все агро-

технические мероприятия выполняли согласно методическим указаниям[1]. В качестве предшествующей культуры выступала соя. Площадь опытной делянки – 36 м², учётной – 21 м², повторность опыта 4-кратная, распределение вариантов рендомизированное.

В ходе эксперимента использовали узкорядный способ посева кормовых культур. Нормы высева семян: для черноголовника многобрачного – 2 млн всхожих семян/га (8 кг/га), фестулолиума – 10 млн всхожих семян/га (20 кг/га), бобовых трав – 4 млн всхожих семян/га (80 кг/га для эспарцета, 20 кг/га – для козлятника, 12 кг/га – для клевера и 14 кг/га – для люцерны). В смешанных посевах норму высева для каждого компонента травосмеси уменьшали вдвое, то есть составляли отношение (50 + 50 %).

Методология исследования[2] включала фенологические наблюдения, биометрические измерения, учет густоты растений, а также оценку продуктивности культур. Учет урожая проводили методом пробных площадок с последующим пересчетом на стандартные показатели влажности. Укос зеленой массы проводили в фазу бутонизации – начала цветения бобового компонента. Накопление сухого вещества определяли как в скошенной массе, так и в стерневых, и корневых остатках. Статистическая обработка полученных результатов проведена методом дисперсионного анализа с использованием программного пакета Microsoft Office.

Результаты и их обсуждение. Полученные данные подтвердили влияние видового состава травосмеси на полевую всхожесть, рост и сохранность растений. Густота травостоя, как один из ключевых показателей продуктивности, особенно значима в смешанных посевах, где растения не только конкурируют за свет, влагу и питательные вещества, но также и проявляют аллелопатические и синергические связи.

При анализе полевой всхожести семян в монокультуре бобовых трав выявлено, что этот показатель варьировал от 64,5 до 69,2 %. Черноголовник показал минимальную всхожесть – 62,9 %. В смешанных посевах с этим растением всхожесть люцерны, эспарцета и козлятника снизилась до 62,1–65,6 %. Всхожесть черноголовника также снизилась до 57,5–59,5 %. Статистическая обработка полученных данных показала, что значимое снижение полевой всхожести отмечено только у семян черноголовника в смешанных посевах с люцерной и эспарцетом. Однако в травосмеси с козлятником такие различия были незначительными (табл. 1).

Таблица 1 – **Полевая всхожесть, сохранность многолетних трав в одновидовых и смешанных посевах с черноголовником в год посева (среднее за 2022–2024 гг.) /**
Table 1 – **Field germination and survival of perennial grasses in monoculture and mixed plantings with *Poterium polygamum* in the year of sowing (average for 2022–2024)**

Вариант / Variant	*Полевая всхожесть, % / Field germination, %*	*Сохранность растений к концу вегетации, % / Survival of plants by the end of the growing season, %*
Черноголовник (контроль) / Burnet (control)	62,9	74,8
Козлятник / Galega	69,2	87,9
Люцерна / Alfalfa	64,5	82,4
Эспарцет / Sainfoin	66,1	83,3
Черноголовник + козлятник / Burnet + galega	59,5/65,6	56,8/74,4
Черноголовник + люцерна / Burnet + alfalfa	57,7/62,1	60,2/70,5
Черноголовник + эспарцет / Burnet + sainfoin	57,5/64,2	59,7/64,8
$НСР_{05}$ / LSD_{05}	3,82	11,45

Примечания: в числителе – показатель по черноголовнику многобрачному; в знаменателе – по бобовой культуре /

Notes: the numerator contains the indicator of the Poterium polygamum; and the denominator contains the indicators of the legume crop

[1]Новоселов Ю. К., Киреев В. Н., Кутузов Г. П., Каравянский Н. С., Харьков Г. Д., Рогов М. С. и др. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. М.: Россельхозакадемия, 1997. 156 с.
[2]Адиньяев Э. Д., Абаев А. А., Адаев Н. Л. Учебно-методическое руководство по проведению исследований в агрономии: учебное пособие. Владикавказ, 2013. 651 с.

К концу периода вегетации сохранность растений в смешанных посевах была несколько ниже, чем в монокультурах, что, вероятнее всего, обусловлено усилением межвидовой конкуренции за ресурсы и аллелопатическим действием культур. В смешанных посевах наблюдали аналогичную закономерность: бобовые культуры демонстрировали более высокую сохранность по сравнению с черноголовником. Снижение показателя сохранности растений в бинарных посевах в течение вегетации было существенным для всех изучаемых культур по результатам статистической обработки данных. Наибольшее отрицательное аллелопатическое действие на растения черноголовника отмечено в бинарных посевах с козлятником. Среди бобовых трав эспарцет показал наибольшую уязвимость в совместных посевах с черноголовником.

Во втором полевом эксперименте с фестулолиумом полевая всхожесть изучаемых культур в чистом виде варьировала в пределах 62,9–68,7 %. При совместных посевах полевая всхожесть всех культур снизилась на 1,6–6,6 абс.%, при этом значимое снижение всхожести, согласно статистической обработке данных, фиксировалось только у бобовых растений (табл. 2).

Таблица 2 – **Полевая всхожесть, сохранность и побегообразование многолетних трав в одновидовых и смешанных посевах с фестулолиумом в год посева (среднее за 2022–2024 гг.) /**
Table 2 – **Field germination, survival, and shoot formation of perennial grasses in monoculture and mixed plantings with Festulolium in the year of sowing (average for 2022–2024)**

Вариант / Variant	*Полевая всхожесть, % / Field germination, %*	*Интенсивность побегообразования / Intensity of shoot formation*	*Сохранность растений, % / Plant survival, %*
Фестулолиум (контроль) / Festulolium (control)	67,5	1,8	88,5
Козлятник / Galega	68,7	2,0	83,6
Люцерна / Alfalfa	62,9	1,7	82,2
Клевер / Clover	63,3	1,8	84,7
Фестулолиум + козлятник / Festulolium + galega	65,4 / 62,1	1,8 / 1,9	87,5 / 82,9
Фестулолиум + люцерна / Festulolium + alfalfa	64,8 / 57,8	1,7 / 1,8	82,5 / 80,1
Фестулолиум + клевер / Festulolium + clover	65,9 / 58,6	1,7 / 1,8	87,1 / 83,4
$НСР_{05}$ / LSD_{05}	3,17	0,14	7,22

Примечания: в числителе – показатель по фестулолиуму; в знаменателе – по бобовой культуре /
Notes: the numerator contains the indicator of the Festulolium; and the denominator contains the indicators of the legume crop.

Интенсивность побегообразования фестулолиума и бобовых культур не претерпевала существенных изменений при совместных посевах и находилась в пределах 1,7–2,0. При этом минимальной интенсивностью побегообразования характеризовались растения люцерны и клевера – 1,7–1,8.

Сохранность растений к концу периода вегетации в целом по опыту была выше 80 %, при этом в монокультурных вариантах – 82,2–88,5 %, в совместных посевах несколько ниже – 80,1–87,5 %. Существенного снижения показателя в совместных посевах не фиксировалось ни по одной из культур.

Следовательно, показатели полноты всходов и сохранности растений в обоих полевых экспериментах в бинарных посевах оказались ниже одновидовых. Однако существенным данный эффект можно назвать только для бобового компонента травосмесей с черноголовником многобрачным, в котором сохранность бобовых трав снизилась на 11,9–18,5 абс.% в сравнении с их чистыми фитоценозами.

Исследование продуктивности моно- и бинарных агроценозов многолетних трав представляет значительный научный и практический интерес. В наших исследованиях с черноголовником многобрачным во всех опытных вариантах бинарные травостои превосходили одновидовые по изучаемым показателям продуктивности (табл. 3).

Таблица 3 – **Продуктивность одновидовых и бинарных агроценозов многолетних трав в первый год жизни (среднее за 2022–2024 гг.) /**
Table 2 – **Productivity of monospecific and binary agrocenoses of perennial grasses in the first year of life (average for 2022–2024)**

Вариант / Variant	*Получено / Obtained*				
	зеленой массы, т/га / green mass, t/ha	*сухого вещества, т/га* / dry matter, t/ha**	*кормовых единиц, тыс./га** / feed units, thous/ha**	*переваримого протеина, кг/га**/ digestible protein, kg/ha**	*обменной энергии, ГДж/га**/ exchange energy, GJ/ha**
Полевой опыт 1 / Field experiment 1					
Черноголовник / Burnet	16,7	5,49	2,85	661	44,85
Козлятник / Galega	17,2	5,71	2,97	589	47,91
Люцерна / Alfalfa	15,8	5,18	2,62	548	43,77
Эспарцет / Sainfoin	14,5	5,03	2,35	531	42,75
Черноголовник + козлятник / Burnet + galega	21,8	7,85	4,12	840	67,41
Черноголовник + люцерна / Burnet + alfalfa	21,6	7,34	3,96	817	66,80
Черноголовник + эспарцет / Burnet + sainfoin	21,1	7,16	3,87	747	63,14
$НСР_{05}$ / LSD_{05}	2,10	1,16	0,97	76,6	10,48
Полевой опыт 2 / Field experiment 2					
Фестулолиум / Festulolium	7,9	1,95	0,93	164	19,83
Козлятник / Galega	17,4	5,71	3,04	561	49,72
Люцерна / Alfalfa	15,7	5,18	2,70	649	44,48
Клевер / Clover	16,7	5,08	2,41	638	39,20
Фестулолиум + козлятник / Festulolium + galega	17,5	7,92	4,62	752	68,21
Фестулолиум + люцерна / Festulolium + alfalfa	16,4	7,33	4,12	720	66,94
Фестулолиум + клевер / Festulolium + clover	17,3	6,98	3,95	693	66,39
$НСР_{05}$ / LSD_{05}	1,28	1,43	0,85	49,2	8,50

*Накопление сухого вещества в укосной массе, нескошенных стеблях и корнях растений /
*Dry matter accumulation in the cut biomass, uncut stems, and roots of the plants;
** В расчете на сухое вещество укосной массы / ** Calculated on the basis of dry matter of the cut biomass

Урожайность зеленой массы в первом опыте составила от 14,5 (эспарцет) до 17,2 т/га (козлятник). Урожайность зеленой массы в смешанных посевах черноголовника с бобовыми культурами существенно увеличилась и достигла 21,1–21,8 т/га.

Во втором полевом опыте объемы полученной зеленой массы были меньше. Наименьшую урожайность проявил фестулолиум в чистом виде – 7,9 т/га, бобовые травы – 15,7…17,4 т/га. Совместные посевы дали прибавку во всех вариациях, однако, ни одна из них не проявила статистически значимого эффекта.

Показатель накопления сухого вещества, который включает, помимо скошенной надземной части растений, и подземную, и нескошенную часть стеблей, подтвердил существенный рост биологической продуктивности фитоценозов при совместном размещении растений разных видов. Максимальное количество сухого вещества было сформировано в бинарных посевах козлятника восточного с черноголовником многобрачным и фестулолиумом – 7,85 и 7,92 т/га соответственно. Наименее продуктивным бинарным посевом по накоплению сухого вещества в нашем

эксперименте оказался фитоценоз фестулолиума и клевера – 6,98 т/га.

Важными показателями оценки кормовых агроценозов являются: сбор кормовых единиц; выход переваримого протеина; количество обменной энергии, полученной с урожаем. По всем показателям кормовой продуктивности в наших опытах получена схожая тенденция – бинарные посевы превосходили одновидовые. Так, сбор кормовых единиц с одного гектара составил в одновидовых посевах от 0,93 (фестулолиум) до 2,35–3,04 тысяч единиц у бобовых компонентов. Синергизм, проявившийся в совместных посевах, увеличил выход кормовых единиц до 3,87–4,62 тыс./га.

Сбор переваримого протеина с урожаем в бинарных посевах увеличился при использовании в качестве второго компонента черноголовника на 40,7–49,1 %, фестулолиума – на 8,6–34,0 % в сравнении с одновидовыми посевами бобовых культур.

Количество обменной энергии (рассчитанной для КРС), полученной с урожаем, составило в одновидовых посевах от 19,83 ГДж/га у фестулолиума до 39,20–49,72 у бобовых трав. Бинарные посевы увеличили выход обменной энергии на 37,2…69,4 % в сравнении с одновидовыми посевами бобового компонента.

Заключение. В условиях Центрального Предкавказья трехлетнее изучение одновидовых и бинарных посевов черноголовника многобрачного и фестулолиума с многолетними бобовыми травами в первый год жизни показало, что биологические особенности каждого вида проявляются по-разному в монокультуре и бинарном посеве, влияя на продуктивность, что обусловлено, в первую очередь, конкуренцией за ресурсы.

При анализе бинарных посевов выяснилось, что полевая всхожесть и уровень сохранности растений в таких агроценозах уступают аналогичным показателям одновидовых посевов. Особенно выражено это снижение у бобового компонента в смесях с черноголовником многобрачным, где наблюдалось уменьшение сохранности растений на 11,9–18,5 % по сравнению с одновидовыми фитоценозами.

При совместном выращивании многолетних бобовых трав с черноголовником их продуктивность была выше, чем у монокультур. В первый год их развития урожайность зеленой массы достигала 21,1–21,8 т/га, сбор кормовых единиц – 3,87–4,12 тыс./га, накопление сухого вещества – 7,16–7,85 т/га. Выход переваримого протеина варьировал в диапазоне 747–840 кг/га, обменной энергии – 63,14–67,41 ГДж/га.

Фестулолиум в бинарных посевах продемонстрировал превосходство над монокультурами по всем показателям. Наиболее стабильные и высокие результаты были зафиксированы в варианте травосмеси фестулолиума с козлятником, обеспечившим урожай зеленой массы в размере 17,5 т/га с высокой питательной ценностью. В смешанных посевах с клевером и люцерной фестулолиум также показал хорошие результаты, обеспечив урожайность 16,4 и 17,3 т/га соответственно, хотя питательная ценность корма в этих вариантах была несколько ниже.

Список литературы

1. Андреева О. Т., Пилипенко Н. Г., Сидорова Л. П., Харченко Н. Ю. Создание высокопродуктивных злаковых травостоев в условиях Забайкальского края. Кормопроизводство. 2021;(6):7–10. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=46679175 EDN: DRXXZB

2. Ступницкий Д. Н., Бопп В. Л., Мистратова Н. А. Оценка продуктивности одновидовых и бинарных посевов с люпином для органического земледелия. Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021;14(4(71)):86–92. DOI: https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_86 EDN: ASIMIE

3. Аминова А. Л., Хасанова Р. Ф., Мустафин И. Г., Шириев В. М., Азнаева Г. М. Возделывание кормосмеси из озимых злаковых и бобовых культур в смешанных посевах в условиях лесостепной зоны Южного Урала. Кормопроизводство. 2025;(3):28–34. DOI: https://doi.org/10.30906/1562-0417-2025-3-28-34 EDN: YWAPVN

4. Кошкин Е. И., Андреева И. В., Гусейнов Г. Г. Влияние глобальных изменений климата на продуктивность и устойчивость сельскохозяйственных культур к стрессорам. Агрохимия. 2019;(12):83–96. DOI: https://doi.org/10.1134/S0002188119120068 EDN: OXJPEY

5. Keutgen A. J. Climate change: challenges and limitations in agriculture. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023;1183(1):012069. DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/1183/1/012069

6. Гребенников А. М. Влияние бинарных сидеральных смесей с гречихой на активность целлюлозоразрушающих бактерий и качество пахотных черноземов. Агрохимия. 2023;(3):12–19. DOI: https://doi.org/10.31857/S0002188123030067 EDN: KNPHLA

7. Кашеваров Н. И., Садохина Т. А., Бакшаев Д. Ю. Конкурентная способность компонентов в смешанных агроценозах зернофуражных культур. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2021;51(1):42–50. DOI: https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-5 EDN: UJEPWI

8. Шаманин А. А., Попова Л. А. Долголетнее использование травостоев в условиях Архангельской области. Пермский аграрный вестник. 2024;(3(47)):50–54.
DOI: https://doi.org/10.47737/2307-2873_2024_47_50 EDN: RXUABR

9. Агафонов В. А., Бояркин Е. В. Смешанные посевы проса с высокобелковыми культурами для кормопроизводства Прибайкалья. Вестник КрасГАУ. 2022;(8(185)):42–50.
DOI: https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-8-42-50 EDN: FTBIVH

10. Аллахвердиев Э. Р., Джафаров Ф. Т., Халилов С. А. Влияние норм удобрений и поливов на изменение питательного режима почвы на смешанных посевах ячменя и люцерны. Международный сельскохозяйственный журнал. 2021;(2(380)):57–60. DOI: https://doi.org/10.24412/2587-6740-2021-2-57-60 EDN: NEGKSD

11. Bekuzarova S., Kozyrev S., Kozyrev A., Luschenko G., Bekmurzov A. Degradation and restoration of mountain pastures. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020;579:012046.
DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/579/1/012046

12. Тимошкин О. А. Эффективность возделывания люцерны изменчивой и костреца безостого в чистом виде и смешанных посевах. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023;24(2):276–285.
DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.2.276-285 EDN: OJEZFA

13. Образцов В. Н., Щедрина Д. И., Кадыров С. В. Особенности биологии и семенная продуктивность различных сортов фестулолиума в условиях лесостепи Центрального Черноземья. Кормопроизводство. 2018;(10):35–40. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=36301721 EDN: YLNIEH

14. Старостина М. А., Лапенко Н. Г. Биологические особенности семян дикорастущего вида – черноголовника многобрачного. Аграрная наука. 2021;354(11-12):97–99.
DOI: https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-97-99 EDN: YSYNUU

15. Исаков А. Н., Лукашов В. Н., Савин М. И. Продуктивность и качество смешанных посевов вики озимой с тритикале в Центральном Нечерноземье. Кормопроизводство. 2024;(5):20–25.
DOI: https://doi.org/10.30906/1562-0417-2024-5-20-25 EDN: BWTFVM

16. Абасов Ш. М., Гаплаев М. Ш., Абасов М. Ш., Магамадгазиева З. Б. Продуктивность кормовых культур и смешанных их посевов в зависимости от удобрений и обработок почвы. Аграрная наука. 2021;354(11-12):145–148.
DOI: https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-145-148 EDN: WFEUFM

17. Вагунин Д. А., Иванова Н. Н. Исследование смешанных и одновидовых посевов козлятника восточного в ландшафтах гумидной зоны. Вестник КрасГАУ. 2021;(7(172)):18–25.
DOI: https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-7-18-25 EDN: IVIRLO

References

1. Andreyeva O. T., Pilipenko N. G., Sidorova L. P., Kharchenko N. Yu. Cultivating high-productive swards of gramineous in Trans-Baikal. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2021;(6):7–10. (In Russ.).
URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=46679175

2. Stupnitsky D. N., Bopp V. L., Mistratova N. A. Estimation of harvest of a single-crop and binary sowings with lupine for organic farming. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Vestnik of Voronezh state agrarian university. 2021;14(4(71)):86–92. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.53914/issn2071-2243_2021_4_86

3. Aminova A. L., Khasanova R. F., Mustafin I. G., Shiriyev V. M., Aznayeva G. M. Cultivation of winter cereals and legumes in mixed crops in the forest-steppe zone of the Southern Urals. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2025;(3):28–34. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30906/1562-0417-2025-3-28-34

4. Koshkin E. I., Andreeva I. V., Guseynov G. G. Impact of global climate change on productivity and stress tolerance of field crops. *Agrokhimiya*. 2019;(12):83–96. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.1134/S0002188119120068

5. Keutgen A. J. Climate change: challenges and limitations in agriculture. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023;1183(1):012069. DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/1183/1/012069

6. Grebennikov A. M. Effect of binary sideral mixtures with buckwheat on the activity of cellulose-destroying bacteria and the quality of arable chernozems. *Agrokhimiya.* 2023;(3):12–19. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.31857/S0002188123030067

7. Kashevarov N. I., Sadokhina T. A., Bakshaev D. Yu. Competitive ability of components in mixed agrocenoses of fodder grain crops. *Sibirsky vestnik selskokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2021;51(1):42–50. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.26898/0370-8799-2021-1-5

8. Shamanin A. A., Popova L. A. Long-term use of grass stands in the conditions of the Arkhangelsk region. *Permsky agrarny vestnik* = Perm Agrarian Journal. 2024;(3(47)):50–54. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.47737/2307-2873_2024_47_50

9. Agafonov V. A., Boyarkin E. V. Mixed millet sowings with high-protein crops for fodder production in the Pre-Baikal region. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2022;(8(185)):42–50. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-8-42-50

10. Allakhverdiyev E. R., Dzhafarov F. T., Khalilov S. A. Impact of the norms of fertilizers and irrigation on the change in the nutritional regime of the soil in mixed crops of barley and alfalfa. *Mezhdunarodny selskokhozyaystvenny zhurnal* = International Agricultural Journal. 2021;(2(380)):57–60. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.24412/2587-6740-2021-2-57-60

11. Bekuzarova S., Kozyrev S., Kozyrev A., Luschenko G., Bekmurzov A. Degradation and restoration of mountain pastures. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2020;579:012046.
DOI: https://doi.org/10.1088/1755-1315/579/1/012046

12. Timoshkin O. A. Efficiency of cultivation of variegated alfalfa and awnless brome in pure form and in mixed sowings. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2023;24(2):276–285. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2023.24.2.276-285

13. Obraztsov V. N., Shchedrina D. I., Kadirov S. V. Biology and seed productivity of festulolium in the forest steppe of the Central Chernozem region. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2018;(10):35–40. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=36301721

14. Starostina M. A., Lapenko N. G. Biological features of seeds of a wild-growing species of Poterium polygamum. *Agrarnaya nauka* = Agrarian science. 2021;354(11-12):97–99. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-97-99

15. Isakov A. N., Lukashov V. N., Savin M. I. Productivity and quality of mixed winter vetch crops with triticale in the central Non-Chernozem region. *Kormoproizvodstvo* = Forage Production. 2024;(5):20–25. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.30906/1562-0417-2024-5-20-25

16. Abasov S. M., Gaplaev M. Sh., Abasov M. Sh., Magamadgazieva Z. B. Productivity of fodder crops and their mixed planting depending on fertilizers and soil treatments. *Agrarnaya nauka* = Agrarian science. 2021;354(11-12):145–148. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-354-11-12-145-148

17. Vagunin D. A., Ivanova N. N. Galéga orientális mixed and single-variety crops study in humid zone landscapes. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2021;(7(172)):18–25. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.36718/1819-4036-2021-7-18-25

Вклад авторов: все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи.

Сведения об авторах

Басиева Лариса Жураповна, кандидат с.-х. наук, доцент кафедры землеустройства и экологии, ФГБОУ ВО «Горский государственный аграрный университет», ул. Кирова, д. 37, г. Владикавказ, Республика Северная Осетия-Алания, Российская Федерация, 362040, e-mail: info@gorskigau.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0718-9056

✉**Козырев Асланбек Хасанович,** доктор с.-х. наук, профессор, главный научный сотрудник отдела адаптивно-ландшафтного земледелия, Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного сельского хозяйства – филиал ФГБУН Федерального научного центра «Владикавказский научный центр Российской академии наук», ул. Вильямса, д.1, с. Михайловское, Пригородный район, Республика Северная Осетия-Алания, Российская Федерация, 363110, e-mail: skniigpsh@mail.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2790-7895, e-mail: ironlag@mail.ru

Author contributions: all authors made significant contributions to the concept development, conduct of the study, and preparation of the article.

Information about the authors

Larisa Zh. Basieva, PhD in Agricultural Science, associate professor, the Department of Land Management and Ecology, Gorsky State Agrarian University, Kirov St., 37, Vladikavkaz, Republic of North Ossetia-Alania, Russian Federation, 362040, e-mail: info@gorskigau.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0718-9056**

✉ **Aslanbek Kh. Kozyrev,** DSc in Agricultural Science, professor, chief researcher, the Department of Adaptive Landscape Agriculture, The North Caucasian Research Institute of Mountain and Piedmont Agriculture – the Affiliate of Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, Williams St., 1, Mikhaylovskoye village, Prigorodny district, Republic of North Ossetia-Alania, Russian Federation, 363110, e-mail: skniigpsh@mail.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2790-7895,** e-mail: ironlag@mail.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.669–679
УДК 636.08.003:636.087.7:636.034

(cc) BY

Экономическая эффективность применения биодобавки Ламарин Saldonum коровам в разные физиологические периоды

© 2026. Н. А. Шемуранова✉, Н. А. Гарифуллина
ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

Цель исследования – дать экономическое обоснование и рассчитать рентабельность производства молока при применении биодобавки Ламарин Saldonum в рационах высокопродуктивных коров в разные физиологические периоды, а также установить сумму предотвращенного ущерба за счет использования указанной добавки. Эксперимент проведен в 2021 году на четырех группах полновозрастных коров голштинской породы (3 – опытные и 1 – контрольная по 10 голов в каждой). Коровы опытных групп получали биодобавку Ламарин Saldonum в дозе 0,4 г/кг живой массы ежедневно в течение 60 дней. Начало скармливания добавки в первой группе – за 30 дней до предполагаемого отела, во второй – за 60 дней до предполагаемого отела, в третьей – в день отела, четвертая контрольная группа добавку не получала. Расчет экономической эффективности применения добавки в рационах коров и рентабельности производства молока, а также предотвращенного ущерба от бесплодия коров проводили с использованием общепринятых методик. В процессе исследования было установлено, что наиболее эффективным является включение Ламарин Saldonum в рационы коров в поздний сухостойный и ранний послеотельный периоды (первая группа). Это подтверждается снижением себестоимости производства молока на 9,11 % за счет увеличения валового надоя, сокращением затрат на плодотворное осеменение 1 головы на 650 руб., снижением общего экономического ущерба от бесплодия коров на 25927,58 руб. в расчете на 1 голову и повышением рентабельности производства молока на 14,35 п. п. в сравнении с контрольной группой. Кроме того, использование Ламарин Saldonum в указанный период позволяет получить 3,36 руб. дополнительной прибыли и 9,00 руб. предотвращенного ущерба на 1 руб. дополнительных затрат.

Ключевые слова: *валовой надой, себестоимость производства молока, рентабельность, дополнительная прибыль, предотвращенный ущерб, бесплодие коров*

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528(0767)-2019-0088).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Шемуранова Н. А., Гарифуллина Н. А. Экономическая эффективность применения биодобавки Ламарин Saldonum коровам в разные физиологические периоды. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):669–679. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.669-679

Поступила в редакцию: 19.02.2026 Принята к публикации: 07.05.2026
Доработана после рецензирования: 15.04.2026 Опубликована онлайн: 30.06.2026

Cost-efficiency of Lamarin Saldonum bio additive use in diets of cows in different physiological periods

© 2026. Natalia A. Shemuranova✉, Natalia A. Garifullina
Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The purpose of the study was to provide an economic justification and calculate the profitability of milk production when using Lamarin Saldonum bio additive in the diets of highly productive cows in different physiological periods, as well as to determine the amount of damage prevented through the use of this additive. The experiment was conducted in 2021 on four groups of full-aged Holstein cows (3 experimental and 1 control, 10 heads each). Cows of all three experimental groups received the bio additive Lamarin Saldonum at a dose of 0.4 g/kg body weight everyday for 60 days. The start of feeding the supplement in the first group was 30 days before the expected calving, in the second – 60 days before the expected calving, in the third – on the day of calving, the fourth control group did not receive the supplement. The calculation of the economic efficiency of using the additive in diets of cows and the profitability of milk production, as well as the prevented damage from cow's infertility, was carried out using generally accepted methods. In the course of the study, it was found that the most effective is the inclusion of Lamarin Saldonum in the diets of cows in the late dry and early post-calving periods (the first group). This is confirmed by a decrease in the cost of milk production by 9.11 % due to an increase in gross yields, reducing the cost of fruitful insemination of 1 head by 650 rubles, a decrease in the total economic damage from cows' infertility

by 25,927.58 rubles per head, and increase in the profitability of milk production by 14.35 percentage points compared with the control group. In addition, using Lamarin Saldonum according to the specified period makes it possible to get 3.36 rubles of additional profit and 9.00 rubles of prevented damage per 1 ruble of additional costs.

Keywords: *gross yield of milk, cost price of milk production, profitability, additional profit, prevented damage, infertility of cows*

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0528(0767)-2019-0088).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citation: Shemuranova N. A., Garifullina N. A. Cost-efficiency of Lamarin Saldonum bio additive use in diets of cows in different physiological periods. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):669-679. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.669-679

Received: 19.02.2026 Accepted for publication: 07.05.2026
Received: 15.04.2026 Published online: 30.06.2026

Молочная отрасль скотоводства играет важную роль в обеспечении продовольственной безопасности страны. Повышение удоев крупного рогатого скота и обеспечение устойчивого воспроизводства поголовья – важнейшие направления развития отрасли[1].

Вместе с тем в условиях увеличения требований к интенсивному развитию отрасли наблюдается постепенный переход к органическому производству и современное животноводство сталкивается с необходимостью улучшения молочной продуктивности и воспроизводительной способности животных при одновременном полном или частичном отказе от антибиотиков и синтетических стимуляторов роста[2].

До недавнего времени основными критериями оценки экономической эффективности использования тех или иных биологически активных добавок (БАД), стимуляторов роста или кормовых антибиотиков были: стоимость сырья, затраты на переработку, рыночная цена конечного продукта, а также возможное увеличение доходов от реализации инновационных решений [1]. Сейчас к этим критериям добавляется еще один – оценка безопасности используемых в животноводстве средств (кормовые и биологически активные добавки, стимуляторы, лекарственные препараты) для человека – конечного потребителя продукции животноводства. В связи с чем применяемые на протяжении продолжительного периода в прошлом антибиотики и синтетические препараты постепенно уступают место экологичным добавкам – естественным средствам поддержки здоровья животных [2].

В этом контексте все большее внимание уделяется применению биологически активных веществ, получаемых из сырья растительного или животного происхождения, способных стимулировать или модулировать иммунитет, улучшать обменные процессы, репродуктивную функцию и продуктивность животных [3, 4]. В последние годы в научной литературе накоплено значительное количество данных, подтверждающих эффективность некоторых растений в повышении молочной продуктивности, нормализации воспроизводительной способности и общего состояния здоровья сельскохозяйственных животных [5]. При этом фитогенные добавки демонстрируют не только высокую биологическую активность [6, 7, 8], но и экономическую целесообразность, особенно в условиях усиления регуляторных ограничений на использование антибиотиков и гормонов во всех отраслях животноводства [1, 9].

Связано это во многом с тем, что массовое применение антибиотиков в животноводстве в качестве стимуляторов роста и профилактических средств привело к глобальной проблеме – антибиотикорезистентности [10]. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), до 70 % антибиотиков, используемых в сельском хозяйстве, не метаболизируется и попадает в окружающую среду, способствуя формированию устойчивых штаммов патогенов [11, 12].

[1]Постановление Правительства РФ от 25 августа 2017 г. № 996 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития сельского хозяйства на 2017 – 2030 годы» (с изменениями и дополнениями от 27.03.2025 г.). [Электронный ресурс]. URL: https://base.garant.ru/71755402/ (дата обращения: 14.04.2026).
[2]Федеральный закон от 03.08.2018 № 280-ФЗ (ред. от 31.07.2025) «Об органической продукции и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_304017/ (дата обращения: 14.04.2026).

С 28 января 2022 г. в Европейском союзе (ЕС) введен запрет на использование антибиотиков для стимуляции роста и повышения продуктивности животных[3]. В России с 2021 г. в соответствии со стратегией борьбы с антибиотикорезистентностью усилен контроль над их применением в животноводстве[4].

Применение гормональных препаратов зачастую сопряжено с рядом негативных последствий: у самок повышается риск развития мастита, нарушается репродуктивная функция и сокращается продолжительность лактации. Кроме того, возникает также и ряд этических вопросов. Так, например, некоторые гормоны, широко используемые для стимуляции роста животных в прошлом, в настоящее время либо запрещены, либо строго контролируются в ЕС, Канаде и ряде других стран. В России использование гормонов в животноводстве также требует особого контроля и регулирования ветеринарным законодательством Российской Федерации [13].

Совокупность этих ограничений стимулирует поиск альтернативных решений, среди которых фитодобавки, благодаря своей биоразлагаемости, безопасности и мультифункциональности, выходят на лидирующие позиции [14, 15, 16].

Повышенное внимание в качестве сырья для производства БАД, богатых биологически активными веществами, вызывают ламинария японская (*Laminaria japonica* Aresch.) и расторопша пятнистая (*Silybum marianum* (L). Gaertn.), ключевым преимуществом которых является их доступность, поскольку оба вида выращиваются и перерабатываются промышленно на территории России.

Немаловажным для органического животноводства является и тот факт, что в Российской Федерации ламинария японская и расторопша пятнистая включены в перечень разрешенных кормовых добавок[5], а в ЕС они зарегистрированы как фитогенные кормовые добавки[6].

Ламинария японская относится к классу бурых водорослей, богата полисахаридами (особенно ценны альгиновая кислота, ламинаран и фукоидан), полиненасыщенными жирными кислотами и незаменимыми аминокислотами, пигментами, витаминами, микро- и макроэлементами. Из минеральных составляющих особое значение имеет йод в легкоусвояемой форме, которого в ламинарии содержится до 0,3 % от сухой массы растения [17]. Широкий спектр биологического действия ламинарии включает в себя антиоксидантные, антирадикальные, ранозаживляющие, противомикробные, противовирусные, онкопротекторные свойства и др. [18, 19, 20].

Семена расторопши пятнистой содержат большое количество витаминов, микро- и макроэлементов [21], уникальный комплекс флавоноидов, объединенных под общим названием силимарин, обладающий выраженным гепатопротекторным, антиоксидантным и противовоспалительным действием [22, 23].

Особого внимания заслуживает комбинированное применение этих растений, что позволяет достичь синергетического эффекта и максимально раскрыть генетический потенциал высокопродуктивных коров в условиях интенсификации животноводства, когда животные испытывают высокую метаболическую

[3]Regulation (EU) 2019/6 of the European Parliament and of the council of 11 December 2018 on veterinary medicinal products and repealing Directive 2001/82/EC. Official Journal of the European Union. 7.1.2019: 4/43–4/167. [Электронный ресурс]. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R0006 (дата обращения: 14.04.2026).

[4]Приказ Министерства сельского хозяйства РФ от 06.10.2021 г. № 692 «Об установлении случаев, в которых не устанавливается запрет на применение лекарственных препаратов, предназначенных для лечения инфекционных и паразитарных болезней животных, вызываемых патогенными микроорганизмами и условно-патогенными микроорганизмами, без клинического подтверждения диагноза, а также запрет на продолжение применения таких препаратов при отсутствии эффективности лечения». [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_400131/?ysclid=mnzr1q43aq178630190 (дата обращения: 14.04.2026).

[5]Распоряжение Правительства Российской Федерации от 28.12.2021 № 3920-р «Об утверждении перечня кормовых добавок, которые используются для целей обогащения рациона животных недостающими питательными веществами, улучшения усвоения питательных веществ, повышения продуктивности животных, улучшения потребительских свойств кормов и продуктов животноводства, нормализации обмена веществ животных и перечня видов исследований в области безопасности применения кормовой добавки в зависимости от целей использования такой кормовой добавки». [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_405740/f62ee45faefd8e2a11d6d88941ac66824f848bc2/ (дата обращения: 14.04.2026).

[6]Регламент (ЕС) № 1831/2003 Европейского парламента и Совета от 22 сентября 2003 года о добавках, применяемых в питании животных (Текст применим к Европейской экономической зоне). Официальный Журнал Европейского Союза. 18.10.2003. L268/29–L268/58. [Электронный ресурс].
URL: https://fsvps.gov.ru/wp-content/uploads/2022/11/1831-2003.pdf (дата обращения: 14.04.2026).

нагрузку. Проведенные нами ранее исследования подтвердили физиологическую эффективность применения биодобавки на основе ламинарии японской и расторопши пятнистой в рационах высокопродуктивных коров. Полученные данные свидетельствуют о нормализации гематологического профиля коров, повышении молочной продуктивности, снижении случаев развития родовых и послеродовых заболеваний, мастита, а также ускорении восстановления воспроизводительной способности коров после отела [24, 25].

Цель исследования – определить экономическую эффективность применения биологически активной добавки Ламарин Saldonum в рационах высокопродуктивных коров в разные физиологические периоды.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- рассчитан валовой надой молока базисной жирности за период раздоя;
- определен экономический эффект от применения Ламарин Saldonum в разные физиологические периоды;
- рассчитано сокращение общего экономического ущерба от дней бесплодия при применении изучаемой биологически активной добавки.

Научная новизна – впервые дано экономическое обоснование применения биологически активной добавки Ламарин Saldonum в рационах коров в разные физиологические периоды, рассчитана рентабельность производства молока с учетом использования добавки, а также определен экономический ущерб от бесплодия коров. Установлена наиболее экономически выгодная схема применения указанной добавки.

Материал и методы. Исследования проведены в СПК колхоз «Искра» Котельничского района Кировской области в 2021 году. Для эксперимента было сформировано 4 группы коров в возрасте 2 и более лактаций по 10 голов в каждой. Коров подбирали по методу аналогичных групп с учетом происхождения, породы, возраста, живой массы, удоя за 305 дней предыдущей законченной лактации.

Коровы опытных групп в дополнение к основному рациону (ОР), принятому на предприятии и соответствующему физиологическому состоянию животных на момент проведения эксперимента, получали биологически активную добавку Ламарин Saldonum в дозе 0,4 г на 1 кг живой массы ежедневно в течение 60 дней. Животным первой опытной группы скармливание добавки начинали за 30 дней до предполагаемого отела; второй – за 60 дней до предполагаемой даты отела; третьей – в день отела. Биодобавку скармливали индивидуально каждому животному вместе с небольшим количеством корма в утреннее кормление. Четвертая группа служила контролем и получала только основной рацион, принятый на предприятии (табл. 1).

Таблица 1 – **Схема проведения эксперимента** /
Table 1 – **Scheme of the experiment**

№ группы / Group number	*Количество голов (n) / Number of heads (n)*	*Схема введения добавки Ламарин Saldonum в рацион высокопродуктивных коров / Scheme for introducing Lamarin Saldonum into the diet of high-yielding cows*
1	10	Основной рацион + 0,4 г/кг живой массы Ламарин Saldonum за 30 дней до отела в течение 60 дней / Basal diet + 0.4 g/kg of live weight of Lamarin Saldonum 30 days before calving for 60 days
2	10	Основной рацион + 0,4 г/кг живой массы Ламарин Saldonum за 60 дней до отела в течение 60 дней / Basal diet + 0.4 g/kg of live weight of Lamarin Saldonum 60 days before calving for 60 days
3	10	Основной рацион + 0,4 г/кг живой массы Ламарин Saldonum в день отела в течение 60 дней / Basal diet + 0.4 g/kg of live weight of Lamarin Saldonum at calving and for 60 days thereafter
4	10	Основной рацион / Basal diet

Валовой надой за первые 3 месяца лактации учитывали у каждой коровы индивидуально посредством ежемесячных контрольных доек. Для расчета валового надоя с базисным процентом жира 3,4 % и белка 3,0 % использовали формулу:

$$ВН = \frac{МДЖ \times \mathbf{0,4} + МДБ \times \mathbf{0,6}}{\mathbf{3,16}} \times М_{молока}, \quad (1)$$

где ВН – валовой надой молока от коров группы за месяц лактации с базисным значением жирности 3,4 % и белка 3,0 %, кг; МДЖ – фактический процент жира в молоке, %; МДБ –

фактический процент белка в молоке, %; 0,4 – коэффициент ценности жира; 0,6 – коэффициент ценности белка; 3,16 – коэффициент, рассчитанный исходя из ценности жира и белка в молоке по формуле:

$$3{,}4 \times 0{,}4 + 3{,}0 \times 0{,}6,$$

где 3,4 – общероссийская базисная норма массовой доли жира в молоке; 3,0 – общероссийская базисная норма массовой доли белка в молоке.

Цена реализации молока, средняя цена одной спермодозы, цена 1 кг добавки приведены по данным 2021 года.

Выручку от реализации молока с базисным значением жира и белка за первые три месяца лактации рассчитывали по формуле:

$$В_м = Ц \times ВН_{сумм.}, \quad (2)$$

где $В_м$ – выручка от реализации молока; Ц – цена 1 кг молока с базисным значением жирности 3,4 % и белка 3,0 %; $ВН_{сумм.}$ – суммарный валовой надой молока с базисным значением жира и белка от коров группы за первые три месяца лактации.

Себестоимость производства 1 кг молока базисной жирности у коров контрольной группы получена из документов бухгалтерской отчетности предприятия. При расчете себестоимости производства 1 кг молока с базисным значением жира и белка у коров опытных групп использовали формулу:

$$ССТ = \frac{ЗМ + ЗД}{В_м}, \quad (3)$$

где ССТ – себестоимость производства 1 кг молока с базисным значением жира и белка у коров опытных групп; ЗМ – затраты на производство молока в контрольной группе; ЗД – затраты на добавку, израсходованную в процессе проведения эксперимента для коров опытных групп.

При расчете общих затрат учитывали затраты на производство молока и затраты на воспроизводство (стоимость спермодоз, израсходованных в группе на 1 плодотворное осеменение).

Себестоимость производства 1 кг молока с учетом затрат на воспроизводство во всех 4 группах рассчитывали по формуле:

$$ССТ_{общ.} = \frac{З_{общ.}}{В_м}, \quad (4)$$

где $ССТ_{общ.}$ – себестоимость производства 1 кг молока с учетом затрат на воспроизводство в группе; $З_{общ.}$ – общие затраты на производство молока с учетом затрат на воспроизводство и, также в опытных группах, стоимости биодобавки.

Для расчета прибыли от реализации молока (П) с учетом затрат на воспроизводство использовали формулу:

$$П = В_м - З_{общ.}. \quad (5)$$

Дополнительную прибыль/убыток на 1 рубль дополнительных затрат определяли:

$$ДП/У_1 = \frac{ДП/У}{ЗД}, \quad (6)$$

где $ДП/У_1$ – дополнительная прибыль/убыток на 1 руб. дополнительных затрат; ДП/У – дополнительная прибыль/убыток от реализации молока, полученная в опытных группах за счет использования добавки, которая рассчитывалась как разность между прибылью в опытных группах и контрольной.

Рентабельность производства молока (R) определяли по формуле:

$$R = \frac{П}{З_{общ.}} \times 100. \quad (7)$$

Общий экономический ущерб (ОЭУ) от бесплодия животных рассчитывали по формуле, приведенной авторами А. И. Маренковым, О. А. Прониной и Н. С. Бородулиной [26]:

$$ОЭУ = (ДБ \times 0{,}5 \times ССУ_{100} \times Ц) + (ДБ \times 0{,}005 \times С_т), \quad (8)$$

где ДБ – количество дней бесплодия на группу; $ССУ_{100}$ – среднесуточный удой за 100 дней лактации; 0,0005 – постоянный коэффициент, отражающий количественное значение потери теленка коровой за 1 день бесплодия; $С_т$ – условную стоимость 1 головы приплода при рождении, рассчитывали по формуле[7]:

$$С_т = 361 \times Ц, \quad (9)$$

где 361 – количество молока (в кг), которое можно получить за счет кормов, израсходованных на получение теленка.

Сокращенный ущерб от недополучения телят и дней бесплодия коров, приходящийся на 1 рубль дополнительных затрат на использование добавки в группе, находили по формуле:

$$СУ_{/1} = \frac{СУ}{ЗД}, \quad (10)$$

где $СУ_{/1}$ – количество рублей сокращенного ущерба, приходящееся на 1 рубль затрат на добавку; СУ – сокращенный ущерб в опытных группах, рассчитанный как разность между общим экономическим ущербом в опытной группе и контрольной.

[7]Сивкова Т. Н. Определение экономической эффективности противопаразитарных мероприятий: методические рекомендации. Пермь: ИПЦ «Прокростъ», 2018. 32 с.

Результаты и их обсуждение. Проведенные исследования показали, что наибольший валовой надой молока в базисной жирности за первые три месяца лактации отмечен у коров, получавших добавку за 30 дней до отела (табл. 2). При одинаковой цене 1 кг молока это позволило получить выручку от его реализации в размере 955322,00 руб., что больше, чем в контрольной группе на 118938,50 руб. Наименьшая выручка от реализации молока была получена в группе, где скармливание добавки начинали в день отела, что на 15127,75 руб. меньше по сравнению с контрольной группой. Во второй опытной группе выручка составила 868313,50 руб.

По данным отчетных документов предприятия, затраты на производство молока базисной жирности в учетный период в контрольной группе составили 568740,78 руб. Во всех опытных группах к данным затратам была прибавлена стоимость добавки Ламарин Saldonum, использованной в течение эксперимента, что увеличило их сумму до 597540,78 руб.

Рост затрат на производство молока за счет использования добавки в опытных группах привел к изменению его себестоимости. Во второй и третьей группах, где валовой надой молока за первые три месяца лактации либо увеличился незначительно, либо был ниже относительно четвертой группы, себестоимость производства 1 кг молока выросла на 0,20 и 1,19 руб. соответственно. В первой группе рост валового надоя молока базисной жирности способствовал снижению его себестоимости в сравнении с контрольной группой на 1,36 руб./кг, или 8,00 %.

При расчете затрат на воспроизводство установили, что в контрольной группе индекс осеменения составил 3,1, что на 41,94 %, 25,81 и 16,13 % выше, чем в первой, второй и третьей группах соответственно. При стоимости 1 спермодозы 500,00 рублей общие затраты на производство молока с учетом затрат на воспроизводство в контрольной группе составили 584240,78 руб., что меньше, чем в первой опытной группе на 22300,00 руб., во второй – на 24800,00 руб. Самые высокие общие затраты зафиксированы в третьей опытной группе, превышающие показатели контрольной на 26300,00 руб.

При расчете себестоимости производства молока с учетом затрат на воспроизводство установили, что во всех четырех группах она выросла незначительно – от 0,23 до 0,46 руб./кг с самым высоким ростом в контрольной группе.

Прибыль от реализации молока базисной жирности, с учетом затрат на воспроизводство, в контрольной группе составила 252142,72 руб. Использование добавки Ламарин Saldonum в первой опытной группе позволило получить дополнительную прибыль в размере 96638,50 руб., во второй группе – 7130,00 руб. В третьей опытной группе увеличение расходов на использование добавки в рационах коров не оправдало себя и повлекло убытки в размере 41427,75 руб. в сравнении с контролем.

Таким образом, на 1 рубль дополнительных затрат в первой группе было получено дополнительной прибыли 3,36 руб., во второй – 0,25 руб., а в третьей убыток составил 1,44 руб.

При расчете рентабельности производства молока установлено, что включение в рационы коров Ламарин Saldonum за 30 дней до отела позволяет повысить рентабельность до 57,50 %, что на 14,35 п. п. выше в сравнении с интактной группой. Начало включения добавки в рационы коров за 60 дней до отела и в день отела приводит к снижению рентабельности относительно контрольной группы на 0,59 и 8,64 п. п. соответственно.

Результаты расчета экономического ущерба от бесплодия коров показали, что наибольшее количество дней бесплодия выявлено в контрольной группе – 1106 дней на группу, в первой, второй и третьей опытных группах этот показатель был ниже на 57,32 %, 18,08 и 20,25 % соответственно (табл. 3).

Наибольший общий экономический ущерб, причиненный бесплодием коров, зафиксирован в четвертой группе – 496455,75 руб., применение Ламарин Saldonum в первой, второй и третьей группах, несмотря на разные сроки введения добавки в рационы, позволило сократить его на 259275,75 руб., 85245,00 и 111462,75 руб. соответственно.

Таким образом, 1 руб. дополнительных затрат, которые предприятие понесет на включение Ламарин Saldonum в рационы коров, позволяет снизить экономический ущерб от бесплодия на 9,00 руб. при использовании добавки в поздний сухостойный и ранний послеотельный периоды (1-я опытная группа); 2,96 руб. при использовании биодобавки в сухостойный период (2-я группа) и 3,87 руб. при включении фитодобавки в рационы сразу после отела (3-я группа).

Таблица 2 – **Экономическая эффективность применения Ламарин Saldonum в рационах коров в разные физиологические периоды (n = 10) /**
Table 2 – **Economic efficiency of using Lamarin Saldonum in cow diets across different physiological periods (n = 10)**

Показатель / Indicator	*Группа / Group*			
	1-я опытная / 1st experimental	*2-я опытная / 2nd experimental*	*3-я опытная / 3rd experimental*	*4-я контрольная / 4th control*
Валовое производство молока базисной жирности за первые 3 месяца лактации, кг / Total milk yield adjusted to base fat content in the first 3 months of lactation, kg	38212,88	34732,54	32850,23	33455,34
Цена реализации 1 кг молока базисной жирности, руб. / Selling price of 1 kg of milk at base fat content, rub.	25,00	25,00	25,00	25,00
Выручка от реализации молока базисной жирности, руб. / Milk sales revenue at standard fat content, rub.	955322,00	868313,50	821255,75	836383,50
Затраты на производство 1 кг молока базисной жирности, руб. / Production expenses per 1 kilogram of milk at standard fat content, rub.	597540,78	597540,78	597540,78	568740,78
Цена 1 кг добавки Ламарин Saldonum, руб. / Price of 1 kg of Lamarin Saldonum additive, rub.	200,00	200,00	200,00	0,00
Стоимость использованной добавки на группу коров, руб. / Cost of used additive per a group of cows, rub.	28800,00	28800,00	28800,00	0,00
Себестоимость производства 1 кг молока, руб. / Cost price of production of 1 kg of milk, rub.	15,64	17,20	18,19	17,00
Количество спермодоз на 1 плодотворное осеменение, шт. / Number of semen doses per 1 successful insemination, pcs	1,8	2,30	2,6	3,1
Стоимость 1 спермодозы, руб. / Cost of 1 semen dose, rub.	500	500	500	500
Затраты на плодотворное осеменение группы, руб. / Cost of successful insemination per group, rub.	9000	11500	13000	15500
Общие затраты, руб. / Overall expenses, rub.	606540,78	609040,78	610540,78	584240,78
Себестоимость производства 1 кг молока с учетом затрат на воспроизводство, руб. / Production cost of 1 kg of milk including reproduction expenses, rub.	15,87	17,54	18,59	17,46
Получено прибыли от реализации молока базисной жирности, руб. / Profit generated from milk sales at standard fat content, rub.	348781,22	259272,72	210714,97	252142,72
Дополнительная прибыль/убыток за счет использования добавки с учетом затрат на воспроизводство, руб. / Additional profit/loss due to additive usage considering reproduction costs, rub.	96638,50	7130,00	-41427,75	–
Получено дополнительной прибыли/убытка на 1 руб. дополнительных затрат, руб. / Additional profit/loss generated per 1 rub. of additional expenses, rub.	3,36	0,25	-1,44	–
Рентабельность производства молока, % / Milk production profitability, %	57,50	42,57	34,51	43,16
Плюс/минус к рентабельности, п. п. / Profitability change (plus/minus), p. p.	+14,34	-0,59	-8,64	–

Таблица 3 – **Общий экономический ущерб от бесплодия коров (n = 10) /**
Table 3 – **Overall economic loss from cow infertility (n = 10)**

Показатель / Indicator	*Группа / Group*			
	1-я опытная / 1st experimental	*2-я опытная / 2nd experimental*	*3-я опытная / 3rd experimental*	*4-я контрольная / 4th control*
Количество дней бесплодия на группу / Infertility days per a group	472	906	882	1106
Среднесуточный удой молока за 100 дней лактации, кг / Average daily milk yield over 100 days of lactation, kg	36,59	32,70	31,31	32,30
Общий экономический ущерб на группу, руб. / Total economic loss per a group, rub.	237180,00	411210,75	384993,00	496455,75
Недополучено средств за счет дней бесплодия на 1 корову, руб. / Foregone income from infertility days per cow, rub.	23718,00	41121,08	38499,30	49645,58
Сокращение ущерба за счет применения добавки к контролю на группу, руб. / Damage reduction due to additive application compared to control group, rub.	259275,75	85245,00	111462,75	-
Сокращенный ущерб, приходящийся на 1 руб. дополнительных затрат, руб. / Reduced damage per 1 RUB of additional costs, rub.	9,00	2,96	3,87	-

Заключение. Обобщая вышеизложенное, можно заключить, что наилучшее время включения биологически активной добавки Ламарин Saldonum в рацион коров – за 30 дней до предполагаемой даты отела в течение 60 дней в дозе 0,4 г на 1 кг живой массы. Это позволяет увеличить валовой надой молока базисной жирности в первые 3 месяца лактации на 4757,54 кг, снизить затраты на плодотворное осеменение 1 головы на 650 руб., себестоимость производства 1 кг молока – на 1,59 руб., или 9,11 %, получить 3,36 руб. дополнительной прибыли на 1 руб. дополнительных затрат и повысить рентабельность производства молока на 14,35 п. п.

Кроме того, использование Ламарин Saldonum указанным образом способствовало снижению общего экономического ущерба от бесплодия на 25927,58 руб. в расчете на 1 животное, а предотвращенный ущерб на 1 руб. дополнительных затрат составил 9,00 руб.

Применение добавки Ламарин Saldonum в рационах коров за 60 дней до отела или в день отела (вторая и третья группы) оказалось менее эффективным и нерентабельным. Несмотря на снижение экономического ущерба от бесплодия коров на 85245,00 (вторая группа) и 111462,75 руб. (третья группа), рентабельность производства молока снизилась соответственно на 0,59 и 8,64 п. п. в сравнении с контролем, а на 1 руб. дополнительных затрат приходилось только 0,25 руб. дополнительной прибыли и 1,44 руб. убытка.

Список литературы

1. Перова Н. А., Калаев В. Н., Мальцева О. Ю., Новикова И. В. Использование защищенных белковых добавок в кормлении коров: цели применения, влияние на физиологические показатели животных и экономическую эффективность производства молока (обзор). Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2025;87(1):157–167. DOI: https://doi.org/10.20914/2310-1202-2025-1-157-167 EDN: CLUEWS

2. Гусманов Р. У., Лукьянова М. Т., Стовба Е. В., Брагинец Ю. Н. Комплексный подход к оценке экономической эффективности использования кормовых добавок в животноводстве. Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2021;(10(79)):88–96. DOI: https://doi.org/10.33938/2110-88 EDN: YYYCRC

3. Николаев Д. В., Гиро М. В., Воронцова Е. С., Суркова С. А., Абрамов С. В., Мосолова Е. А. Эффективность использования новых кормовых добавок при производстве продукции животноводства (обзор). Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2025;(1(79)):242–250. DOI: https://doi.org/10.32786/2071-9485-2025-01-25 EDN: EBVJXV

4. Шошина О. В., Соболева Н. В., Дускаев Г. К., Шейда Е. В., Кван О. В. Роль кормовых добавок в формировании продуктивности жвачных (обзор). Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025;26(5):975–997. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.5.975-997 EDN: WMSBFE

5. Суфьянова Л. М., Смоленцев С. Ю., Кабанова Т. В. Анализ применения фитобиотиков для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных. Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2021;7(4(28)):390–399. DOI: https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-4-390-399 EDN: KOAYAY

6. Папуниди Э. К., Каримова А. З., Потапова А. В., Смоленцев С. Ю. Экономическая эффективность применения биологически активных добавок в рационе цыплят-бройлеров. Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2019;5(2):191–196. DOI: https://doi.org/10.30914/2411-9687-2019-5-2-191-196 EDN: DJMGMW

7. Рассказова Н. Т., Пулинец Е. К., Бунина З. А. Использование биологически активных веществ в кормлении молодняка плотоядных животных в условиях Приморского края. Кролиководство и звероводство. 2020;(3):24–29. DOI: https://doi.org/10.24411/0023-4885-2020-10303 EDN PMQZTQ

8. Горлов И. Ф., Мосолова Н. И., Сложенкина М. И., Ткаченкова Н. А., Гришин В. С., Обрушникова Л. Ф., Мусаев Р. У. Влияние новых кормовых добавок на продуктивность коров красной степной породы. Аграрный вестник Урала. 2023;23(4):61–69. DOI: https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-233-04-61-69 EDN: MQAVDI

9. Шемуранова Н. А., Гарифуллина Н. А. Оценка экономической эффективности применения в рационах коров добавки Ламарин Saldonum. Пермский аграрный вестник. 2021;(3(35)):117–127. DOI: https://doi.org/10.47737/2307-2873_2021_35_117 EDN: XXOYLH

10. Маилян Э. С. Проблема использования антибиотиков в животноводстве и пути контроля микробной антибиотикорезистентности. БИО. 2021;(12(255)):4–16. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47499990 EDN: PRGLPY

11. Данилов А. И., Жаркова Л. П. Антибиотикорезистентность: аргументы и факты. Клиническая фармакология и терапия. 2017;26(5):6–9. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=30683057 EDN: ZVLJJT

12. Донник И. Антибиотикорезистентность: актуальность возрастает. Животноводство России. 2022;(4):27–28. DOI: https://doi.org/10.25701/ZZR.2022.04.04.010 EDN: KVKOMI

13. Бутко М. П., Попов П. А., Лемясева С. В., Онищенко Д. А. Стимуляторы роста животных и их применение в животноводстве. Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». 2017;(4(24)):14–20. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32302577 EDN: YMEXXG

14. Филиппова О. Б., Фролов А. И. Фитодобавки в рационах телят – альтернатива антибиотикам. Эффективное животноводство. 2019;(1(149)):57–59. DOI: https://doi.org/10.24411/9999-007A-2019-10010 EDN: YXRCEX

15. Филиппова О. Б., Саранчина Е. Ф. Фитодобавки как часть репродуктивной технологии в молочном скотоводстве. Наука в центральной России. 2018;(6(36)):51–57. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36607377 EDN: YQWLKH

16. Меднова В. В., Ляшук А. Р., Буяров В. С. Использование фитобиотиков в животноводстве (обзор). Биология в сельском хозяйстве. 2021;(1(30)):11–16. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=45616058 EDN: RAXIZB

17. Подкорытова А. В. Обоснование использования морских бурых водорослей в качестве источника йода и других биологически активных веществ. Труды ВНИРО. 2004;143:136–142. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23268951 EDN: TPFBGN

18. Табакаева О. В., Табакаев А. В., Силантьев В. Е., Капуста С. В. Антиоксидантные свойства сверхкритических экстрактов бурых водорослей. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2024;14(2):253–264. DOI: https://doi.org/10.21285/achb.922 EDN: PXLPLW

19. Титлянов Э. А., Титлянова Т. В., Белоус О. С. Полезные вещества морских бурых макроводорослей: химическое строение, физико-химические свойства, содержание, использование. Известия ТИНРО. 2011;164:416–431. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16395766 EDN: NUUMXV

20. Горбачев А. Л. Минеральный состав некоторых водорослей-макрофитов (*Laminaria* sp., *Ulva fenestrata*) Охотского моря. Микроэлементы в медицине. 2024;25(4):80–89. DOI: https://doi.org/10.19112/2413-6174-2024-25-4-80-89 EDN: JEQONJ

21. Кашолкина Д. А., Болгова М. А., Клейменова Н. Л., Копылов М. В., Болгова И. Н. Исследование витаминного состава расторопши пятнистой. Ползуновский вестник. 2022;(3):160–165. DOI: https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.022 EDN: VQMQMP

22. Куркин В. А., Авдеева Е. В., Правдивцева О. Е., Куркина А. В., Рыжов В. М., Росихин Д. В., Агапов А. И., Кулагин О. Л. Сравнительное исследование антиоксидантной активности некоторых флавоноидов и гепатопротекторных лекарственных препаратов на основе плодов расторопши пятнистой. Современные проблемы науки и образования. 2016;(6):203. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27695010 EDN: XIBHMX

23. Куркин В. А., Варина Н. В., Авдеева Е. В., Рузаева И. В. Фенилпропаноиды как класс природных биологически активных соединений – органопротекторов. Фармация и фармакология. 2023;11(5):399–411. DOI: https://doi.org/10.19163/2307-9266-2023-11-5-399-411 EDN: EHKGRK

24. Шемуранова Н. А., Гарифуллина Н. А. Влияние введения Ламарин Saldonum в рационы коров в сухостойный и лактационный периоды на их продуктивность и репродуктивную способность. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(6):904–911. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.904-911 EDN: ESLFZZ

25. Шемуранова Н. А., Гарифуллина Н. А., Филатов А. В., Сапожников А. Ф. Гематологические показатели коров при разных схемах использования биодобавки Ламарин Saldonum. Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024;54(7):86–95. DOI: https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-7-9 EDN: NYKFBM

26. Маренков А. И., Пронина О. А., Бородулина Н. С. Новая методика расчета экономического ущерба при акушерско-гинекологических заболеваниях коров. Молочнохозяйственный вестник. 2011;(4):7–9. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=17889029 EDN: NOIHOE

References

1. Perova N. A., Kalaev V. N., Maltseva O. Y., Novikova I. V. Use of protected protein supplements in cow feeding: purposes of application, impact on physiological parameters of animals and economic efficiency of milk production (review). *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernikh technology* = Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies. 2025;87(1):157–167. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.20914/2310-1202-2025-1-157-167

2. Gusmanov R. U., Lukyanova M. T., Stovba E. V., Braginets Yu. N. An integrated approach to assessing the economic efficiency of using feed additives in cattle breeding. *Ekonomika, trud, upravleniye v selskom khozyaystve*. 2021;(10(79)):88–96. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.33938/2110-88

3. Nikolayev D. V., Giro M. V., Vorontsova E. S., Surkova S. A., Abramov S. V., Mosolova E. A. The efficiency of using new feed additives in the production of animal husbandry products (review). *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vissheye professionalnoye obrazovaniye* = Proceedingsof Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education. 2025;(1(79)):242–250. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.32786/2071-9485-2025-01-25

4. Shoshina O. V., Soboleva N. V., Duskaev G. K., Sheida E. V., Kwan O. V. The role of feed additives in the formation of ruminant productivity (review). *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2025;26(5):975–997. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.5.975-997

5. Sufyanova L. M., Smolentsev S. Yu., Kabanova T. V. Analysis of the use of phytobiotics to increase the productivity of farm animals. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Selskokhozyaystvenniye nauki. Ekonomicheskiye nauki* = Vestnik of the Mari State University Chapter «Agriculture. Economics». 2021;7(4(28)):390–399. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30914/2411-9687-2021-7-4-390-399

6. Papunidi E. K., Karimova A. Z., Potapova A. V., Smolentsev S. Yu. Economic efficiency of the use of dietary supplements in the diet of broiler chickens. *Vestnik Mariyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Selskokhozyaystvenniye nauki. Ekonomicheskiye nauki* = Vestnik of the Mari State University Chapter «Agriculture. Economics». 2019;5(2):191–196. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30914/2411-9687-2019-5-2-191-196

7. Rasskazova N. T., Pulinets E. K., Bunina Z. A. The use of biologically active substances in feeding young carnivores under the conditions of Primorsky krai. *Krolikovodstvo i zverovodstvo*. 2020;(3):24–29. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24411/0023-4885-2020-10303

8. Gorlov I. F., Mosolova N. I., Slozhenkina M. I., Tkachenkova N. A., Grishin V. S., Obrushnikova L. F., Musayev R. U. The effect of new feed additives on the productivity of red steppe cows. *Agrarny vestnik Urala* = Agrarian Bulletin of the Urals. 2023;23(4):61–69. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-233-04-61-6

9. Shemuranova N. A., Garifullina N. A. Evaluation of the economic efficiency of the use of Lamarin saldonum supplements in cow's rations. *Permsky agrarny vestnik* = Perm Agrarian Journal. 2021;(3(35)):117–127. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.47737/2307-2873_2021_35_117

10. Mailyan E. S. The problem of the use of antibiotics in animal husbandry and ways to control microbial antibiotic resistance. *BIO*. 2021;(12(255)):4–16. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47499990

11. Danilov A. I., Zharkova L. P. Antimicrobial resistance: arguments and facts. *Klinicheskaya farmakologiya i terapiya*. 2017;26(5):6–9. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=30683057

12. Donnik I. Antibiotic resistance: becoming more relevant. *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2022;(4):27–28. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.25701/ZZR.2022.04.04.010

13. Butko M. P., Popov P. A., Lemyaseva S. V., Onishchenko D. A. Stimulators of the growth of animals and their use in animal husbandry. *Rossiysky zhurnal «Problemy veterinarnoy sanitarii, gigiyeny i ekologii»* = The Russian journal «Problems of Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology». 2017;(4(24)):14–20. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32302577

14. Filippova O. B., Frolov A. I. Phytonutrients in calve diets – an alternative to antibiotics. *Effektivnoye zhivotnovodstvo*. 2019;(1(149)):57–59. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24411/9999-007A-2019-10010

15. Filippova O. B., Saranchina E. F. Phyto-additives as a part of reproductive technology in dairy fishing. *Nauka v tsentralnoy Rossii* = Science in Central Russia. 2018;(6(36)):51–57. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36607377

16. Mednova V. V., Lyashuk A. R., Buyarov V. S. The use of phytobiotics in livestock) (review). *Biologiya v selskom khozyaystve* = Biology in agriculture. 2021;(1(30)):11–16. (In Russ.).
URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=45616058

17. Podkorytova A. V. Justification of the use of marine brown algae as a source of iodine and other biologically active substances. *Trudi VNIRO*. 2004;143:136–142. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23268951

18. Tabakayeva O. V., Tabakayev A. V., Silantyev V. E., Kapusta S. V. Antioxidant properties of supercritical extracts of brown algae. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya* = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology. 2024;14(2):253–264. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21285/achb.922

19. Titlyanov E. A., Titlyanova T. V., Belous O. S. Useful substances from marine kelps (*Heterokontophyta*): chemical structure, physical and chemical properties, content, and use. *Izvestiya TINRO*. 2011;164:416–431. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=16395766

20. Gorbachev A. L. Mineral composition of some macrophyte algae (*Laminaria* sp., *Ulva fenestrata*) of the sea of Okhotsk. *Mikroelementi v meditsine* = Trace Elements in Medicine (Moscow). 2024;25(4):80–89. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.19112/2413-6174-2024-25-4-80-89

21. Kasholkina D. A., Bolgova M. A., Kleymenova N. L., Kopylov M. V., Bolgova I. N. Study of the vitamin composition of milk thistle. *Polzunovskiy vestnik*. 2022;(3):160–165. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.25712/ASTU.2072-8921.2022.03.022

22. Kurkin V. A., Avdeeva E. V., Pravdivtseva O. E., Kurkina A. V., Rizhov V. M., Rosikhin D. V., Agapov A. I., Kulagin O. L. The comparative study of the antioxidative activity of the some flavonoids and hepatoprotective pharmaceuticals on the basis of *Silybum marianum* Fruits. *Sovremenniye problemi nauki i obrazovaniya* = Modern problems of science and education. 2016;(6):203. (In Russ.).
URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27695010

23. Kurkin V. A., Varina N. R., Avdeeva E. V., Ruzaeva I. V. Phenylpropanoids as a class of natural biologically active organo-protective compounds. *Farmatsiya i farmakologiya* = Pharmacy & Pharmacology. 2023;11(5):399–411. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.19163/2307-9266-2023-11-5-399-411

24. Shemuranova N. A., Garifullina N. A. Effect of introducing Lamarine Saldonum into the diets of cows during dry period and period of lactation on their productivity and reproductive ability. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(6):904–911. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.6.904-911

25. Shemuranova N. A., Garifullina N. A., Filatov A. V., Sapozhnikov A. F. Hematological parameters of cows with different schemes of using the dietary supplement Lamarin Saldonum. *Sibirsky vestnik selskokhozyaystvennoy nauki* = Siberian Herald of Agricultural Science. 2024;54(7):86–95. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.26898/0370-8799-2024-7-9

26. Marenkov A. I., Pronina O. A., Borodulina N. S. New calculation methods of economic damage resulting from obstetrics-gynecologic disorders of cows. *Molochnokhozyaystvenny vestnik*. 2011;(4):7–9. (In Russ.).
URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=17889029

Вклад авторов: все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Сведения об авторах
Шемуранова Наталья Александровна, кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией кормления сельскохозяйственных животных, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007,
e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3501-9348**, e-mail: nashem85@yandex.ru

Гарифуллина Наталья Аркадьевна, младший научный сотрудник лаборатории кормления сельскохозяйственных животных, ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», ул. Ленина, д. 166а, г. Киров, Российская Федерация, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1325-4507

Author contributions: All authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Information about the authors
Natalia A. Shemuranova, PhD in Agricultural Science, Head of the Laboratory of Feeding Farm Animals, senior researcher, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007, e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3501-9348**, e-mail: nashem85@yandex.ru

Natalia A. Garifullina, junior researcher, the Laboratory of Feeding Farm Animals, Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Lenin str., 166a, Kirov, Russian Federation, 610007,
e-mail: priemnaya@fanc-sv.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-1325-4507**

✉ – Для контактов / Corresponding author

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.680–690
УДК 636.082.233

(cc) BY

Комплексные SNPs лептина и соматотропина и их связь с хозяйственно полезными признаками крупного рогатого скота

© 2026. А. А. Ярышкин✉, О. С. Шаталина, А. А. Зырянова
ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», г. Екатеринбург, Российская Федерация

Цель исследований – оценить влияние 12 комплексных генотипов GH и LEP на продуктивность коров для выявления стабильно эффективных сочетаний аллелей, учитывающих генотип-средовое взаимодействие, и разработки персонализированных стратегий селекции и управления стадом. Проведенное исследование выявило значимую связь комплексных генотипов генов соматотропина (GH, LV-полиморфизм) и лептина (LEP, полиморфизмы R25C и A80V) с показателями молочной продуктивности коров голштинской породы. Изучение 120 животных (по 60 голов из двух сельскохозяйственных организаций) показало выраженную неравномерность распределения 12 анализируемых генотипов в обоих стадах, обусловленную селекционными приоритетами хозяйств. Ключевым результатом является идентификация генотипа $GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$ как наиболее перспективного для селекции на высокую пожизненную молочную продуктивность. Животные с этим генотипом неизменно характеризовались максимальными удоями за первую, третью лактации и пожизненной продуктивностью, демонстрируя стабильность и высокий генетический потенциал. Параллельно выявлены генотипы, ассоциированные с качественными признаками молока, так у носителей генотипа $GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{VV}$ в организации «К» пожизненная массовая доля жира и белка в молоке составила 3,92 и 3,27 % соответственно. Животные с генотипом $GH^{LV}R25C^{CR}A80V^{AA}$ в организации «П» имели максимальную массовую долю жира 4,13 % при сохранении высокого удоя. Исследование подтвердило критическое влияние факторов среды (кормление, менеджмент) на реализацию генетического потенциала. Существенно более высокие удои в организации «П» по сравнению с организацией «К» подчеркивают необходимость системного подхода, сочетающего генетический отбор с совершенствованием технологий животноводства. Полученные данные доказывают, что комплексные генотипы GH и LEP служат информативными маркерами для прогнозирования молочной продуктивности и адаптивного потенциала коров.

Ключевые слова: *ген, удой, массовая доля жира, массовая доля белка, продуктивность*

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» (№ 0532-2026-0013 «Совершенствование селекционно-племенной работы с крупным рогатым скотом Уральского региона в целях повышения генетического потенциала молочной продуктивности и продолжительности хозяйственного использования на основе биотехнологических и молекулярно-генетических методов»).

Авторы выражают благодарность сотрудникам отдела животноводства и генетических исследований Уральского НИИСХ – филиала ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук» за помощь в проведении исследований.

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ярышкин А. А., Шаталина О. С., Зырянова А. А. Комплексные SNPs лептина и соматотропина и их связь с хозяйственно полезными признаками крупного рогатого скота. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):680–690. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.680-690

Поступила: 12.08.2025 Принята к публикации: 05.06.2026
Доработана после рецензирования: 19.01.2026 Опубликована онлайн: 30.06.2026

Complex SNPs of leptin and somatotropin and their association with economic traits in cattle

© 2026. Andrey A. Yaryshkin✉, Olga S. Shatalina, Anastasia A. Zyryanova
Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russian Federation

The aim of the study was to evaluate the effect of 12 complex GN and LEP genotypes on cow productivity in order to identify consistently effective allele combinations that account for genotype-environment interactions, and to develop personalized strategies for herd breeding and management. The conducted study revealed a significant association between complex genotypes of the somatotropin (GH, LV polymorphism) and leptin (LEP, R25C and A80V polymorphisms) genes and milk productivity in Holstein cows. A study of 120 animals (60 animals each from two agricultural organizations) showed a marked uneven distribution of the 12 analyzed genotypes in both herds, due to the farm breeding priorities. A key result was the identification of the $GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$ genotype as the most promising for breeding for high lifetime milk productivity. Animals with this genotype consistently demonstrated maximum milk yields in the first and third lactations and lifetime productivity, demonstrating stability and high genetic potential. In parallel, genotypes associated with milk quality traits were identified.

For example, in animals carrying the $GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{VV}$ genotype at Organization "K," the lifetime fat and protein content was 3.92 and 3.27 %, respectively. Animals with the $GH^{LV}R25C^{CR}A80V^{AA}$ genotype in Organization "P" had a maximum fat content of 4.13 % while maintaining high milk yield. The study confirmed the critical influence of environmental factors (feeding, management) on the realization of genetic potential. The significantly higher milk yields in Organization "P" compared to Organization "K" highlight the need for a systematic approach combining genetic selection with improved livestock production technologies. The obtained data demonstrate that the complex GH and LEP genotypes serve as informative markers for predicting milk productivity and the adaptive potential of cows.

Keywords: *gene, milk yield, mass fraction of fat, mass fraction of protein, productivity*

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (No. 0532-2026-0013, "Improving Selection and Breeding Work with Cattle in the Ural Region to Increase the Genetic Potential of Dairy Production and the Duration of Farm Use on the basis of Biotechnological and Molecular Genetic Methods)".

The authors are grateful to the staff of the Department of Animal Husbandry and Genetic Research at the Ural Research Institute of Agriculture, a branch of the Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, for their assistance in conducting the research.

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

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

For citation: Yaryshkin A. A., Shatalina O. S., Zyryanova A. A. Complex SNPs of leptin and somatotropin and their association with economic traits in cattle. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):680–690. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.680-690

Received: 12.08.2025
Revised: 19.01.2026
Accepted for publication: 05.06.2026
Published online: 30.06.2026

Прежде чем переходить к использованию генетических технологий для повышения продуктивности молочного скота, необходимо обеспечить базовые условия – оптимизацию кормления и содержания животных. Даже самые перспективные генетические маркеры не раскроют свой потенциал в условиях дефицита питательных веществ, стресса из-за плохого микроклимата или недостаточной ветеринарной поддержки. Сбалансированный рацион, соответствующий физиологическим потребностям лактирующих коров, современные системы вентиляции, комфортные условия содержания и профилактика заболеваний создают фундамент, на котором генетические преимущества реализуются в полной мере [1, 2, 3].

В настоящее время молочное животноводство сталкивается с необходимостью балансировать между повышением продуктивности, улучшением качества молока и обеспечением устойчивости поголовья к заболеваниям в условиях современных экологических и экономических требований [4, 5, 6].

Одним из ключевых решений этих задач становится применение геномных технологий, позволяющих выявлять генетические маркеры, ассоциированные с хозяйственно полезными признаками [7, 8, 9]. Особый интерес представляют гены, регулирующие эндокринную систему, такие как соматотропин (*GH, LV*-полиморфизм) и лептин (*LEP*, полиморфизмы *R25C* и *A80V*), которые контролируют рост, энергетический метаболизм, лактацию и репродуктивную функцию.

Соматотропин – гормон, синтезируемый гипофизом, стимулирует выработку инсулиноподобного фактора роста (IGF-1), который усиливает пролиферацию клеток молочной железы и синтез молочного белка. У голштинских коров селекция на определённые аллели *GH* позволила достичь рекордных показателей – до 10–12 тыс. кг молока за лактацию [10, 11].

Лептин – гормон, продуцируемый адипоцитами, регулирует энергетический баланс, аппетит и иммунный ответ. Полиморфизмы в гене *LEP*, такие как *LEP-A80V*, влияют на метаболизм липидов, что критично в ранний лактационный период, когда корова сталкивается с энергетическим дефицитом. Животные с «благоприятными» аллелями *LEP* имеют меньшую потерю живой массы после отела и более высокую жирность молока [12, 13].

Генетическая изменчивость, лежащая в основе селекционного процесса, обеспечивает возможность отбора животных с оптимальными характеристиками, будь то высокая молочная продуктивность, устойчивость к болезням или адаптация к стрессовым условиям [14, 15].

Продуктивность коров не статична: она изменяется как в рамках отдельной лактации, так и между разными лактационными циклами [16]. Первая лактация, как правило, характеризуется умеренными удоями, поскольку организм животного ещё не полностью адаптирован к физиологическим нагрузкам. Максимальная продуктивность достигается к третьей лактации, когда завершается развитие молочной железы, а гормональные и метаболические

системы функционируют в оптимальном режиме. Например, у голштинской породы, являющейся лидером молочной индустрии, пик суточного удоя в третью лактацию может превышать показатели первой на 15–20 %. Однако после 4-5-й лактаций начинается постепенное снижение надоев, связанное с возрастной инволюцией железистой ткани, накоплением стрессовых факторов и репродуктивными нарушениями [17]. Здесь ключевую роль играют генетические факторы: аллели гена *GH*, (*LV*-полиморфизм), ассоциированные с повышенным синтезом соматотропина, поддерживают стабильность удоев в первую лактацию, тогда как полиморфизмы гена *LEP*, например, *LEP-R25C*, улучшают энергетический обмен, помогая сохранить продуктивность в старшем возрасте [18].

Динамика живой массы тесно связана с лептиновой сигнализацией: высокий уровень гормона подавляет аппетит, способствуя мобилизации жировых резервов для поддержания лактации, тогда как его дефицит провоцирует избыточное накопление жира в сухостойный период. Например, голштины с аллелем *LEP-R25C* теряют на 5–7 % меньше массы в первые месяцы лактации, что снижает риски метаболического синдрома и продлевает продуктивное долголетие. Интеграция данных о генетических маркерах *GH* и *LEP* с анализом лактационной динамики и физиологических процессов открывает новые возможности для создания сбалансированных селекционных программ. Такой подход не только повышает удой и качество молока, но и укрепляет здоровье поголовья, обеспечивая устойчивость к заболеваниям и стрессам [19, 20, 21].

Цель исследования – оценить влияние 12 комплексных генотипов *GH* и *LEP* на продуктивность коров в двух сельскохозяйственных организациях для выявления стабильно эффективных сочетаний аллелей, учитывающих генотип-средовое взаимодействие и разработки персонализированных стратегий селекции и управления стадом.

Основные задачи:

- определение частоты встречаемости генотипов в популяциях сельскохозяйственных организаций «К» и «П»;
- анализ связи генотипов с удоем, содержанием жира и белка в молоке.

Научная новизна – применение комплексного подхода, сочетающего анализ продуктивности и биохимических параметров молока.

Материал и методы. Исследование проводили в 2023–2025 гг. на 120 пробах ДНК крупного рогатого скота с использованием стандартизированных протоколов генотипирования и статистических методов (GenAlEx). Для этого было отобрано 120 коров голштинской породы в различные периоды жизни и продуктивности, принадлежащих двум сельскохозяйственным организациям Свердловской области («К» и «П»). У коров отцами являлось более 50 быков-производителей, в связи с чем ранжирование по отцу не проводили. Комплексные генотипы животных представлены в следующей форме: генотип соматотропина + генотип лептина *R25C* + генотип лептина *A80V* (*GH + R25C + A80V*).

Исследование влияния генотипов соматотропина и лептина крупного рогатого скота на хозяйственно полезные признаки проведено с помощью следующих методов: генетического, аналитического и статистического.

Генетический – выделение ДНК крупного рогатого скота осуществляли в соответствии с протоколом фирмы ООО «НПФ Синтол», затем проводили полимеразную цепную реакцию (ПЦР). Для определения генов соматотропина и лептина животных проводили рестрикцию и визуализацию ДНК фрагментов. Рестрикционную смесь по полиморфизмам выдерживали в термостате при температуре 37 °С в течение 3-х часов.

В дальнейшем вносили продукты рестрикции с красителем в лунки 3%-го агарозного геля и помещали в камеру горизонтального электрофореза на 1 час с напряжением 100 В. Результаты оценивали с помощью трансиллюминатора Gel Doc (BioRad).

Аналитический – проведен анализ молочной продуктивности голштинской породы, данные взяты из программы ИАС «СЕЛЭКС» – Молочный скот.

Статистический – биометрическая обработка результатов исследований выполнена с помощью программ IBM SPSS Statistics 23, Microsoft Excel, рассчитаны средние величины (X), ошибки средних (Sx), установлен критерий достоверности Стьюдента и определен уровень значимости разницы величин, рассчитанный сравнением показателя продуктивности к среднему по стаду при $p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$; $p \leq 0,001$, проведен корреляционный анализ по Спирмену (*rs*).

Результаты и их обсуждение. Определены комплексные генотипы по соматотропину и лептину у 120 животных (по 60 голов из организаций «К» и «П»). В таблицах 1 и 2 показана частота встречаемости комплексных генотипов.

Таблица 1 – **Частота встречаемости комплексных генотипов *GH + LEP* у коров из организации «К» (n = 60) /**
Table 1 – **Frequency of occurrence of complex genotypes *GH + LEP* in cows of Organization "K" (n = 60)**

Комплексный генотип / Complex genotype	*Частота встречаемости, % / Frequency of occurrence, %*
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AA}$	8,3
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AV}$	3,3
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{VV}$	11,7
$GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AA}$	15,0
$GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AV}$	18,3
$GH^{LL}R25C^{RR}A80V^{AA}$	16,7
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AV}$	3,3
$GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{VV}$	5,0
$GH^{LV}R25C^{CR}A80V^{AA}$	1,7
$GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$	11,7
$GH^{VV}R25C^{CR}A80V^{AV}$	1,7
$GH^{VV}R25C^{RR}A80V^{AA}$	3,3

Таблица 2 – **Частота встречаемости комплексных генотипов *GH + LEP* у коров из организации «П» (n = 60) /**
Table 2 – **Frequency of occurrence of complex genotypes *GH + LEP* in cows of Organization "P" (n = 60)**

Комплексный генотип / Complex genotype	*Частота встречаемости, % / Frequency of occurrence, %*
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AA}$	15,0
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AV}$	5,0
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{VV}$	8,3
$GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AA}$	16,7
$GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AV}$	10,0
$GH^{LL}R25C^{RR}A80V^{AA}$	18,3
$GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{AV}$	6,7
$GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{VV}$	1,7
$GH^{LV}R25C^{CR}A80V^{AV}$	3,3
$GH^{LV}R25C^{CR}A80V^{AA}$	3,3
$GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$	10,0
$GH^{VV}R25C^{CC}A80V^{AV}$	1,7

Распределение комплексных генотипов соматотропина и лептина в организации «К» характеризуется выраженной неравномерностью, что отражает как селекционные приоритеты, так и генетические ограничения. При этом в группе животных сохраняется равновесие Харди-Вайнберга. Наиболее распространённый генотип – $GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AV}$ (18,3 %), далее по частоте встречаемости следуют $GH^{LL}R25C^{RR}A80V^{AA}$ (16,7 %) и $GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AA}$ (15,0 %). Высокая частота вариантов может быть связана с их ассоциацией с ключевыми хозяйственно полезными признаками, такими как устойчивость к стрессам, высокая молочная продуктивность или адаптивность к локальным условиям содержания. Генотипы $GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$ и $GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{VV}$, встречающиеся с частотой 11,7 %, также занимают значительную долю в популяции, что позволяет предположить их селекционную ценность, например, за счёт баланса между продуктивностью и здоровьем, что подтверждается рядом исследований [22, 23].

В выборке отсутствуют шесть генотипов: $GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{AA}$, $GH^{LV}R25C^{CR}A80V^{AV}$, $GH^{VV}R25C^{CC}A80V^{AA}$, $GH^{VV}R25C^{CC}A80V^{AV}$, $GH^{VV}R25C^{CC}A80V^{VV}$, $GH^{VV}R25C^{CR}A80V^{AA}$. Это объясняется эффектом сцепленного наследования аллелей. Например, аллель *VV* в локусе SNP A80V встречается исключительно в сочетании с *CC* в локусе SNP PR25C, а аллель *RR* (SNP R25C) наследуется только вместе с *AA* (SNP A80V) как показано в работе Н. В. Ковалюк с соавт. [10].

Таким образом, распределение генотипов отражает не только селекционные предпочтения, но и генетические ограничения, связанные с особенностями наследования ключевых аллелей.

Распределение комплексных генотипов соматотропина и лептина в организации «П» отличается от тенденций, выявленных в организации «К», что подчеркивает влияние региональных селекционных стратегий и условий содержания. При этом в выборке соблюдается закон Харди-Вайнберга. Наибольшая доля в стаде приходится на генотип $GH^{LL}R25C^{RR}A80V^{AA}$ (18,3 %), что, вероятно, связано с его ассоциацией с высокой молочной продуктивностью. Второе и третье места по частоте встречаемости занимают генотипы – $GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AA}$ (16,7 %), $GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AA}$ (15,0 %). Это указывает на селекционное предпочтение генотипов с комбинацией аллелей *LL*, которые могут обеспечивать стабильность метаболизма и адаптацию к интенсивным условиям молочного производства.

Генотипы $GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AV}$ и $GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$ встречаются с частотой 10 %, что ниже, чем в организации «К». Редкие варианты, такие как $GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{VV}$ и $GH^{VV}R25C^{CC}A80V^{AV}$ (по 1,7 %), практически отсутствуют в популяции, что может быть следствием их негативного влияния на продуктивное долголетие.

В таблицах 3 и 4 отражена зависимость молочной продуктивности за первую лактацию от комплексных генотипов.

Таблица 3 – **Показатели молочной продуктивности коров с различными комплексными генотипами *GH+LEP* за 305 дней первой лактации в организации «К» (n = 53) (X±Sx) /**
Table 3 – **Milk productivity indicators of cows with different complex genotypes *GH + LEP* for 305 days of the first lactation in Organization"K" (n = 53) (X±Sx)**

Комплексный генотип / Complex genotype	*Удой, кг / Milk yield, kg*	*Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %*	*Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %*
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AA}$	5980±605	3,97±0,08	3,18±0,03
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{VV}$	6108±488	3,95±0,06	3,19±0,03
$GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AA}$	6369±322	3,90±0,03	3,20±0,02
$GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AV}$	7146±442	3,85±0,04	3,18±0,02
$GH^{LL}R25C^{RR}A80V^{AA}$	5934±409	3,91±0,05	3,19±0,02
$GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{VV}$	6506±686	3,98±0,05	3,17±0,05
$GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$	7285±546	3,87±0,05	3,16±0,02

Таблица 4 – **Показатели молочной продуктивности коров с различными комплексными генотипами *GH + LEP* за 305 дней первой лактации в организации «П» (n = 58) (X±Sx) /**
Table 4 – **Milk productivity indicators of cows with different complex genotypes *GH + LEP* for 305 days of the first lactation in Organization"P" (n = 58) (X±Sx)**

Комплексный генотип / Complex genotype	*Удой, кг / Milk yield, kg*	*Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %*	*Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %*
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AA}$	7952±204	3,86±0,04	3,12±0,02
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AV}$	9145±185	3,96±0,02	3,10±0,01
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{VV}$	8693±320	3,74±0,03	3,11±0,01
$GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AA}$	8321±175	4,01±0,01	3,16±0,02
$GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AV}$	9132±254	4,12±0,01	3,17±0,03
$GH^{LL}R25C^{RR}A80V^{AA}$	8978±198	3,85±0,04	3,11±0,02
$GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{AV}$	7966±301	4,02±0,02	3,09±0,02
$GH^{LV}R25C^{CR}A80V^{AV}$	8542±224	3,71±0,02	3,14±0,01
$GH^{LV}R25C^{CR}A80V^{AA}$	9234±218	4,00±0,01	3,18±0,03
$GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$	9563±113***	4,02±0,03	3,15±0,02

*** – p≤0,001 по отношению к средним показателям по стаду / *** – p≤0.001relative to the herd averages

В организации «К» представлено семь комплексных генотипов, общее поголовье 53 головы, редкие генотипы с частотой встречаемости менее 4 % из выборки исключены.

В организации «К» коровы с генотипом $GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$ за первую лактацию имели наивысшую молочную продуктивность: удой 7285±546 кг, что на 1351 кг превышает показатели $GH^{LL}R25C^{RR}A80V^{AA}$ и на 1305 кг – $GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AA}$. Животные с этим генотипом также характеризуются умеренным содержанием жира (3,87 %) и белка (3,16 %) в молоке, что делает его универсальным для хозяйств, ориентированных на высокие удои. У коров с генотипом $GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AA}$ отмечен второй по величине удой (7146±442 кг), но при этом зафиксировано самое низкое содержание жира (3,85 %), что может быть связано с энергетическими затратами на синтез молока.

Максимальное содержание жира в молоке (3,98 %) выявлено у животных с генотипом $GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{VV}$, что делает этот генотип перспективным для производства жирномолочной продукции. Однако их удой (6506±686 кг) уступает показателям носительниц генотипа $GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$, что отражает компромисс между качеством и количеством молока. Коровы с генотипом $GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AA}$ отличаются самым высоким уровнем белка (3,20 %), что важно для сыроделия, но с удоем (6369±322 кг) на среднем уровне.

В организации «П» представлены десять комплексных генотипов с поголовьем 58 голов, из выборки исключены редкие генотипы с частотой встречаемости менее 3 %.

В организации «П» лидером по удою являются коровы с генотипом $GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$ (9563±113 кг), опережая ближайших конкурентов на 329 кг. При этом животные с генотипом

$GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$ сохраняют высокое содержание жира в молоке (4,02 %), что подчеркивает их ценность для хозяйств, ориентированных на комбинированные показатели. Коровы с генотипом $GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AV}$ имеют рекордную массовую долю жира (4,12 %), но уступают по удою (9132±254 кг), что определяет их специализацию в производстве высокожирного молока.

Важно отметить, что одни и те же комплексные генотипы (в частности, $GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$) демонстрировали одинаковое влияние на продуктивность животных, несмотря на межхозяйственные различия, что подчеркивает преобладание влияния генетических факторов над факторами среды (кормление, менеджмент) на реализацию продуктивного потенциала. Более высокие удои в сельскохозяйственной организации «П» можно объяснить внедрением оптимизированного рациона кормления или улучшенными условиями содержания скота. Это подтверждает необходимость комплексного подхода, сочетающего генетический отбор с совершенствованием технологий животноводства[1, 2].

В таблицах 5 и 6 отражена зависимость молочной продуктивности за третью лактацию от комплексных генотипов.

Таблица 5 – **Показатели молочной продуктивности коров с различными комплексными генотипами *GH + LEP* за 305 дней третьей лактации в организации «К» (n = 53) (X±Sx) /**
Table 5 – **Milk productivity indicators of cows with different complex genotypes *GH + LEP* for 305 days of the third lactation in Organization "K" (n = 53) (X±Sx)**

Комплексный генотип / Complex genotype	*Удой, кг / Milk yield, kg*	*Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %*	*Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %*
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AA}$	9858±444	3,83±0,04*	3,20±0,03
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{VV}$	7269±748	3,88±0,02	3,20±0,03
$GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AA}$	8396±621	3,90±0,02	3,18±0,02
$GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AV}$	8205±734	3,91±0,01	3,19±0,02
$GH^{LL}R25C^{RR}A80V^{AA}$	7424±626*	3,89±0,02	3,20±0,02
$GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{VV}$	8412±1108	3,87±0,02	3,19±0,02
$GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$	9889±604	3,90±0,02	3,18±0,02

* – p≤0,05 по отношению к средним показателям по стаду / * – p≤0.05 relative to the herd averages

Таблица 6 – **Показатели молочной продуктивности коров с различными комплексными генотипами *GH + LEP* за 305 дней третьей лактации в организации «П» (n = 58) (X±Sx) /**
Table 6 – **Milk productivity indicators of cows with different complex genotypes *GH + LEP* for 305 days of the third lactation in Organization "P" (n = 58) (X±Sx)**

Комплексный генотип / Complex genotype	*Удой, кг / Milk yield, kg*	*Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %*	*Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %*
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AA}$	9654±365	3,91±0,05	3,14±0,03
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AV}$	9235±211	3,85±0,03	3,14±0,04
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{VV}$	10012±174	4,01±0,04	3,18±0,02
$GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AA}$	9874±325	3,95±0,02	3,15±0,02
$GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AV}$	9328±274	3,89±0,02	3,13±0,03
$GH^{LL}R25C^{RR}A80V^{AA}$	9881±301	4,01±0,03	3,16±0,05
$GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{AV}$	8978±144***	4,11±0,05***	3,15±0,04
$GH^{LV}R25C^{CR}A80V^{AV}$	9558±176	3,89±0,03	3,17±0,03
$GH^{LV}R25C^{CR}A80V^{AA}$	9642±287	3,92±0,03	3,19±0,02
$GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$	10574±234***	3,97±0,04	3,16±0,02

*** – p≤0,001 по отношению к средним показателям по стаду / *** – p≤0.001 relative to the herd averages

[1]Топалов Ф. Г. Основы генетики и разведения домашнего скота. М.: АСТ, Донецк: Сталкер, 2004. 136 с.
[2]Красота В. Ф., Лобанов В. Т., Джапаридзе Т. Г. Разведение сельскохозяйственных животных. 2-е изд. М.: ВНИИплем, 1983. 385 с.

В третьей лактации наблюдается динамика изменения продуктивности по сравнению с первой, что подчеркивает влияние возраста и накопленного физиологического потенциала. В организации «К» животные с генотипом $GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$ лидируют по уровню удоя (9889±604 кг), демонстрируя рост на 26 % относительно первой лактации (7285±546 кг).

У животных с генотипом $GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AA}$, напротив, отмечен резкий рост удоя с 5980±605 кг (первая лактация) до 9858±444 кг (третья), что свидетельствует о позднем созревании и адаптации к нагрузкам. Однако массовая доля жира в молоке у них снизилась с 3,97 до 3,83 %, что указывает на компромисс между удоем и жирностью молока.

Исследования подтвердили, что носители генотипов $GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$ в организации «П» сохранили лидерство по удою в третьей лактации: разница с другими носителями составила 1159 кг (rs = 0,56; p≤0,001). Максимальная массовая доля жира отмечена у коров с генотипом $GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{AV}$, которые превосходят носительниц $GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AV}$ на 0,26 % (p≤0,001). Высокое содержание белка в молоке (3,19 %) характерно для животных с генотипом $GH^{LV}R25C^{CR}A80V^{AA}$ (rs = 0,4).

Полученные данные указывают на прямую зависимость между генетическим профилем и хозяйственно полезными признаками, что актуально для селекции высокопродуктивных животных.

Данные о пожизненной молочной продуктивности коров в зависимости от комплексных генотипов соматотропина и лептина в организациях «К» и «П» представлены в таблицах 7 и 8. В изучаемые группы вошли выбывшие коровы с 3-4-й законченными лактациями (организация «К») и с 4-5-й законченными лактациями (организация «П»). В число анализируемых показателей входили суммарный удой за жизнь, средние значения массовой доли жира и белка в молоке, что позволило оценить долгосрочное влияние генетических факторов на продуктивность и физиологические особенности коров.

Таблица 7 – **Влияние комплексных генотипов *GH + LEP* на показатели пожизненной продуктивности коров в организации «К» (n = 53) (X±Sx) /**
Table 7 – **The influence of complex genotypes on lifelong productivity indicators of cows in Organization "K" (n = 53) (X±Sx)**

Комплексный генотип / Complex genotype	*Удой, кг / Milk yield, kg*	*Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %*	*Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %*
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AA}$	22524±2278	3,87±0,02	3,15±0,01
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{VV}$	26119±2245	3,89±0,02	3,18±0,01
$GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AA}$	24454±1787	3,86±0,02	3,16±0,01
$GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AV}$	28099±2406	3,88±0,01	3,19±0,01
$GH^{LL}R25C^{RR}A80V^{AA}$	31829±1655	3,90±0,01	3,21±0,01
$GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{VV}$	30867±2643	3,92±0,04***	3,27±0,03***
$GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$	31899±1544**	3,91±0,03	3,22±0,01

** – p≤0,01, *** – p≤0,001 по отношению к средним показателям по стаду /
** – p≤0.01, *** – p≤0.001 relative to the herd averages

Таблица 8 – **Влияние комплексных генотипов *GH + LEP* на показатели пожизненной продуктивности коров в организации «П» (n = 58) (X±Sx) /**
Table 8 – **The influence of complex genotypes *GH + LEP* on lifelong productivity indicators of cows in Organization "P" (n = 58) (X±Sx)**

Комплексный генотип / Complex genotype	*Удой, кг / Milk yield, kg*	*Массовая доля жира, % / Mass fraction of fat, %*	*Массовая доля белка, % / Mass fraction of protein, %*
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AA}$	44223±1152	3,98±0,04	3,18±0,01
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{AV}$	47896±1264	4,00±0,03	3,13±0,04
$GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{VV}$	51203±708	3,97±0,03	3,15±0,03
$GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AA}$	50665±812	3,65±0,02	3,15±0,03
$GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AV}$	50874±1144	4,11±0,03	3,17±0,06
$GH^{LL}R25C^{RR}A80V^{AA}$	47320±1876	4,02±0,02	3,16±0,03
$GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{AV}$	51479±965	3,87±0,05	3,14±0,03
$GH^{LV}R25C^{CR}A80V^{AV}$	49811±325	3,98±0,04	3,18±0,02
$GH^{LV}R25C^{CR}A80V^{AA}$	48633±896	4,13±0,02	3,19±0,04
$GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$	55632±614	3,85±0,03	3,16±0,02

В организации «К» (табл. 7) максимальный пожизненный удой, достигший 31899 кг, продемонстрировали коровы с генотипом $GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$, что статистически значимо превысило показатели других групп. Носительницы $GH^{LL}R25C^{RR}A80V^{AA}$ также показали высокий результат (31829 кг), подчеркивая важность аллеля *R* в комбинации с другими вариантами генов для долгосрочной продуктивности. Примечательно, что животные с генотипом $GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{VV}$, несмотря на относительно средний удой (30867 кг), отличились высокими показателями массовой доли жира (3,92 %) и массовой доли белка (3,27 %), что указывает на их потенциал для селекции на повышение качества молока. Коровы с генотипом $GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AV}$, хотя и уступили лидерам по удою (28099 кг), показали стабильные значения по жиру и белку.

В организации «П» абсолютным лидером по пожизненному удою стали обладательницы генотипа $GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$ (55632 кг), подтвердив тенденцию, выявленную в организации «К», где носительницы этого же генотипа занимали первое место по молочной продуктивности. Удой в организации «П» в целом получили существенно выше: животные с генотипом $GH^{LL}R25C^{CC}A80V^{VV}$ достигли пожизненной продуктивности 51203 кг, в организации «К» продуктивность составила 26119 кг. Это может быть связано с улучшенными условиями содержания, кормления или более строгим отбором поголовья, что, в свою очередь, способствовало увеличению срока хозяйственного использования коров. Животные с генотипом $GH^{LV}R25C^{CR}A80V^{AA}$ отличались максимальным содержанием жира в молоке (4,13 %) при сохранении высокого удоя (48633 кг), что делает его носительниц перспективными для хозяйств, ориентированных на производство жирномолочной продукции.

В организации «К» акцент смещен в сторону качества молока у отдельных генотипов ($GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{VV}$), несмотря на меньшие объёмы надоев. Наличие статистически значимых различий в показателях подчеркивает, что влияние генотипов на пожизненную продуктивность неслучайно и может быть использовано в селекционных программах. Полученные данные также указывают на то, что пожизненные показатели сильнее зависят от генетического потенциала, чем результаты отдельной лактации, что подтверждается ростом удоев у животных с одинаковыми генотипами при переходе от анализа первой лактации к многолетним данным. Это позволяет рассматривать комплексные генотипы как маркеры долгосрочной продуктивности, но для достижения максимальной реализации генетического потенциала необходимо учитывать особенности конкретного хозяйства.

Заключение. Проведенное исследование комплексных генотипов по генам соматотропина и лептина у 120 коров голштинской породы из двух сельскохозяйственных организаций Свердловской области выявило существенную связь генетического профиля с показателями молочной продуктивности за первую и третью лактации и пожизненной продуктивностью. Распределение генотипов в обоих стадах характеризовалось выраженной неравномерностью, отражающей как селекционные приоритеты (например, преобладание генотипов *LL* в организации «П»), так и фундаментальные генетические ограничения, обусловленные сцепленным наследованием аллелей. Ключевым результатом, наблюдаемым в обеих организациях, является идентификация генотипа $GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$ как наиболее перспективного для селекции на высокую молочную продуктивность. Животные с этим генотипом неизменно характеризовались максимальными удоями как за первую и третью лактации, так и пожизненной продуктивностью. При этом выявлена значительная вариабельность реализации генетического потенциала в зависимости от хозяйственных условий: превосходство организации «П» по удоям подчеркивает критическую роль оптимизированного кормления животных и менеджмента.

Параллельно обнаружены генотипы, ассоциированные со значимыми качественными признаками: носители $GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{VV}$ в организации «К» выделились рекордной пожизненной массовой долей жира в молоке (3,92 %) и массовой долей белка (3,27 %), коровы с генотипом $GH^{LV}R25C^{CR}A80V^{AA}$ в организации «П» – максимальной массовой долей жира (4,13 %) при высоком удое. Носительницы генотипа $GH^{LL}R25C^{CR}A80V^{AV}$ продемонстрировали потенциал для высокожирного молока, но уступали по долгосрочной продуктивности. Полученные данные однозначно свидетельствуют о том, что комплексные генотипы по соматотропину и лептину служат информативными маркерами для прогнозирования молочной продуктивности (количества и качества молока) и адаптивного потенциала коров.

В связи с тем, что в последние годы продуктивное долголетие коров сократилось до 2,5 лактаций, а основными причинами выбытия являются проблемы со здоровьем, а не низкая продуктивность, проведение генотипирования животных в раннем возрасте с последующим отбором желательных генотипов позволит создать высокопродуктивные стада. Для эффективной селекции рекомендуется приоритетный отбор животных с генотипом $GH^{LV}R25C^{RR}A80V^{AA}$ как универсально высокопродуктивного варианта, а также использование специализированных генотипов ($GH^{LV}R25C^{CC}A80V^{VV}$, $GH^{LV}R25C^{CR}A80V^{AA}$) в программах, направленных на улучшение конкретных компонентов молока, с обязательным учетом и оптимизацией факторов среды конкретной организации для полной реализации генетического потенциала.

Список литературы

1. Deen A. U., Tyagi N., Yadav R. D., Kumar S., Tyagi A. K., Singh S. K. Feeding balanced ration can improve the productivity and economics of milk production in dairy cattle: a comprehensive field study. Tropical Animal Health and Production. 2019;51(4):737–744. DOI: https://doi.org/10.1007/s11250-018-1747-8

2. Bosire C. K., Mtimet N., Enahoro D. K., Ogutu J. O., Krol M. S., de Leeuw J. et al. Livestock water and land productivity in Kenya and their implications for future resource use. Heliyon. 2022;8(3):e09006. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09006

3. Hoes A. Ch., Aramyan L. Blind Spot for Pioneering Farmers? Reflections on Dutch Dairy Sustainability Transition. Sustainability. 2022;14(17):10959. DOI: https://doi.org/10.3390/su141710959

4. Hallein E., Shallcross D., Dalvean J., Celi P., McGowan M., Jacobson C. et al. Collaborative Development of a Farm Systems Learning Platform «4D Virtual Farm». Journal of Veterinary Medical Education. 2025;52(1):8–16. DOI: https://doi.org/10.3138/jvme-2023-0023

5. Mauki D. H., Adeola A. C., Ng'ang'a S. I., Tijjani A., Akanbi I. M., Sanke O. J. et al. Genetic variation of Nigerian cattle inferred from maternal and paternal genetic markers. PeerJ. 2021;9:e10607. DOI: https://doi.org/10.7717/peerj.10607

6. Ginja C., Gama L. T., Cortés O., Burriel I. M., Vega-Pla J. L., Penedo C. et al. Author Correction: The genetic ancestry of American Creole cattle inferred from uniparental and autosomal genetic markers. Scientific Reports. 2020;10(1):1-2. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-020-73066-4

7. Joshi P., Vyas P., Mehta S. C. Genetic Characterization and Diversity Study of Indigenous Cattle Breeds Through Microsatellite Markers. The Indian Veterinary Journal. 2024;101(10):43–48. DOI: https://doi.org/10.62757/IVA.2024.101.10.43-48

8. Zhang H., Wang A., Xiao W., Mi S., Hu L., Brito L. F. et al. Genetic parameters and genome-wide association analyses for lifetime productivity in Chinese Holstein cattle. Journal of Dairy Science. 2024;107(11):9638–9655. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jods.2024.10.001

9. Nakatsuchi A., Matsumoto Y., Aida Y. Influence of BoLA-DRB3 Polymorphism and Bovine Leukemia Virus (BLV) Infection on Dairy Cattle Productivity. Veterinary Sciences. 2023;10(4):250. DOI: https://doi.org/10.3390/vetsci10040250

10. Kovalyuk N. V., Kuzminova E. V., Semenenko M. P., Abramov A. A., Yakusheva L. I. The relationship between snp-polymorphisms of the leptin gene and the development of fatty liver disease in dairy cows. E3S Web of Conferences. 2021;254(11):09019. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125409019

11. Хаудов А. Д., Курашев Ж. Х., Слонов Т. Л., Жекамухов М. Х. Полиморфизм генов молочной продуктивности GH и DGAT1 в популяции крупного рогатого скота голштинской породы нидерландской селекции. Сельскохозяйственный журнал. 2024;(4(17)):160–170. DOI: https://doi.org/10.48612/FARC/2687-1254/016.4.17.2024 EDN: WPWWNI

12. Bashchenko M. I., Boiko O. V., Honchar O. F., Sotnichenko Y. M., Lesyk Y. V., Iskra R. Y., Gutyj B. V. Peculiarities of growth and further productivity of purebred and crossbred cows. Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2023;14(1):118–124. DOI: https://doi.org/10.15421/022318

13. Горелик А. С., Горелик О. В., Ребезов М. Б., Харлап С. Ю. Динамика молочной продуктивности коров голштинской породы в зависимости от возраста в лактациях. Вестник Ошского государственного университета. Сельское хозяйство: агрономия, ветеринария и зоотехния. 2025;(1(10)):146–157. DOI: https://doi.org/10.52754/16948696_2025_1(10)_20 EDN: WMYENZ

14. Гаджиев З. К., Суржикова Е. С., Евлагина Д. Д., Ковалева Г. П., Лапина М. Н. Оценка коров-первотёлок чёрно-пёстрой породы по ДНК-маркерам, ассоциированных с хозяйственно полезными признаками. Известия Горского государственного аграрного университета. 2024;61-3:29–36. DOI: https://doi.org/10.54258/20701047_2024_61_3_29 EDN: YEXICZ

15. Михалюк А. Н., Танана Л. А., Кузьмина Т. И. Ассоциация комплекса полиморфных вариантов генов DGAT1, GH, PRL и BLG с показателями молочной продуктивности коров голштинской породы молочного скота отечественной селекции. Генетика и разведение животных. 2023;(1):74–83. DOI: https://doi.org/10.31043/2410-2733-2023-1-74-83 EDN: HOYEXJ

16. Щеголев П. О., Сабетова К. Д., Чаицкий А. А., Дудихин А. С. Ассоциация гена гормона роста с продуктивными признаками крупного рогатого скота (обзор). Вестник АПК Верхневолжья. 2023;(2(62)):61–72. DOI: https://doi.org/10.35694/YARCX.2023.62.2.010 EDN: UQZHHM

17. Сабетова К. Д., Лемякин А. Д., Чаицкий А. А., Щеголев П. О., Баданина Л. С., Метляев Н. Ю., Дудихин А. С., Кочуева Н. А. Роль полиморфизма LEP R25C в предрасположенности коров к кетозу. Международный вестник ветеринарии. 2024;(1):415–426. DOI: https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2024.1.415 EDN: MWZUDC

18. Кожевникова И. С., Худякова Н. А., Калмыкова М. С., Кашин А. С. Установление связи полиморфизма гена лептина (сайт R25C) с хозяйственно полезными признаками. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2025;(1):59–62. DOI: https://doi.org/10.31857/S2500208225010138 EDN: CSFXHF

19. Худякова Н. А., Кожевникова И. С., Ступина А. О., Классен И. А., Кашин А. С. Динамика живой массы коров холмогорской породы по полиморфизму гена лептина. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025;26(1):158–165. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.1.158-165 EDN: RPVEBM

20. Харченко А. В., Фейзуллаев Ф. Р. Полиморфизм гена лептина у коров голштинской породы. Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2024;(8):126–130. DOI: https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202408014 EDN: VVRNMG

21. Парамонова М. А., Валитов Ф. Р., Ганиева И. Н., Кононенко Т. В. Ассоциация полиморфизма гена лептина с хозяйственно полезными признаками крупного рогатого скота чёрно-пёстрой породы. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2023;(1(99)):277–283.
DOI: https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-99-1-277-283 EDN: UDIXDT

22. Русакова Е. А., Косян Д. Б. Взаимосвязь полиморфизма гена LEP/A80V с гематологическими показателями и характеристикой неспецифического иммунитета крупного рогатого скота. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2019;(4):4. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=42503537 EDN: XKDNNV

23. Дубовскова М. П., Суржикова Е. С., Евлагина Д. Д. Особенности полиморфизма генов GH, TG5, LEP у скота герефордской породы. Сельскохозяйственный журнал. 2024;(4(17)):36–44.
DOI: https://doi.org/10.48612/FARC/2687-1254/004.4.17.2024 EDN: SYBQSC

References

1. Deen A. U., Tyagi N., Yadav R. D., Kumar S., Tyagi A. K., Singh S. K. Feeding balanced ration can improve the productivity and economics of milk production in dairy cattle: a comprehensive field study. Tropical Animal Health and Production. 2019;51(4):737–744. DOI: https://doi.org/10.1007/s11250-018-1747-8

2. Bosire C. K., Mtimet N., Enahoro D. K., Ogutu J. O., Krol M. S., de Leeuw J. et al. Livestock water and land productivity in Kenya and their implications for future resource use. Heliyon. 2022;8(3):e09006.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09006

3. Hoes A. Ch., Aramyan L. Blind Spot for Pioneering Farmers? Reflections on Dutch Dairy Sustainability Transition. Sustainability. 2022;14(17):10959. DOI: https://doi.org/10.3390/su141710959

4. Hallein E., Shallcross D., Dalvean J., Celi P., McGowan M., Jacobson C. et al. Collaborative Development of a Farm Systems Learning Platform «4D Virtual Farm». Journal of Veterinary Medical Education. 2025;52(1):8–16.
DOI: https://doi.org/10.3138/jvme-2023-0023

5. Mauki D. H., Adeola A. C., Ng'ang'a S. I., Tijjani A., Akanbi I. M., Sanke O. J. et al. Genetic variation of Nigerian cattle inferred from maternal and paternal genetic markers. PeerJ. 2021;9:e10607.
DOI: https://doi.org/10.7717/peerj.10607

6. Ginja C., Gama L. T., Cortés O., Burriel I. M., Vega-Pla J. L., Penedo C. et al. Author Correction: The genetic ancestry of American Creole cattle inferred from uniparental and autosomal genetic markers. Scientific Reports. 2020;10(1):1-2. DOI: https://doi.org/10.1038/s41598-020-73066-4

7. Joshi P., Vyas P., Mehta S. C. Genetic Characterization and Diversity Study of Indigenous Cattle Breeds Through Microsatellite Markers. The Indian Veterinary Journal. 2024;101(10):43–48. DOI: https://doi.org/10.62757/IVA.2024.101.10.43-48

8. Zhang H., Wang A., Xiao W., Mi S., Hu L., Brito L. F. et al. Genetic parameters and genome-wide association analyses for lifetime productivity in Chinese Holstein cattle. Journal of Dairy Science. 2024;107(11):9638–9655.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.jods.2024.10.001

9. Nakatsuchi A., Matsumoto Y., Aida Y. Influence of BoLA-DRB3 Polymorphism and Bovine Leukemia Virus (BLV) Infection on Dairy Cattle Productivity. Veterinary Sciences. 2023;10(4):250. DOI: https://doi.org/10.3390/vetsci10040250

10. Kovalyuk N. V., Kuzminova E. V., Semenenko M. P., Abramov A. A., Yakusheva L. I. The relationship between snp-polymorphisms of the leptin gene and the development of fatty liver disease in dairy cows. E3S Web of Conferences. 2021;254(11):09019. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202125409019

11. Khaudov A. D., Kurashev Zh. Kh., Slonov T. L., Zhekamukhov M. Kh. Polymorphism of dairy productivity genes GH and DGAT1 in a population of holstein cattle of dutch breeding. *Selskokhozyaystvenny zhurnal*. 2024;(4(17)):160–170. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.48612/FARC/2687-1254/016.4.17.2024

12. Bashchenko M. I., Boiko O. V., Honchar O. F., Sotnichenko Y. M., Lesyk Y. V., Iskra R. Y., Gutyj B. V. Peculiarities of growth and further productivity of purebred and crossbred cows. Regulatory Mechanisms in Biosystems. 2023;14(1):118–124. DOI: https://doi.org/10.15421/022318

13. Gorelik A. S., Gorelik O. V., Rebezov M. B., Kharlap S. Yu. Dynamics of milk productivity of holstein cows depending on age in lactations. *Vestnik Oshskogo gosudarstvennogo universiteta. Selskoye khozyaystvo: agronomiya, veterinariya i zootekhniya* = Journal of Osh State University. Agriculture: agronomy, veterinary and zootechnics. 2025;(1(10)):146–157. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.52754/16948696_2025_1(10)_20

14. Gadzhiev Z. K., Surzhikova E. S., Evlagina D. D., Kovaleva G. P., Lapina M. N. Evaluation of first-calf cows of the black-and-white breed using DNA markers associated with economically useful traits. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Proceedings of Gorsky State Agrarian University. 2024;61-3:29–36. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.54258/20701047_2024_61_3_29

15. Mikhaliuk A., Tanana L., Kuzmina T. Association of the complex of polymorphic variants of the DGAT1, GH, PRL and BLG, genes with dairy productivity indicators of holstein dairy cattle cows of domestic selection. *Genetika i razvedeniye zhivotnikh* = Genetics and breeding of animals. 2023;(1):74–83. (In Russ.).
DOI: https://doi.org/10.31043/2410-2733-2023-1-74-83

16. Shchegolev P. O., Sabetova K. D., Chaitsky A. A., Dudikhin A. S. Association of the growth hormone gene with the productive traits of cattle (review). *Vestnik APK Verkhnevolzhya* = Bulletin of the AIC of the Upper Volga. 2023;(2(62)):61–72. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.35694/YARCX.2023.62.2.010

17. Sabetova K. D., Lemyakin A. D., Chaitsky A. A., Shchegolev P. O., Badanina L. S., Metlyaev N. Yu., Dudikhin A. S., Kochueva N. A. The role of lepr 25c polymorphism in the predisposition of cows to ketosis. *Mezhdunarodny vestnik veterinarii* = International Bulletin of Veterinary Medicine. 2024;(1):415–426. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2024.1.415

18. Kozhevnikova I. S., Khudyakova N. A., Kalmikova M. S., Kashin A. S. Associating leptin gene polymorphism (site R25C) with economically useful traits. *Vestnik rossiyskoy selskokhozyaystvennoy nauki* = Vestnik of the Russian agricultural science. 2025;(1):59–62. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.31857/S2500208225010138

19. Khudyakova N.A., Kozhevnikova I.S., Stupina A.O., Klassen I.A., Kashin A.S. Dynamics of the development of live weight in cows of the Kholmogory breed according to the polymorphism of the leptin gene. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2025;26(1):158–165. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.1.158-165

20. Kharchenko A. V., Feyzullayev F. R. Polymorphism of the leptin gene in holstein cows. *Veterinariya, zootekhniya i biotekhnologiya* = Veterinary Medicine, Zootechnics and Biotechnology. 2024;(8):126–130. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202408014

21. Paramonova M. A., Valitov F. R., Ganieva I. N., Kononenko T. V. Association of leptin gene polymorphism with economically beneficial features of black and white cattle. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Izvestia Orenburg State Agrarian University**.** 2023;(1(99)):277–283. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-99-1-277-283

22. Rusakova E. A., Kosyan D. B. Relationship of LEP/A80V gene polymorphism with hematological parameters and characteristic of nonspecific immunity of cattle. *Byulleten Orenburgskogo nauchnogo tsentra UrO RAN*. 2019;(4):4. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=42503537

23. Dubovskova M. P., Surzhikova E. S., Evlagina D. D. Polymorphism characteristics of GH, TG5, LEP genes in cattle of the hereford breed. *Selskokhozyaystvenny zhurnal*. 2024;(4(17)):36–44. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.48612/FARC/2687-1254/004.4.17.2024

Вклад авторов: Ярышкин А. А., Шаталина О. С.– концепция и план исследования, анализ данных, подготовка рукописи; Зырянова А. А. –подготовка рукописи.

Сведения об авторах

✉ **Ярышкин Андрей Александрович**, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Белинского, д. 112а, г. Екатеринбург, Российская Федерация, 620142, e-mail: info@urfanic.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0000-0002-9215-5952,** e-mail: x2580x@yandex.ru

Шаталина Ольга Сергеевна, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Белинского д. 112а, г. Екатеринбург, Российская Федерация, 620142, e-mail: info@urfanic.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0000-0002-9796-7677**

Зырянова Анастасия Андреевна, младший научный сотрудник, ФГБНУ «Уральский федеральный аграрный научно-исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук», ул. Белинского, д. 112а, г. Екатеринбург, Российская Федерация, 620142, e-mail: info@urfanic.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0009-0008-1435-8210**

Author contributions: Yaryshkin A. A., Shatalina O. S. – research concept and plan, data analysis, manuscript preparation; Zyryanova A. A. – manuscript preparation.

Information about the authors

✉ **Andrey A. Yaryshkin**, PhD in Biology, Senior Researcher, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 112a Belinsky str., Ekaterinburg, Russian Federation, 620142, e-mail: info@urfanic.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0000-0002-9215-5952,** e-mail: x2580x@yandex.ru

Olga S. Shatalina, PhD in Biology, Senior Researcher, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 112a Belinsky str., Ekaterinburg, Russian Federation, 620142, e-mail: info@urfanic.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0000-0002-9796-7677**

Anastasia A. Zyryanova, Junior Researcher, Ural Federal Agrarian Scientific Research Centre, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 112a Belinsky str., Ekaterinburg, Russian Federation, 620142, e-mail: info@urfanic.ru, **ORCID**: **https://orcid.org/0009-0008-1435-8210**

✉ – Для контактов / Corresponding author

ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА/VETERINARY MEDICINE

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.691–700
УДК 619:615.4/636.2.034

(cc) BY

Эффективность препарата флавобетин в профилактике патологий родов и послеродового периода у коров в период теплового стресса

© 2026. Е. В. Кузьминова✉, М. П. Семененко, В. А. Наталенко
ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии», г. Краснодар, Российская Федерация

В статье приведены результаты исследований по оценке эффективности препарата флавобетин в профилактике патологий родов и послеродового периода у коров в период теплового стресса. Клинические испытания нового ветеринарного препарата реализованы в период влияния на сельскохозяйственных животных высокотемпературных атмосферных факторов, которые обуславливают развитие теплового стресса. Для исследований в июне 2024 г. из коров, находящихся в начальном периоде сухостоя, сформировали пять групп по 10 особей в каждой (четыре опытных и одна контрольная). Поголовью первых трех опытных групп разными курсами (в течение 30, 45 и 60 дней) вплоть до отёла применяли препарат флавобетин – один раз в сутки в дозе 50 г на голову. Четвертая опытная группа получала препарат сравнения – бетаин, пятая группа служила контролем. В экспериментальный период ежедневно клинически обследовали поголовье, а через неделю после отёла у 5 коров из каждой группы отбирали кровь для лабораторных исследований. Расчёт температурно-влажностного индекса показал, что в летний период крупный рогатый скот практически постоянно испытывает тепловой стресс – от малой до умеренной степени. Курсовое использование препарата флавобетин коровам в период воздействия высоких температур окружающей среды позволяет снизить клинические проявления теплового стресса и положительно влияет на показатели крови, что проявляется снижением концентрации кортизола на 11,54–25,11 % при повышении содержания прогестерона на 6,85–15,06 %. У опытных коров относительно контроля также зарегистрировано уменьшение в крови маркеров эндогенной интоксикации. Проведенными клиническими испытаниями продемонстрирована высокая профилактическая эффективность препарата флавобетин при патологиях родов и послеродового периода у коров, подтвержденная снижением количества мертворожденных телят и кетозов – на 10 %, задержаний последа, послеродовых эндометритов и субинволюции матки – на 10–30 %.

Ключевые слова: *крупный рогатый скот, молочное скотоводство, репродуктивное здоровье, роды, послеродовой период*

Благодарности: работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в соответствии с Государственными планами научных исследований ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии» (тема № 0497-2022-0005).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Кузьминова Е. В., Семененко М. П., Наталенко В. А. Эффективность препарата флавобетин в профилактике патологий родов и послеродового периода у коров в период теплового стресса. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):691–700. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.691-700

Поступила в редакцию: 08.08.2025
Поступила после рецензирования: 08.10.2025
Принята к публикации: 15.06.2026
Опубликована онлайн: 30.06.2026

Effectiveness of flavobetin preparation in the prevention of labor and postpartum pathologies in cows under heat stress

© 2026. Elena V. Kuzminova✉, Marina P. Semenenko, Valentin A. Natalenko
Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine, Krasnodar, Russian Federation

The article presents the results of studies on evaluation of the effectiveness of the flavobetin drug in the prevention of pathologies of labor and postpartum period in cows under heat stress. Clinical trials of the new veterinary drug were carried out during the period of influence of high-temperature atmospheric factors on farm animals, which caused the development of heat stress. For the studies in June 2024, five groups of 10 individuals each (four experimental and one control) were formed from cows in the initial dry period. The livestock of the first three experimental groups was given flavobetin in different courses (during thirty, forty-five and sixty days) up to calving – once a day at a dose of 50 grams per cow. The fourth experimental

group received the comparison drug – betaine, and the herd of the 5th group served as a control. During the experimental period, the herd was clinically examined daily, and one week after calving the blood was taken for laboratory tests from 5 cows in each group. Calculation of the temperature-humidity index has shown that in the summer period, cattle almost constantly experience heat stress – from low to moderate. A course of flavobetin drug use in cows during the period of exposure to high ambient temperature makes it possible to reduce the clinical manifestations of heat stress and has a positive effect on blood parameters, which is manifested by a decrease in the concentration of cortisol by 11.54–25.11 % with an increase in the progesterone content by 6.85–15.06 %. In the experimental cows, relative to the control, a decrease in the markers of endogenous intoxication in the blood was also registered. Conducted clinical trials have demonstrated the high prophylactic efficiency of the drug flavobetin in pathologies of labor and postpartum period in cows, confirmed by a reduction in the number of stillborn calves and ketosis by 10 %, retention of placenta, postpartum endometritis and subinvolution of the uterus by 10–30 %.

Keywords: *cattle, dairy cattle breeding, reproductive health, labor, postnatal period*

Acknowledgments: the research was carried out under the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation in accordance with the State Research Plans of the Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine (topic No. 0497-2022-0005).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of interest: the authors declared no conflict of interest.

For citation: Kuzminova E. V., Semenenko M. P., Natalenko V. A. Effectiveness of flavobetin preparation in the prevention of labor and postpartum pathologies in cows under heat stress. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):691–700. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.691-700

Received: 08.08.2025 Accepted for publication: 15.06.2026
Revised: 08.10.2025 Published online: 30.06.2026

В условиях глобального потепления, которое особенно заметно в последние десятилетия, наблюдается интенсификация и учащение климатических экстремальных явлений планетарного масштаба. В опубликованном Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды «Докладе об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год»[1] указано, что среднегодовые температуры воздуха на территории России были выше нормы: по стране – на 1,21 °С; в европейской части России – на 1,36 °С; в азиатской – на 1,16 °С. Начавшееся в середине прошлого столетия глобальное потепление продолжает оказывать влияние на всю территорию России в течение всего года и всех сезонов. Скорость роста осредненной по России температуры за период 1976–2023 гг. составила 0,50 °С за 10 лет. Наиболее быстрый рост наблюдается весной (0,63 °С за 10 лет), но на фоне межгодовых колебаний тренд больше всего выделяется летом (0,41 °С за 10 лет). Максимум летнего потепления отмечается на юге европейской части России (0,73 °С за 10 лет для Южного федерального округа) [1].

Температура окружающей среды, превышающая зону оптимального температурного диапазона для конкретного вида животных (особенно при увеличенной или сниженной влажности), негативно влияет на организм и провоцирует развитие теплового стресса (ТС), который у крупного рогатого скота обуславливает снижение резистентности, воспроизводства и продуктивности. Негативное влияние ТС на репродуктивную систему животных во многом связано со снижением функциональной активности щитовидной железы, аденогипофиза, яичников, матки и фетоплацентарной системы. ТС на поздних сроках гестации у коров замедляет инволюцию молочных желез и ухудшает пролиферацию клеток по мере приближения отёла. Более того, у самок крупного рогатого скота, подвергшихся предродовому ТС, наблюдается снижение мобилизации жировой ткани и более низкая степень инсулинорезистентности в начале лактации. Предродовое тепловое воздействие на животных подавляет иммунную функцию и приводит к нарушению структуры белков и липидов в организме [2, 3, 4, 5].

С учетом вышеизложенного, разработка тактики медикаментозного воздействия, направленного на увеличение адаптационных возможностей организма животных к влиянию высоких температур окружающей среды, является актуальным направлением ветеринарной фармакологии. Научные исследования в этой области имеют значительные перспективы в решении задач по сокращению случаев заболеваемости коров акушерско-гинекологическими патологиями, особенно при влиянии на скот высокотемпературных атмосферных факторов [6, 7].

[1]Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2024 год. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). М., 2025. 136 с.
URL: https://cc.voeikovmgo.ru/images/sobytiya/2025/04/Doklad_o_klimate_RF_2024_with_cover.pdf

В отделе фармакологии Краснодарского научно-исследовательского ветеринарного института для борьбы с тепловым стрессом у сельскохозяйственных животных проведена технолого-фармацевтическая разработка ветеринарного препарата флавобетин и реализован комплекс его доклинических исследований [8].

Цель работы – в рамках клинических испытаний препарата флавобетин оценить его эффективность в профилактике патологий родов и послеродового периода у коров в период теплового стресса.

Научная новизна – впервые была проведена клиническая и лабораторная оценка эффективности применения коровам в заключительный период стельности препарата флавобетин в качестве средства профилактики акушерско-гинекологических заболеваний при воздействии высокотемпературных атмосферных факторов.

Материал и методы. В рамках данного исследования объектом изучения выступал ветеринарный препарат флавобетин, фармакологические свойства которого определяются его компонентным составом, представленным незаменимой аминокислотой таурином, триметильным производным глицина и наземной частью растения *Agrimonia eupatoria* L.

Этап клинических испытаний ветеринарного препарата флавобетин реализован в течение двух летних месяцев 2024 г. (июнь и июль) на территории молочно-товарной фермы животноводческого хозяйства, расположенного в Красноармейском районе Краснодарского края. В эксперименте использована выборка голштинизированных коров, характеризующихся средним годовым удоем 9000 кг молока по данным предыдущей лактации.

Параметры окружающей среды, которые могут привести к тепловому стрессу, оценивали с помощью температурно-влажностного индекса (ТВИ). Этот показатель учитывает температуру, относительную влажность воздуха и рассчитывается по специализированной формуле:

$$ТВИ = 0{,}8 \times T + (\varphi/100 \times (T - 14{,}4)) + 46{,}4,$$

где T – температура воздуха, °С;
φ – относительная влажность воздуха, %.

Если ТВИ меньше 68, условия для крупного рогатого скота комфортны, при ТВИ от 68 до 71 – наблюдается незначительный тепловой стресс, от 72 до 79 – средний, от 80 до 89 – сильный, а свыше 90 – очень сильный. При превышении отметки 100 возможен летальный исход.

Для проведения фазы клинических испытаний нового ветеринарного препарата флавобетин в начале летнего периода из коров, находящихся в начальной стадии сухостоя, было сформировано пять групп по десять животных в каждой. Группы с первой по четвертую – опытные, предназначались для оценки курсового применения фармакологических средств, пятая группа – контрольная. Рандомизация коров в группы осуществлялась на основе тщательного анализа их возрастных характеристик, физиологического состояния и результатов предварительного клинического обследования. Данный подход позволил минимизировать систематические ошибки и обеспечить репрезентативность выборки, что является критически важным для получения достоверных результатов исследования.

Животным первой, второй и третьей опытных групп в течение различных временных интервалов (30, 45 и 60 дней соответственно) до момента отела применяли препарат флавобетин в дозировке 50 г на голову в сутки. Коровы четвертой группы получали препарат сравнения, который представляет собой триметильное производное глицина, известного как бетаин, в дозировке согласно инструкции для применения – 25 г на голову ежедневно в течение двух месяцев. Пятая группа служила контролем и препаратов не получала. В опытных группах препараты вводили ежедневно во время утреннего кормления, насыпая их поверх кормовой смеси, с обязательным контролем поедания.

В течение эксперимента осуществляли ежедневное клиническое обследование поголовья, участвующего в научном исследовании. Через семь суток после отела у пяти коров из каждой группы производили забор крови для последующего лабораторного анализа.

Образцы крови брали из яремной вены коров системами для вакуумного забора крови в утренние часы перед кормлением. Концентрацию кетоновых тел в крови скота определяли с помощью кетометра *Centrivet*. Далее пробы отправляли в отдел фармакологии Краснодарского научно-исследовательского ветеринарного института, где в лаборатории биохимических исследований в сыворотке крови коров проводили оценку концентрации стероидных гормонов (кортизола и прогестерона). Гормоны определяли методом иммуноферментного анализа с использованием планшетного спектрофотометра «Униплан» (Пикон, Россия) и коммерческих наборов реагентов фирмы

«Алкор Био» (кортизол) и «НВО Иммунотех» (прогестерон).

Степень эндогенной интоксикации в организме коров оценивали с помощью определения в сыворотке крови уровня молекул средней массы на длине волны λ 254 нм (МСМ 254), который определяется как показатель оптической плотности центрифугата, полученного после осаждения белковых компонентов плазмы 10%-м раствором трихлоруксусной кислоты (ТХУ). Для измерения оптической плотности в ультрафиолетовой области спектра применен спектрофотометрический метод.

Клиническую диагностику акушерско-гинекологических патологий у коров проводили на основании критериев, представленных в «Методических рекомендациях по диагностике, терапии и групповой профилактике болезней органов размножения крупного рогатого скота»[2], при этом учитывали следующие патологии – патологические роды, задержание последа, послеродовой эндометрит и субинволюция матки. Оценку течения инволюционных процессов в репродуктивной системе коров осуществляли путем регистрации количества и характера выделений из половых путей, что позволяло объективно оценить динамику восстановления организма после родов. Также учитывали заболеваемость коров такой распространенной метаболической патологией послеотельного периода, как кетоз.

Обработку полученных цифровых данных проводили с помощью статистического программного пакета STADIA. В частности, вычисляли среднее арифметическое значение (M) и стандартную ошибку среднего (m), которые представлены в формате M±m. Различия между опытными и контрольной группами оценивали с использованием критерия Стьюдента и считали их достоверными при уровне значимости $p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$.

Результаты и их обсуждение. В рамках проведенного мониторинга микроклиматических параметров на территории молочно-товарной фермы экспериментального хозяйства, расположенного в Краснодарском крае, за летний период 2024 г. были зарегистрированы суточные колебания температуры и относительной влажности воздуха. На основе полученных данных, с применением специализированной формулы, был рассчитан температурно-влажностный индекс, позволяющий объективно оценить комфортность условий окружающей среды для крупного рогатого скота (табл. 1).

Таблица 1 – **Температурно-влажностный индекс (ТВИ) в июне и июле 2024 г. (по экспериментальному хозяйству Красноармейского района Краснодарского края) /**
Table 1 – **Temperature and humidity index (THI) in June and July 2024 (Krasnoarmeysky district of Krasnodar region)**

Дата / Date	*ТВИ / THI*	*Дата / Date*	*ТВИ / THI*	*Дата / Date*	*ТВИ / THI*	*Дата / Date*	*ТВИ / THI*
01.06.24	67,1	16.06.24	71,8	01.07.24	67,1	16.07.24	71,8
02.06.24	68,5	17.06.24	70,8	02.07.24	68,5	17.07.24	70,8
03.06.24	69,0	18.06.24	71,9	03.07.24	69,0	18.07.24	71,9
04.06.24	70,5	19.06.24	73,4	04.07.24	80,5	19.07.24	73,4
05.06.24	72,5	20.06.24	73,3	05.07.24	82,5	20.07.24	73,3
06.06.24	71,7	21.06.24	69,6	06.07.24	81,7	21.07.24	69,6
07.06.24	73,2	22.06.24	68,9	07.07.24	73,2	22.07.24	68,9
08.06.24	70,3	23.06.24	70,1	08.07.24	70,3	23.07.24	80,1
09.06.24	69,3	24.06.24	72,4	09.07.24	69,3	24.07.24	82,4
10.06.24	69,5	25.06.24	72,2	10.07.24	87,6	25.07.24	82,2
11.06.24	70,7	26.06.24	67,4	11.07.24	80,7	26.07.24	67,4
12.06.24	74,1	27.06.24	68,9	12.07.24	84,0	27.07.24	68,9
13.06.24	86,0	28.06.24	67,9	13.07.24	76,0	28.07.24	67,9
14.06.24	80,4	29.06.24	69,1	14.07.24	70,4	29.07.24	69,1
15.06.24	83,5	30.06.24	70,8	15.07.24	73,5	30.07.24	70,8

[2]Черемисинов Г. А., Нежданов А. Г., Турков В. Г., Карамышев В. А., Мисайлов В. Д., Дошукаева К. Г. и др. Методические рекомендации по диагностике, терапии и групповой профилактике болезней органов размножения крупного рогатого скота. Смоленск: Смоленский ГУ, 1998. 47 с.

Анализ полученных данных свидетельствует о том, что крупный рогатый скот, содержащийся на ферме в умеренно-жарком климатическом поясе, в летний период подвержен тепловому стрессу различной степени выраженности. Из двух оцениваемых по ТВИ месяцев только шесть дней соответствовало комфортным условиям для крупного рогатого скота, тогда как в течение 25 дней показатели ТВИ регистрировали в диапазоне от 68 до 71, что свидетельствует о незначительном тепловом стрессе у животных. В течение 11 дней ТВИ находился в диапазоне от 72 до 79 – это соответствует средней степени теплового стресса у животных. В ходе исследуемого временного интервала было зарегистрировано четыре эпизода аномальной жары, каждый из которых характеризовался устойчивым повышением температуры воздуха на протяжении нескольких дней подряд. Первый эпизод аномальной жары зафиксирован в июне, остальные три – в июле. В период этих эпизодов температура воздуха в дневное время достигала значений выше 40 °С, что свидетельствует о значительной тепловой нагрузке на животных. Расчетный показатель температурно-влажностного индекса, превышающий 80, указывает на высокий уровень теплового стресса у коров.

В период волн жары высокий ТС у коров имел выраженные клинические проявления – угнетение, повышение частоты сердечных и дыхательных движений, саливация, жажда, снижение аппетита, нарушение жвачки и руминации, в ряде случаев – повышение температуры тела. Применение флавобетина позволило снизить клиническое проявление ТС, поскольку в опытных группах симптомы выявлялись примерно у трети животных, при использовании бетаина гидрохлорида – у половины группы, а у интактных коров – 60 % поголовья.

Стресс оказывает значительное влияние на гормональный фон организма. Глюкокортикоиды, из которых доминирует кортизол, относят к основным маркерам стресса и адаптации. В периоды ТС активируется гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковая система (для поддержания гомеостаза в ответ на стрессовые воздействия), повышается уровень кортизола, что негативно отражается на воспроизводительной способности молочного скота[3]. Кортизол угнетает иммунный ответ, и организм животных становится более уязвимым к инфекционным заболеваниям, что снижает их продуктивность и общее состояние здоровья [9, 10, 11]. После родов у самок крупного рогатого скота следует постнатальный период, характеризующийся рядом физиологических и биохимических изменений, направленных на восстановление репродуктивной системы и адаптацию к новым условиям. При окончании послеродового периода происходит усиленная выработка кортизола, что обусловлено напряжением обменных реакций в организме при увеличении секреции молока [12, 13]. В научной литературе представлены данные, свидетельствующие о том, что гипоэстрогения, возникающая как в процессе родов, так и в послеродовом периоде у млекопитающих, является ключевым фактором, обусловливающим снижение тонуса миометрия и нарушение ретракционных и инволюционных механизмов матки. Эти патофизиологические процессы существенно модифицируют нормальное течение родового акта, что может привести к развитию серьезных осложнений, таких как задержка последа и субинволюция матки. Активизация синтеза гормона кортизола также может привести к угнетению секреции прогестерона, что может вызвать преждевременные роды у коров [14, 15].

В рамках проводимых клинических испытаний препарата флавобетин было изучено его влияние на показатели стероидных гормонов крови (кортизол и прогестерон) коров. На рисунке 1 представлены полученные результаты влияния ветеринарного препарата флавобетин на концентрацию кортизола в сыворотке крови коров.

При детальном анализе полученных данных наблюдается значимое снижение уровня кортизола в опытных группах по сравнению с контрольным поголовьем. В первой опытной группе данный показатель снизился на 11,54 %, во второй – на 17,87 % ($p \leq 0,05$), а в третьей – на 25,11 % ($p \leq 0,01$), что свидетельствует о выраженном антистрессовом эффекте применяемого фармакологического средства. Введение в рацион животных четвертой опытной группы бетаина гидрохлорида также продемонстрировало снижение уровня кортизола на 5,43 % по сравнению с интактными животными, однако данная разница не достигла статистической значимости.

[3]Кузьминова Е. В., Рудь Е. Н., Семененко М. П., Черных О. Ю., Осепчук Д. В., Абрамов А. А., Семененко К. А. Фармакокоррекция теплового стресса у молочного скота: методические рекомендации. Краснодар: Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии, 2022. 48 с. DOI: https://doi.org/10.48612/monograph-2022-4

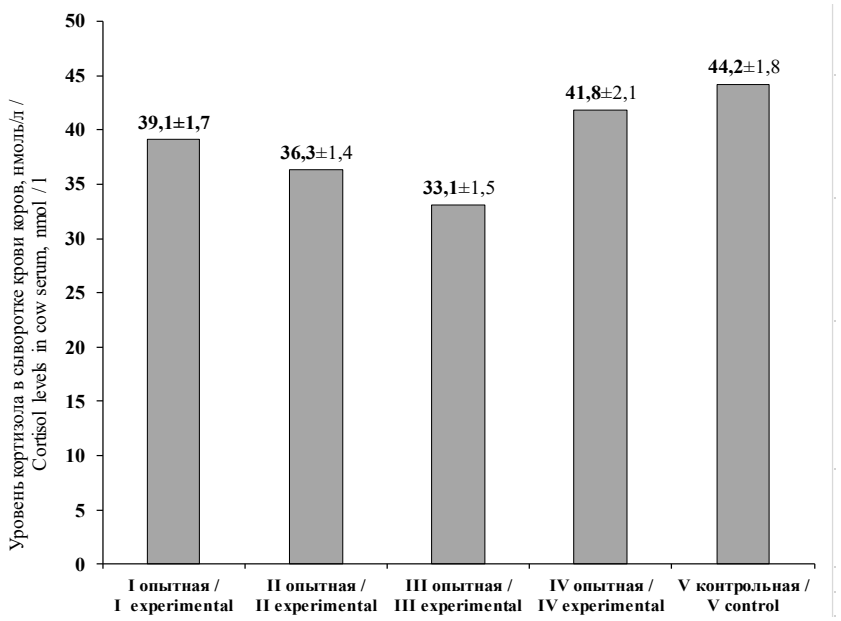

Рис. 1. **Влияние препаратов на уровень кортизола в сыворотке крови коров (M±m, n = 5): I, II, III опытные группы – флавобетин за 30, 45 и 60 дней до отела соответственно; IV опытная группа – бетаин за 60 дней до отела; V контрольная группа – препараты не получала /**

Fig. 1. **Influence of drugs on the serum cortisol level in cows (M±m, n = 5): I, II, III experimental groups – flavobetin 30, 45, and 60 days before calving, respectively; IV experimental group – betaine 60 days before calving; V control group – did not receive drugs**

После курсового применения флавобетина сухостойным коровам концентрация прогестерона в крови опытного поголовья через неделю после отела превышала контрольные значения: в I опытной группе – на 6,85 %; во II опытной – на 15,06 % ($p \leq 0,01$); в III опытной – на 10,95 % ($p \leq 0,05$). Результаты исследований представлены на рисунке 2.

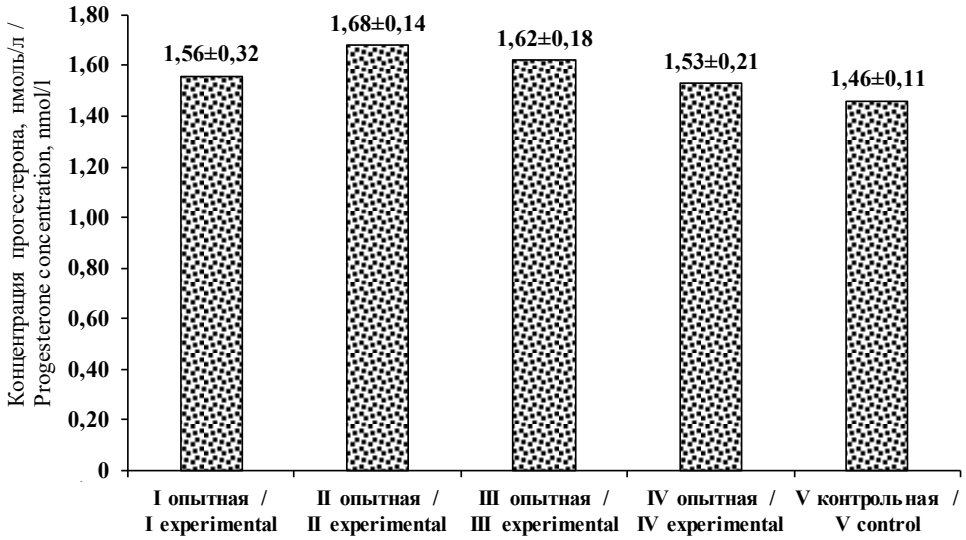

Рис. 2. **Влияние препаратов на концентрацию прогестерона в сыворотке крови коров (M±m, n = 5): I, II, III опытные группы – флавобетин за 30, 45 и 60 дней до отела соответственно; IV опытная группа – бетаин за 60 дней до отела; V контрольная группа – препараты не получала /**

Fig. 2. **Influence of drugs on the serum progesterone level in cows (M±m, n = 5): I, II, III experimental groups – flavobetin 30, 45, and 60 days before calving, respectively; IV experimental group – betaine 60 days before calving; V control group – did not receive drugs**

Синдром эндогенной интоксикации развивается при разнообразных патологических состояниях, связанных с блокадой детоксикационных систем организма. Из лабораторных маркеров эндотоксикоза к наиболее объективным и распространенным относят уровень

среднемолекулярных пептидов или молекул средней массы – класс различных по химической структуре эндогенных компонентов с молекулярной массой от 300 до 5000 Дальтон. Определяемые при λ 254 нм среднемолекулярные пептиды относятся к токсической фракции, которая состоит из гидрофобных токсинов и продуктов неполного распада белков. Возрастание МСМ 254 свидетельствует об активации катаболических процессов в организме, поэтому измерение данной фракции дает более полную картину токсической нагрузки на организм и оптимально подходит для скрининговых исследований [16, 17].

Выявлено, что разработанный ветеринарный препарат обладает выраженным фармакологическим действием, уменьшающим степень эндогенной интоксикации в организме коров (рис. 3).

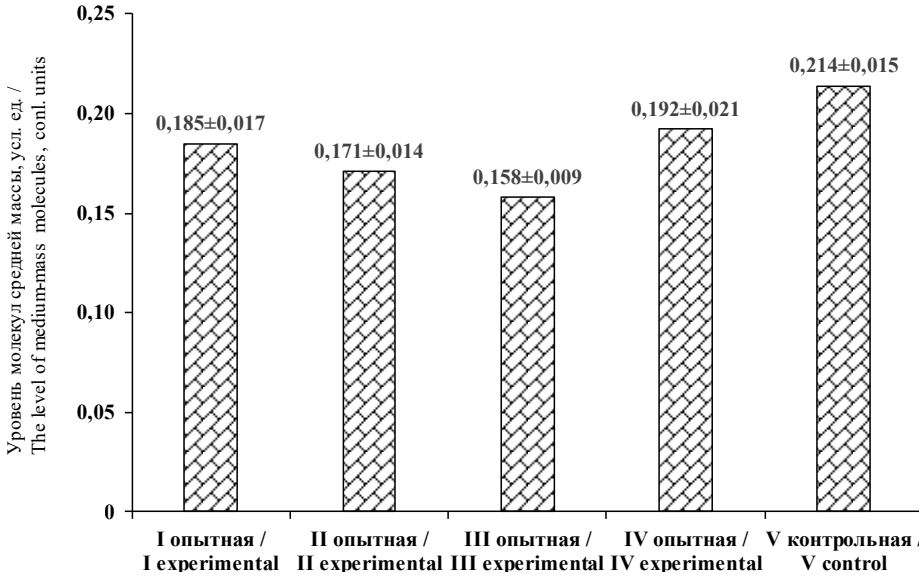

Рис. 3. **Влияние препаратов на уровень молекул средней массы 254 в сыворотке крови коров (M±m, n = 5): I, II, III опытные группы – флавобетин за 30, 45 и 60 дней до отела соответственно; IV опытная группа – бетаин за 60 дней до отела; V контрольная группа – препараты не получала /**

Fig. 3. **Influence of drugs on medium mass 254 molecule level in blood serum of cows (M±m, n = 5): I, II, III experimental groups – flavobetin 30, 45, and 60 days before calving, respectively; IV experimental group – betaine 60 days before calving; V control group – did not receive drugs**

Об этом свидетельствуют более низкие значения токсической фракции среднемолекулярных пептидов в крови опытных животных относительно контрольной группы: в I опытной – на 13,55 %; во II опытной – на 20,01 % ($p \leq 0,01$); в III опытной – на 26,17 % ($p \leq 0,05$). У коров, которым применяли бетаина гидрохлорид, снижение МСМ 254 составило 10,28 %.

Клинический мониторинг показал, что при ТС в экспериментальный период у опытного и контрольного поголовья абортов и выбытия коров не происходило. В группах, получавших ветеринарный препарат флавобетин, родовой акт протекал физиологично, а все новорожденные телята были живы. В июле месяце, в период интенсивной волны жары, у одной коровы из контрольной группы диагностированы патологические роды и рождение мертвого теленка.

Проведенными клиническими испытаниями продемонстрирован значительный профилактический эффект препарата флавобетин при акушерско-гинекологических патологиях у коров, что подтверждается снижением количества диагностированных случаев заболеваемости животных (табл. 2).

Из данных таблицы 2 видно, что в сравнении с контрольными коровами у опытного поголовья выявлено меньше следующих заболеваний: у животных I опытной группы отсутствовали случаи мертворождения, а количество задержаний последа, кетозов и субинволюции матки снизилось на 10 %, послеродовых эндометритов – на 20 %.

Во II опытной группе не зарегистрировано ни одного случая мертворождения, при этом частота задержания последа и субинволюции матки снизилась на 20 %, уровень кетозов уменьшился на 10 %, а частота послеродовых эндометритов сократилась на 30 %.

В III опытной группе также не зафиксировано ни одного мертворожденного теленка,

а частота задержания последа, послеродовых эндометритов и субинволюции матки уменьшилась на 30 %, уровень кетозов снизился на 10 %.

Применение бетаина гидрохлорида позволило уменьшить частоту задержания последа и субинволюции матки на 10 %.

Таблица 2 – **Влияние препаратов на профилактику патологий родов и послеродового периода у коров в период теплового стресса, % (n = 10) /**
Table 2 – **Influence of drugs on the prevention of pathologies of labor and postpartum period in cows under heat stress, % (n = 10)**

Выявленные патологии / Identified pathologies	*Группа животных / Group of animals*				
	I опытная / I experimental	*II опытная / II experimental*	*III опытная / III experimental*	*IV опытная / IV experimental*	*V контрольная / V control*
Мертворожденные телята / Stillborn calves	-	-	-	-	10
Задержание последа / Retention of placenta	30	20	10	40	40
Послеродовой эндометрит / Postpartum endometritis	30	20	20	40	50
Субинволюция матки / Subinvolution of the uterus	30	20	10	30	40
Кетоз / Ketosis	20	20	20	30	30

Примечание: I, II, III опытные группы – флавобетин за 30, 45 и 60 дней до отела соответственно; IV опытная группа – бетаин за 60 дней до отела; V контрольная группа – препараты не получала /
Notes: I, II, III experimental groups – flavobetin 30, 45, and 60 days before calving, respectively; IV experimental group – betaine 60 days before calving; V control group – did not receive drugs

Заключение. Таким образом, в сфере агропромышленного комплекса Краснодарского края тепловой стресс представляет собой одну из наиболее значимых проблем, которая существенно влияет на молочное скотоводство. Расчётными значениями температурно-влажностного индекса для крупного рогатого скота за два летних месяца 2024 г. по экспериментальному животноводческому хозяйству установлено, что в этот период поголовье испытывает тепловой стресс – от малой степени выраженности до умеренной. Применение коровам нового ветеринарного препарата флавобетин в период воздействия высокотемпературных атмосферных факторов позволяет снизить клинические проявления теплового стресса. Флавобетин оказывает положительное влияние на показатели крови коров в ранний послеотельный период, что проявляется снижением в крови концентрации кортизола при улучшении показателей прогестерона, а также уменьшением маркеров эндогенной интоксикации.

Проведенными клиническими испытаниями продемонстрирована высокая профилактическая эффективность препарата флавобетин при патологиях родов и послеродового периода у коров, подтвержденная снижением количества мертворожденных телят и кетозов – на 10 %, задержаний последа, послеродовых эндометритов и субинволюции матки – на 10–30 %. Экспериментально установлено, что для профилактики патологий родов и послеродового периода, снижения отрицательного влияния теплового стресса на организм крупного рогатого скота препарат флавобетин рекомендуется применять коровам в период сухостоя курсом 45–60 дней из расчета 50 г на голову в день.

Список литературы

1. Кислов А. В., Суркова Г. В. Влияние глобального потепления на климатические ресурсы России. Экономика. Налоги. Право. 2021;14(4):6–14. DOI: https://doi.org/10.26794/1999-849X-2021-14-4-6-14 EDN: SMXUOP

2. Gujar G., Tiwari M., Yadav N., Monika D. Heat stress adaptation in cows – Physiological responses and underlying molecular mechanisms. Journal of Thermal Biology. 2023;118:103740.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103740

3. Ковалева Г. П., Лапина М. Н., Сулыга Н. В. Влияние теплового стресса на воспроизводительную способность молочных коров и способ ее коррекции. Сельскохозяйственный журнал. 2022;(2(15)):58–65.
DOI: https://doi.org/10.25930/2687-1254/007.2.15.2022 EDN: BECEPP

4. Кузьминова Е. В., Семененко М. П., Абрамов А. А., Рудь Н. А., Рудь Е. Н. Проблема теплового стресса в молочном животноводстве. Ветеринария Кубани. 2020;(3):10–11. DOI: https://doi.org/10.33861/2071-8020-2020-3-10-11 EDN: CUFDOP

5. Menta P. R., Machado V. S., Piñeiro J. M. Thatcher W. W., Santos J. E. P., Vieira-Neto A. Heat stress during the transition period is associated with impaired production, reproduction, and survival in dairy cows. Journal of Dairy Science. 2022;105(5):4474–4489. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2021-21185

6. Stingelin L. A., Schell C. E., Palmeira M., Araujo G. M., Casas B. A. D., Moreira F. et al. Metabolic and productive parameters of lactating dairy cows under heat stress conditions supplemented with plant polyphenol extract. Tropical Animal Health and Production. 2024;56(5):176. DOI: https://doi.org/10.1007/s11250-024-04031-w

7. Nair M. R. R., Frady K., Yu Z., Cantet J. M., Hasan M. S., Ríus A. G. Resveratrol supplementation improves productivity and health in heat-stressed lactating Holstein cows. Journal of Dairy Science. 2025;108(6):6400–6411. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2024-25988

8. Наталенко В. А., Кузьминова Е. В., Кощаев А. Г. Семененко М. П., Долгов Е. П. Клинические испытания препарата флавобетин при тепловом стрессе крупного рогатого скота. Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024;(114):366–373. DOI: https://doi.org/10.21515/1999-1703-114-366-373 EDN: WNDNBA

9. Гусакова Е. А., Городецкая И. В. Значение глюкокортикоидов в организации стресс-реакции организма. Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2020;19(1):24–35. DOI: https://doi.org/10.22263/2312-4156.2020.1.24 EDN: NFBUSZ

10. Dovolou E., Giannoulis T., Nanas I., Amiridis G. S. Heat Stress: A Serious Disruptor of the Reproductive Physiology of Dairy Cows. Animals (Basel). 2023;13(11):1846. DOI: https://doi.org/10.3390/ani13111846

11. Casarotto L. T., Jones H. N., Chavatte-Palmer P., Laporta J., Peñagaricano F., Ouellet V. et al. Late-gestation heat stress alters placental structure and function in multiparous dairy cows. Journal of Dairy Science. 2025;108(1):1125–1137. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2024-25529

12. Almoosavi S. M. M. S., Ghoorchi T., Naserian A. A., Ramezanpor S. S., Ghaffari M. H. Long-term impacts of late-gestation maternal heat stress on growth performance, blood hormones and metabolites of newborn calves independent of maternal reduced feed intake. Domestic Animal Endocrinology. 2020;72:106433. DOI: https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2019.106433

13. Dado-Senn B., Laporta J., Dahl G. E. Carry over effects of late-gestational heat stress on dairy cattle progeny. Theriogenology. 2020;154:17–23. DOI: https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.012

14. McBride M. L., Burdick Sanchez N. C., Carroll J. A., Chapman J. D., McLean D. J., Kattesh H. G. et al. Response to adrenocorticotropic hormone or corticotrophin-releasing hormone and vasopressin in lactating cows fed an immunomodulatory supplement under thermoneutral or acute heat stress conditions. Journal of Dairy Science. 2020;103(7):6612–6626. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2019-17548

15. Guadagnin A. R., Peñagaricano F., Dahl G. E., Laporta J. Programming effects of intrauterine hyperthermia on adrenal gland development. Journal of Dairy Science. 2024;107(8):6308–6321. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2023-24606

16. Сафонов В. А., Алхамед М., Черницкий А. Е. Влияние эндогенной интоксикации у беременных коров на качество молозива и жизнеспособность потомства. Достижения науки и техники АПК. 2021;35(4):50–55. DOI: https://doi.org/10.24411/0235-2451-2021-10408 EDN: JHUOKK

17. Акалаев Р. Н., Стопницкий А. А., Арипходжаева Г. З., Саидова М. К. Токсические поражения печени при острых отравлениях и эндогенной интоксикации (обзор литературы). Вестник экстренной медицины. 2020;13(6):95–102. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46162619 EDN: POGNNX

References

1. Kislov A. V., Surkova G. V. The impact of global warming on Russia's climate resources. *Ekonomika. Nalogi. Pravo*. 2021;14(4):6–14. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.26794/1999-849X-2021-14-4-6-14

2. Gujar G., Tiwari M., Yadav N., Monika D. Heat stress adaptation in cows – Physiological responses and underlying molecular mechanisms. Journal of Thermal Biology. 2023;118:103740. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2023.103740

3. Kovaleva G. P., Lapina M. N., Suliga N. V. Effect of heat stress on the reproductive capacity of dairy cows and the method for its improvement. *Selskokhozyaystvenny zhurnal*. 2022;(2(15)):58–65. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.25930/2687-1254/007.2.15.2022

4. Kuzminova E. V., Semenenko M. P., Abramov A. A., Rud N. A., Rud E. N. Heat stress problem in dairy farming. *Veterinariya Kubani*. 2020;(3):10–11. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.33861/2071-8020-2020-3-10-11

5. Menta P. R., Machado V. S., Piñeiro J. M. Thatcher W. W., Santos J. E. P., Vieira-Neto A. Heat stress during the transition period is associated with impaired production, reproduction, and survival in dairy cows. Journal of Dairy Science. 2022;105(5):4474–4489. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2021-21185

6. Stingelin L. A., Schell C. E., Palmeira M., Araujo G. M., Casas B. A. D., Moreira F. et al. Metabolic and productive parameters of lactating dairy cows under heat stress conditions supplemented with plant polyphenol extract. Tropical Animal Health and Production. 2024;56(5):176. DOI: https://doi.org/10.1007/s11250-024-04031-w

7. Nair M. R. R., Frady K., Yu Z., Cantet J. M., Hasan M. S., Ríus A. G. Resveratrol supplementation improves productivity and health in heat-stressed lactating Holstein cows. Journal of Dairy Science. 2025;108(6):6400–6411. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2024-25988

8. Natalenko V. A., Kuzminova E. V., Koshchayev A. G. Semenenko M. P., Dolgov E. P. Clinical trials of the drug flavobetin in heat stress in cattle. *Trudi Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2024;(114):366–373. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21515/1999-1703-114-366-373

9. Gusakova E. A., Gorodetskaya I. V. The importace of glucocorticoids in organizing the body's stress reaction. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* = Vestnik of Vitebsk State Medical University. 2020;19(1):24–35. (In Belarus). DOI: https://doi.org/10.22263/2312-4156.2020.1.24

10. Dovolou E., Giannoulis T., Nanas I., Amiridis G. S. Heat Stress: A Serious Disruptor of the Reproductive Physiology of Dairy Cows. Animals (Basel). 2023;13(11):1846. DOI: https://doi.org/10.3390/ani13111846

11. Casarotto L. T., Jones H. N., Chavatte-Palmer P., Laporta J., Peñagaricano F., Ouellet V. et al. Late-gestation heat stress alters placental structure and function in multiparous dairy cows. Journal of Dairy Science. 2025;108(1):1125–1137. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2024-25529

12. Almoosavi S. M. M. S., Ghoorchi T., Naserian A. A., Ramezanpor S. S., Ghaffari M. H. Long-term impacts of late-gestation maternal heat stress on growth performance, blood hormones and metabolites of newborn calves independent of maternal reduced feed intake. Domestic Animal Endocrinology. 2020;72:106433. DOI: https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2019.106433

13. Dado-Senn B., Laporta J., Dahl G. E. Carry over effects of late-gestational heat stress on dairy cattle progeny. Theriogenology. 2020;154:17–23. DOI: https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.05.012

14. McBride M. L., Burdick Sanchez N. C., Carroll J. A., Chapman J. D., McLean D. J., Kattesh H. G. et al. Response to adrenocorticotropic hormone or corticotrophin-releasing hormone and vasopressin in lactating cows fed an immunomodulatory supplement under thermoneutral or acute heat stress conditions. Journal of Dairy Science. 2020;103(7):6612–6626. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2019-17548

15. Guadagnin A. R., Peñagaricano F., Dahl G. E., Laporta J. Programming effects of intrauterine hyperthermia on adrenal gland development. Journal of Dairy Science. 2024;107(8):6308–6321. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2023-24606

16. Safonov V. A., Alkhamed M., Chernitsky A. E. Influence of endogenous intoxication in pregnant cows on colostrum quality and offspring viability. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2021;35(4):50–55. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24411/0235-2451-2021-10408

17. Akalayev R. N., Stopnitsky A. A., Aripkhodzhayeva G. Z., Saidova M. K. Toxic liver damage in acute poisoning and endogenous intoxication (literature review). *Vestnik ekstrennoy meditsini* = The Bulletin of Emergency Medicine. 2020;13(6):95–102. (In Uzbekistan). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46162619

Вклад авторов: Кузьминова Е. В. – концепция и план исследований, анализ данных, подготовка рукописи; Семененко М. П. – концепция и план исследований, анализ данных; Наталенко В. А. – анализ данных, подготовка рукописи.

Сведения об авторах

✉ **Кузьминова Елена Васильевна,** доктор вет. наук, профессор, главный научный сотрудник отдела фармакологии, ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии», ул. Первомайская, д. 4, г. Краснодар, Российская Федерация, 350055, e-mail: skniig@yandex.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4744-0823,** e-mail: niva1430@mail.ru

Семененко Марина Петровна, доктор вет. наук, профессор, заведующая отделом фармакологии, ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии», ул. Первомайская, д. 4, г. Краснодар, Российская Федерация, 350055, e-mail: skniig@yandex.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8266-5900**

Наталенко Валентин Александрович, кандидат вет. наук, научный сотрудник отдела фармакологии, ФГБНУ «Краснодарский научный центр по зоотехнии и ветеринарии», ул. Первомайская, д. 4, г. Краснодар, Российская Федерация, 350055, e-mail: skniig@yandex.ru, **ORCID: https://orcid.org/0009-0000-5050-6358**

Author contributions: Kuzminova E. V. – research concept and plan, data analysis, manuscript preparation; Semenenko N. P. – research concept and plan, data analysis; Natalenko V. A. – data analysis, manuscript preparation.

Information about the authors

✉ **Elena V. Kuzminova,** DSc in Veterinary Science, professor, chief researcher, the Department of Pharmacology, Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 4 Pervomayskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350055, e-mail: skniig@yandex.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4744-0823,** e-mail: niva1430@mail.ru

Marina P. Semenenko, DSc in Veterinary Science, professor, Head of the Department of Pharmacology, Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 4 Pervomayskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350055, e-mail: skniig@yandex.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8266-5900**

Valentin A. Natalenko, PhD in Veterinary Science, researcher, the Department of Pharmacology, Krasnodar Research Centre for Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 4 Pervomayskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350055, e-mail: skniig@yandex.ru, **ORCID: https://orcid.org/0009-0000-5050-6358**

✉ – Для контактов / Corresponding author

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.701–708
УДК 636.2:618.19:615

(cc) BY

Эффективность комплексной терапии острого мастита у коров с применением тестикулярной гиалуронидазы

© 2026. С. В. Николаев✉, А. А. Залевский
Институт агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Сыктывкар, Российская Федерация

В работе проведена оценка эффективности терапии острого катарального мастита у коров при использовании комплексного подхода, включающего применение антимикробного препарата и тестикулярной гиалуронидазы. Для эксперимента сформировали две группы животных по 10 голов в каждой с клиническими признаками острого катарального воспаления одной из четвертей вымени. Всем коровам интрацистернально применяли препарат «Ваккамаст» в дозе 10 мл, а также выполняли надвыменную новокаиновую блокаду в день постановки диагноза. В опытной группе дополнительно осуществляли внутрицистернальное введение 1280 ЕД раствора тестикулярной гиалуронидазы. Результаты исследования показали, что купирование воспалительного процесса сопровождается увеличением уровня молочной продуктивности: в опытной группе – на 6,2 л (P≤0,05), в контрольной – на 6,4 л (P≤0,01). После завершения терапевтического курса, в группе, где применяли тестикулярную гиалуронидазу, средняя концентрация соматических клеток была на 234,2 тыс./мл ниже (P≤0,05) по сравнению с контрольной, а количество коров с концентрацией соматических клеток более 500 тыс./мл меньше в четыре раза. У животных, которым не вводили фермент, средняя электропроводность молока была на 0,6 мСм/см больше по сравнению с группой, получавшей тестикулярную гиалуронидазу (P≤0,001). Кроме того, в контрольной группе количество особей с электропроводностью, превышающей 7,0 мСм/см, зафиксировано в два раза больше. Продолжительность терапии животных с применением тестикулярной гиалуронидазы составила 4,1 дня, а без ее применения – 4,4 дня. В течение месяца наблюдений в опытной группе не было выявлено рецидивов мастита, тогда как у двух коров, не получавших ферментативный препарат, воспаление молочной железы диагностировали повторно. После проведения лечебных мероприятий активность АсАТ в опытной группе была ниже на 28,9 % (P≤0,01) по сравнению с контрольной, а коэффициент де Ритиса меньше на 1,46 (P≤0,01). Активность ГГТ при использовании фермента снизилась на 23,8 %, что привело к уменьшению данного показателя по отношению к контролю на 41,9 % (P≤0,01). Таким образом, результаты исследования свидетельствуют, что интрацистернальное применение тестикулярной гиалуронидазы повышает эффективность комплексной терапии острого мастита у коров в период лактации.

Ключевые слова: *воспаление молочной железы, соматические клетки, электропроводность молока, инрацистернальные введения, морфобиохимические показатели крови*

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (тема № FUUU-2026-0009).
Авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Николаев С. В., Залевский А. А. Эффективность комплексной терапии острого мастита у коров с применением тестикулярной гиалуронидазы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):701–708.
DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.701-708

Поступила в редакцию: 07.07.2026 Принята к публикации: 08.06.2026
Доработана после рецензирования: 09.01.2026 Опубликована онлайн: 30.06.2026

The effectiveness of complex therapy of acute mastitis in cows using testicular hyaluronidase

© 2026. Semyon V. Nikolaev✉, Anton A. Zalevsky
A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russian Federation

During the study there was evaluated the effectiveness of treatment of acute catarrhal mastitis in cows using complex approach that included the application of antimicrobial preparation and testicular hyaluronidase. For the experiment, two groups of animals were formed, 10 heads each, with clinical signs of acute catarrhal inflammation of one of the udder quarters. All cows were given the drug "Vaccamast" in a dose of 10 ml intracisternally, as well as a supramuscular novocaine blockade on the day of diagnosis. In the experimental group, 1280 units of testicular hyaluronidase solution were additionally administered intracisternally. The results of the study showed that the relief of the inflammatory process was accompanied by an increase in the level of milk productivity: in the experimental group – by 6.2 liters (P< 0.05), in the control group – by 6.4 liters (P<0.01). After completing the therapeutic course, in the group where testicular hyaluronidase was used, the average concentration of somatic cells was 234.2 thousand/ml lower (P<0.05) compared with the control group, and the number of cows with

a concentration of somatic cells of more than 500 thousand/ml was less than four times. In animals that were not injected with the enzyme, the average electrical conductivity of milk was 0.6 mSm/cm higher than in the group receiving testicular hyaluronidase (P<0.001). In addition, the number of individuals with electrical conductivity exceeding 7.0 ms/cm in the control group was twice as high. The duration of therapy of animals with the use of testicular hyaluronidase was 4.1 days, and without its use – 4.4 days. During a month of observation, no recurrence of mastitis was detected in the experimental group, whereas in two cows that did not receive the enzymatic preparation, mammary gland inflammation was rediagnosed. After the treatment, the activity of AsAT in the experimental group was 28.9 % lower (P<0.01) compared with the control group, and the de Ritis coefficient was 1.46 % lower (P<0.01). The activity of GGT using the enzyme decreased by 23.8 %, which led to a decrease in this indicator relative to the control by 41.9 % (P<0.01). Thus, the results of the study indicate that the intracistern application of testicular hyaluronidase increases the effectiveness of complex therapy of acute mastitis in cows during lactation.

Keywords: *mammary gland inflammation, somatic cells, electrical conductivity of milk, intracistern injections, morpho-biochemical parameters of blood*

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (topic FUUU-2026-0009).

The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of interest: the author declared no conflict of interest.

For citation: Nikolaev S. V., Zalevsky A. A. The effectiveness of complex therapy of acute mastitis in cows using testicular hyaluronidase. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):701–708. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.701-708

Received: 07.07.2026
Revised: 09.01.2026
Accepted for publication: 08.06.2026
Published online: 30.06.2026

Одной из задач промышленного молочного скотоводства является постоянное увеличение продуктивности животных. Ключевой подход в реализации данной цели – это повышение генетического потенциала маточного поголовья посредствам использования выдающихся производителей мирового генофонда [1, 2]. Однако трансформация условий содержания и кормления, как правило, не успевает соответствовать потребностям высокопродуктивных животных. В результате у крупного рогатого скота могут возникать нарушения метаболизма и поддержания постоянства внутренней среды [3].

Манифестация патологических изме-нений в обменных процессах организма выражается в повышенной восприимчивости индивидуумов к заболеваниям инфекционного и неинфекционного характера [4]. Следует подчеркнуть, что на фоне метаболических нарушений у животных наблюдается значительное снижение естественной устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды [5]. В условиях современных животноводческих комплексов ситуацию усугубляет высокая плотность содержания животных и повышенная микробная загрязненность помещений [6].

Молочная железа представляет собой один из наиболее обильно кровоснабжаемых и сложных по своему строению органов [7]. Несмотря на наличие ряда адаптивных механизмов, направленных на защиту вымени от патогенных воздействий, современные коровы демонстрируют высокую предрасположенность к маститу [8, 9]. Наряду с вышеупомянутыми предрасполагающими факторами, ключевым этиологическим агентом воспаления вымени выступают разнообразные патогенные и условно-патогенные микроорганизмы [10]. При этом лечение мастита часто затруднено, поскольку в процессе воспаления возникают застойные явления в системе крово- и лимфообращения, а также нарушается проходимость молочных протоков. Это в свою очередь препятствует проникновению активных лекарственных компонентов в патологический очаг[1]. Также стоит отметить, что вследствие широкого применения антибиотиков в животноводстве многие микроорганизмы приобрели резистентность к лекарственным препаратам, способность формировать биопленки и переходить в неактивное состояние на время лечения [11]. В связи с этим изыскание методов, нацеленных на усиление антимикробной терапии, представляет собой актуальную задачу ветеринарной науки.

С точки зрения повышения эффектив-ности доставки активных веществ к очагу воспа-ления и к микробной клетке, особого внимания заслуживают лекарственные средства, в состав которых входят ферменты [12, 13]. Ферментативные препараты способны лизировать некротизированную ткань, сгустки, образующиеся в молочных ходах, стимулировать движение

[1]Конопельцев И. Г., Шулятьев В. Н. Воспаление вымени у коров: учебное пособие. Киров – СПб.: Вятская ГСХА, Издательство СПбГАВМ, 2010. 355 с. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27354053 EDN XAPHTP

тканевой жидкости, нарушать структуру биопленок и факторы патогенности микроорганизмов, тем самым повышать эффективность лечения [14].

Цель исследований – анализ результативности терапии острого катарального мастита у коров в период лактации с использованием комплексного подхода, включающего применение антимикробного препарата и тести-кулярной гиалуронидазы.

Научная новизна – разработка и внед-рение инновационного метода лечения катарального мастита у коров с использованием тестикулярной гиалуронидазы. Результаты эксперимента показали, что применение данного фермента в комплексной терапии мастита у коров способствует более быстрому восстановлению функции молочной железы и снижению риска повторного возникновения заболевания.

Материал и методы. Работа выполнена в 2025 году в Институте агробиотехнологий Коми НЦ УрО РАН. Объектом исследований являлись животные голштинской породы, принадлежащие АО Племзавод «Агрокобинат «Красногорский» г. Киров Кировской области. В целях проведения эксперимента был применен метод пар-аналогов, для чего сформировали две группы лактирующих коров (по 10 особей в каждой) с клиническими признаками острого катарального мастита одной из четвертей вымени. У всех животных заболевание в текущую лактацию было зарегистрировано впервые.

Животным двух групп, применяли процедуру, включающую интрацистернальное введение препарата «Ваккамаст» в дозе 10 мл на четверть вымени, предварительно подогретого до температуры 38–40 ºС, а также выполняли надвыменную новокаиновую блокаду по Д. Д. Логвинову в начале лечения. Коровам первой (опытной) группы вышеуказанную терапию дополняли внутрицистернальным введением 1280 ЕД тестикулярной гиалуро-нидазы, предварительно разведенной в 5 мл 0,9%-го раствора натрия хлорида. Животным контрольной группы аналогичным образом применяли нативный физиологический раствор. Препараты вводили однократно каждые 24 часа до клинического выздоровления.

В день постановки диагноза, а также по истечении 7 дней после завершения лечения от коров получали секрет вымени и венозную кровь. В секрете вискозиметрическим методом на устройстве Ekomilk Scan с использованием 3,5%-го раствора мастоприма косвенно определяли концентрацию соматических клеток. Часть венозной крови стабилизировали ЭДТА, а часть центрифугировали для получения сыворотки. Морфологический состав крови изучали на приборе URIT-3020, биохими-ческий – на анализаторе iMagic-V7. В процессе доения на установке «Карусель» с применением программы управления стадом AfiFarm (версии 5.4.3-A-DU) фиксировали электропроводность секрета и суточный удой.

Статистический анализ проведен путем вычисления средней арифметической и стандартной ошибки, достоверность различий сравниваемых величин установлена с применением t-критерия Стьюдента.

Результаты и их обсуждение. Динамика показателей функционального состояния молочной железы у экспериментальных коров представлена в таблице 1. Результаты исследования свидетельствуют, что купирование острого воспалительного процесса сопровождалось значительным повышением уровня молочности. В частности, в опытной группе было зафиксировано увеличение суточного удоя на 6,2 л по истечении семи дней после завершения интрацистернальной терапии ($P \leq 0,05$). В контрольной группе аналогичный показатель увеличился на 6,4 л ($P \leq 0,01$).

Концентрация соматических клеток в секрете, полученном до начала лечения из пораженной доли вымени у всех животных, превышала 1,5 млн/мл, что свидетельствует о наличии выраженного воспалительного процесса. После проведения терапии как в контрольной, так и в опытной группах, наблюдали клиническое выздоровление всех коров, сопровождающееся достоверным ($P \leq 0,001$) снижением концент-рации воспалительных клеток в секрете. Однако качественные лабораторные характеристики секрета из пораженных долей у животных двух групп различались. В опытной группе, где применяли комплексное лечение с использованием фермента, средняя концентрация соматических клеток составила 436,6 тыс./мл, в контрольной группе этот показатель был выше на 234,2 тыс./мл ($P \leq 0,05$). При анализе вискозметрических характеристик индиви-дуальных проб было установлено, что уровень клеток воспалительной реакции, превышающий 500 тыс./мл, в опытной группе коров выявлен у 10 % особей, тогда как в контрольной группе этот показатель был в 4 раза выше.

Таблица 1 – **Характеристика показателей состояния молочной железы у коров, страдающих острым катаральным маститом, в процессе лечения различными методами (n = 10) /**
Table 1 – **Characteristics of indicators of mammary gland condition in cows suffering from acute catarrhal mastitis during treatment with various methods (n = 10)**

Показатель / Indicator	*Опытная группа / Experimental group*		*Контрольная группа / Control group*	
	до лечения / before treatment	*после лечения / after treatment*	*до лечения / before treatment*	*после лечения / after treatment*
Суточный удой, л / Daily milk yield, l	21,6±2,4	27,8±2,2 [a]*	18,7±1,3	25,1±1,2 [a]**
Количество соматических клеток, тыс./мл / Number of somatic cells, thousand/ml	>1500	436,6±31,8 [a]***, [б]*	>1500	670,8±95,7 [a]***
Количество коров с показателем уровня соматических клеток ≥500 тыс./мл / The number of cows with the indicator of somatic cell level ≥500 thousand /ml	10	1	10	4
Электропроводность молока, мСм/см / Electrical conductivity of milk, mSm/cm	11,4±0,7	6,9±0,1[a, b] ***	11,3±0,5	7,4±0,1[a]***
Количество коров с показателем электропроводности молока ≥ 7 мСм/см / The number of cows with an indicator of the electrical conductivity of milk ≥ 7 mSm/cm	10	4	10	8
Клинически выздоровело коров, % / Clinically recovered cows, %	100,0		100,0	
Кратность интрацистернальных введений / Multiplicity of intracisternal injections	4,1±0,3		4,4±0,3	
Зарегистрирован рецидив патологии в течение 30 дней наблюдения, % / A relapse of the pathology was registered during 30 days of observation, %	0,0		20,0	

Примечания: опытная группа – антимикробный препарат «Ваккамаст» (10 мл интрацистернально) + раствор тестикулярной гиалуронидазы (1280 ЕД внутрицистернально), контрольная группа – «Ваккамаст» (10 мл интрацистернально); разница достоверна (*P≤0,05, **P≤0,01; ***P≤0,001) – a – по отношению к значениям на момент постановки диагноза; b – к контрольной группе коров /

Notes: the experimental group used the antimicrobial drug “Vaccamast” (10 ml. intracisternally) + testicular hyaluronidase solution (1280 units intracisternally), control group – “Vaccamast” (10 ml. intracisternally); the difference is significant (*P < 0.05, **P < 0.01; ***P<0.001) – a – in relation to to the values at the time of diagnosis; b – to the control group of cows

При анализе электропроводности секрета, как непрямого маркера воспалительной реакции, можно констатировать, что на момент первичной диагностики данный показатель был существенно повышен и не демонстрировал статистически значимых различий между исследуемыми группами. После проведения терапевтических мероприятий в опытной группе животных наблюдалось уменьшение электропроводности в среднем на 4,5 мСм/см (P≤0,001), в то время как в контрольной этот показатель снизился на 3,9 мСм/см (P≤0,001). Важно отметить, что в контрольной группе уровень электропро-водности был на 0,6 мСм/см выше по сравнению с группой, в которой дополнительно применялся фермент (P≤0,001). Значения электропроводности, превышающие 7,0 мСм/см и указывающие на сохранение воспалительного процесса, были зафиксированы у 80,0 % коров контрольной группы после проведения лечебных мероприятий. В то же время в опытной группе данный показатель снизился в два раза, что свидетельствует о более высокой эффектив-ности применяемой терапии в данной выборке животных.

Кратность интрацистернальных введений не выявила статистически значимых различий между группой, где применяли гиалуронидазу, и контролем, где фермент не использовали. Так, в экспериментальной группе показатель кратности составил 4,1, в контрольной – 4,4. Однако у двух коров, не получавших гиалу-ронидазу, в течение 30-дневного периода мониторинга было зафиксировано повторное возникновение мастита, что не наблюдали в опытной группе животных.

В таблице 2 приведена динамика морфологических показателей крови у коров при различных подходах терапии острого катарального мастита. В ходе проведенного исследования было установлено, что в обеих выборках с течением времени происходило увеличение количества лейкоцитов. Данный феномен может быть интерпретирован как отсроченная иммунная реакция организма на острый воспалительный процесс. Параллельно с этим отмечено возрастание концентрации гемоглобина и эритроцитов. В целом анализ динамики гематологических показателей не выявил статистически значимых различий между двумя группами. Это позволяет сделать вывод о том, что наблюдаемые изменения в составе крови были обусловлены общими физиологическими процессами, не зависящими от подходов терапии мастита.

Таблица 2 – **Характеристика морфологических показателей крови коров до и после лечения воспаления молочной железы (n = 10) /**
Table 2 – **Characteristics of morphological parameters of blood in cows before and after treatment of mammary gland inflammation (n = 10)**

Показатель / Indicator	*Опытная группа / Experimental group*		*Контрольная группа / Control group*	
	до лечения / before treatment	*после лечения / after treatment*	*до лечения / before treatment*	*после лечения / after treatment*
Лейкоциты, 10^9/л / White blood cells, 10^9/l	10,5±1,6	10,7±1,1	9,3±0,9	9,6±0,8
Эритроциты, 10^{12}/л / Red blood cells, 10^{12}/l	6,6±0,4	7,7±0,7	6,5±0,4	7,4±0,6
Гемоглобин, г/л / Hemoglobin, g / l	116,4±5,6	130,8±12,0	112,0±7,3	126,6±9,6
Гематокрит, % / Hematocrit, %	32,0±1,6	37,3±3,5	32,1±2,1	35,3±2,4
Средний объем эритроцита, фл / Average red blood cell volume, fl	50,4±1,1	48,6±1,6	49,8±1,1	48,3±0,9
Содержание гемоглобина в эритроците, пг/мл / The content of hemoglobin in the red blood cell, pg/ml	17,0±0,4	17,6±0,3	17,4±0,3	17,3±0,2
Концентрация гемоглобина в эритроците, г/л / The concentration of hemoglobin in the red blood cell, g/l	317,9±29,9	351±3,1	349,2±2,0	357,9±3,5
Анизоцитоз эритроцитов, % / Anisocytosis of red blood cells, %	18,5±0,8	20,5±0,7	20,0±0,3	19,3±0,5
Тромбоциты, 10^9/л / Platelets, 10^9/l	278,8±46,1	218,3±55,2	326,2±48,8	393,0±60,6
Нейтрофилы, % / Neutrophils, %	68,3±1,3	59,0±6,0	63,9±4,0	65,7±4,4
Лимфоциты, % / Lymphocytes, %	20,2±3,7	29,2±6,3	26,5±4,6	24,5±5,1
Моноциты, % / Monocytes, %	8,4±3,2	8,7±2,6	7,5±2,0	8,1±1,1
Эозинофилы, % / Eosinophils, %	3,0±0,6	2,9±1,1	2,1±0,6	1,6±0,3
Базофилы, % / Basophils, %	0,1±0,0	0,2±0,1	0,2±0,1	0,1±0,0
Нейтрофилы, 10^9/л / Neutrophils, 10^9/l	5,87±0,41	5,45±1,21	6,28±0,83	6,08±0,89
Лимфоциты, 10^9/л / Lymphocytes, 10^9/l	1,62±0,26	2,16±0,47	2,39±0,45	1,93±0,35
Моноциты, 10^9/л / Monocytes, 10^9/l	0,79±0,33	0,75±0,25	0,68±0,19	0,76±0,16
Эозинофилы, 10^9/л / Eosinophils, 10^9/l	0,27±0,06	0,19±0,07	0,22±0,08	0,14±0,03
Базофилы, 10^9/л / Basophils, 10^9/l	0,01±0,00	0,01±0,01	0,01±0,00	0,01±0,00

Анализ биохимических показателей крови показал, что у коров контрольной группы зафиксировано статистически значимое снижение уровня кальция на 6,5 % ($P \leq 0,05$), которое не наблюдали при применении ферментного препарата (табл. 3). Кроме того, были выявлены достоверные изменения в активности трансаминаз. В частности, активность аспартатаминотрансферазы (АсАТ) в опытной группе коров на момент последнего взятия крови была ниже на 28,9 % ($P \leq 0,01$) по сравнению с контрольной. Коэффициент де Ритиса в опытной группе снизился на 0,55, в то время как в контрольной, наоборот, увеличился

на 0,56, что привело к его повышению относительно контрольной группы на 1,46 (P≤0,01). Также было установлено, что активность гамма-глутамилтрансферазы (ГГТ) в опытной группе снизилась на 23,8 %, что привело к уменьшению данного показателя по сравнению с контрольной на 41,9 % (P≤0,01). Снижение активности трансаминаз и коэффициента де Ритиса на фоне терапии с применением гиалуронидазы можно интерпретировать как индикатор положительной динамики функ-ционального состояния внутренних органов, который свидетельствует о регрессии процессов окислительного стресса и клеточного цитолиза, вызванного иммунным ответом на острое воспаление.

Таблица 3 – **Характеристика биохимических показателей крови коров до и после лечения воспаления молочной железы (n = 10)** /
Table 3 – **Characteristics of biochemical blood parameters of cows before and after treatment of mammary gland inflammation (n = 10)**

Показатель / Indicator	*Опытная группа / Experimental group*		*Контрольная группа / Control group*	
	до лечения / before treatment	*после лечения / after treatment*	*до лечения / before treatment*	*после лечения / after treatment*
Общий билирубин, ммоль/л / Total bilirubin, mmol/l	3,8±0,6	3,3±0,3	3,1±0,2	3,3±0,4
Мочевина, ммоль/л / Urea, mmol/l	4,9±0,3	5,8±0,5	5,6±0,3	4,7±0,4 ^{a}*
Щелочная фосфатаза, Ед/л / Alkaline phosphatase, Units/l	94,3±8,7	82,2±10,0	84,8±9,5	81,3±7,2
Общий протеин, г/л / Total protein, g / l	78,2±3,9	79,9±1,9	73,7±2,8	79,5±2,3
Альбумины, г/л / Albumins, g/l	33,2±0,9	34,9±0,9	34,6±0,4	34,3±0,8
Глобулины, г/л / Globulins, g / l	45,0±4,0	45,0±2,4	39,1±2,6	45,2±3,1
Альбумины/глобулины / Albumins/globulins	0,79±0,07	0,80±0,06	0,91±0,06	0,80±0,08
Холестерин, ммоль/л / Cholesterol, mmol/l	3,3±0,2	4,1±0,3 ^{a}*, ^{b}**	3,8±0,3	2,5±0,2 ^{a}**
Креатинин, мкммоль/л / Creatinine, μmol/l	66,9±6,3	69,1±6,9	54,2±7,8	64,2±5,1
Кальций, ммоль/л/ Calcium, mmol/l	3,0±0,1	3,1±0,1	3,3±0,1	3,1±0,1^{a}*
Фосфор, ммоль/л / Phosphorus, mmol/l	2,4±0,1	2,5±0,3	2,4±0,1	2,2±0,0
Кальций/фосфор / Calcium/Phosphorus	1,28±0,04	1,34±0,13	1,38±0,06	1,39±0,01
Аланинаминотрасфераза, Ед/л / Alanine Aminotransferase, Units/l	23,7±2,4	28,4±2,3	29,2±1,7	25,1±2,4
Аспартатаминотрансфераза, Ед/л / Aspartate Aminotransferase, Units/l	81,8±5,5	80,2±2,7 ^{b}**	113,6±7,5	112,8±10,5
Коэффициент де Ритиса / The de Ritis coefficient	3,63±0,17	3,08±0,18 ^{b}**	3,98±0,31	4,54±0,21
Гамма-глутамилтрансфераза, Ед/л / Gamma-glutamyltransferase, Units/l	31,5±3,7	24,0±1,4 ^{b}*	37,3±7,0	41,3±9,3

Примечание: разница достоверна (*P≤0,05, **P≤0,01) – a – по отношению к значениям на момент постановки диагноза; b – к контрольной группе коров /

Note: the difference is significant (*P < 0.05, **P < 0.01) – a – in relation to to the values at the time of diagnosis; b – to the control group of cows

Параллельно в опытной группе наблюдалась тенденция к увеличению концентрации мочевины, а также статистически значимое повышение уровня общего холестерина как относительно исходного содержания (P≤0,05), так и по сравнению с контрольной группой (P≤0,01), в которой, напротив, отмечено достоверное снижение как мочевины (P≤0,05), так и холестерина (P≤0,01). При этом метаболический профиль, сформировавшийся в опытной группе (тенденция к росту мочевины и статистически значимое повышение холестерина), соответствует фазе активной поствоспалительной адаптации и восстановления гомеостаза, которая в контрольной группе не наблюдалась.

Заключение. Комплексная терапия острого мастита, включающая применение тестикулярной гиалуронидазы, демонстрирует высокую эффективность и значительный терапевтический потенциал. Интеграция данного подхода в терапевтическую схему обеспечивает оптимизацию процессов купирования воспалительной реакции и снижает вероятность рецидивов заболевания. Клинико-лабораторные исследования подтверждают положительное влияние тестикулярной гиалуронидазы на динамику активности трансаминаз, что свидетельствует о ее благоприятном воздействии на метаболи-ческие процессы. Полученные данные подтверждают целесообразность и перспективность применения тестикулярной гиалуронидазы в клинической практике для оптимизации лечения острого мастита у коров в период лактации.

Список литературы

1. Отраднов П. И., Сермягин А. А. Оценка быков-производителей по качеству потомства в стадах с разным уровнем продуктивности для выявления взаимодействия генотипа со средой. Достижения науки и техники АПК. 2022;36(11):56–61. DOI: https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_11_56 EDN: BRWZKU

2. Сивкин Н. В., Стрекозов Н. И., Щеголев П. Н. Параметры использования голштинской породы в технологиях молочных ферм хозяйств разной производственной мощности. Зоотехния. 2025;(1):28–32. DOI: https://doi.org/10.25708/ZT.2024.46.20.007 EDN: XBEIUB

3. Цис Е. Ю., Дуборезов В. М., Рыков Р. А. Продуктивность и биохимический профиль крови первотелок при повышении уровня кормления. Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2024; (3):135-145. DOI: https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-3-135-145 EDN: PHXCRD

4. Конопельцев И. Г., Сапожников А. Ф., Николаев С. В. Снижение уровня эндотоксикоза у телят и нетелей с помощью селенсодержащих препаратов. Современные научно-практические достижения в ветеринарии: сб. ст. Международ. научн.-практ. конф. Киров, 11–12 апреля 2019 года. Т. Выпуск 10. Киров: Вятская ГСХА, 2019. С. 25–29. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37616374 EDN ZINSEX

5. Шаньшин Н. В. Влияние комбинированного применения иммуномодуляторов на неспецифическую резистентность телят в ранний постнатальный период выращивания. Вестник КрасГАУ. 2023;(6(195)):111–117. DOI: https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-6-111-117 EDN: SBXHJJ

6. Мануйленко А. Н. Результаты исследований по разработке электроозонаторного устройства для улучшения показателей качества воздушной среды в животноводческих помещениях. Аграрный научный журнал. 2024;(2):118–125. DOI: https://doi.org/10.28983/asj.y2024i2pp118-125 EDN: NWFXEU

7. Батраков А. Я., Племяшов К. В., Корочкина Е. А. Профилактика и лечение болезней вымени у коров. СПб: ООО "Проспект Науки", 2022. 240 с. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49576972 EDN: ISZTGW

8. Слесаренко Н. А., Хрусталев Е. Н., Широкова Е. О. Морфологическое обоснование риска возникновения мастопатий у крупного рогатого скота. Международный вестник ветеринарии. 2023;(3):195–202. DOI: https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.3.195 EDN: YRRYWX

9. Зимников В. И., Павленко О. Б., Манжурина О. А., Каширина Л. Н., Тюрина Е. В. Показатели неспецифической резистентности молочной железы клинически здоровых и больных маститом коров. Ученые записки учреждения образования Витебская ордена Знак почета государственная академия ветеринарной медицины. 2023;59(2):129–133. DOI: https://doi.org/10.52368/2078-0109-2023-59-2-129-133 EDN: RTSMYI

10. Алиев А. Ю. Мастит у овец. Ветеринария. 2016;(5):34–38. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26561186 EDN: WJGEYT

11. Коба И. С., Степанишин В. В., Новикова Е. Н., Скориков А. В. Особенности формирования антимикробной резистентности микроорганизмов на животноводческих комплексах при маститах у коров. Ветеринария, зоотехния и биотехнология. 2021;(10):55–62. DOI: https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202110008 EDN: ELSVFE

12. Зайцев Е. М., Брицина М. В., Озерецковская М. Н., Бажанова И. Г. Влияние трипсина, лидазы и флуимуцила на рост биоплёнок *Bordetella pertussis* на абиотическом субстрате. Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. 2022;99(5):545–551. DOI: https://doi.org/10.36233/0372-9311-218 EDN: JLTJSO

13. Журавлева М. В., Кукушкин Г. В., Свиридкина Л. П., Юров Д. Е., Каменева Т. Р. Экспериментальное изучение фармакокинетики цефотаксима при совместном введении с препаратами, обладающими гиалуронидазной активностью. Антибиотики и химиотерапия. 2019;64(5-6):9–12. DOI: https://doi.org/10.24411/0235-2990-2019-100024 EDN: IICIYT

14. Залевский А. А., Николаев С. В. Влияние интрацистернального введения гиалуронидазы на организм крупного рогатого скота. Международный вестник ветеринарии. 2024;(2):124–131. DOI: https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2024.2.124 EDN: RFXGJF

References

1. Otradnov P. I., Sermyagin A. A. Genotype by environment interactions detection in sires' breeding value estimates obtained in different productivity herds. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* = Achievements of Science and Technology of AICis. 2022;36(11):56–61. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.53859/02352451_2022_36_11_56

2. Sivkin N. V., Strekozov N. I., Shchegolev P. N. Breeding of holstein breed in the technologies of dairy farms different production capacities. *Zootekhniya*. 2025;(1):28–32. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.25708/ZT.2024.46.20.007

3. Tsis E. Yu., Duborezov V. M., Rykov R. A. Productivity and blood biochemical profile of first-calf heifers at increasing feed levels. *Izvestiya Timiryazevskoy selskokhozyaystvennoy akademii* = Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy. 2024;1(3):135–145. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.26897/0021-342X-2024-3-135-145

4. Konopeltsev I. G., Sapozhnikov A. F., Nikolaev S. V. Reduction of endotoxicosis in calves and heifers using selenium-containing preparations. Modern scientific and practical achievements in Veterinary: collection of articles of the International scientific and practical conference. Kirov, April 11-12, 2019. Vol. Iss. 10. Kirov: *Vyatskaya GSKHA*, 2019. pp. 25–29. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37616374

5. Shanshin N. V. The immunomodulators combined use influence on the non-specific resistance in calves in the early postnatal rearing period. *Vestnik KrasGAU* = The Bulletin of KrasGAU. 2023;(6(195)):111–117. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.36718/1819-4036-2023-6-111-117

6. Manuylenko A. N. The results of research on the development of an electro-resonator device for improving air quality indicators in livestock premises. *Agrarny nauchny zhurnal* = The Agrarian Scientific Journal. 2024;(2):118–125. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.28983/asj.y2024i2pp118-125

7. Batrakov A. Ya., Plemyashov K. V., Korochkina E. A. Prevention and treatment of udder diseases in cows. Saint-Petersburg: *OOO "Prospekt Nauki"*, 2022. 240 p. URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49576972

8. Slesarenko N. A., Khrustalev E. N., Shirokova E. O. Morphological justification of the risk of mastopathy in cattle. *Mezhdunarodny vestnik veterinarii* = International Journal of Veterinary Medicine. 2023;(3):195–202. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2023.3.195

9. Zimnikov V. I., Pavlenko O. B., Manzhurina O. A., Kashirina L. N., Tyurina E. V. Indicators of nonspecific resistance of the mammary gland in clinically healthy cows and cows with mastitis. *Ucheniye zapiski uchrezhdeniya obrazovaniya Vitebskaya ordena Znak pocheta gosudarstvennaya akademiya veterinarnoy meditsini*. 2023;59(2):129–133. (In Belarus). DOI: https://doi.org/10.52368/2078-0109-2023-59-2-129-133

10. Aliyev A. Yu. Ьastitis at sheep. *Veterinariya*. 2016;(5):34–38. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26561186

11. Koba I. S., Stepanishin V. V., Novikova E. N., Skorikov A. V. Features of microorganism resistance formation on livestock complexes during mastitis in cows. *Veterinariya, zootekhniya i biotekhnologiya* = Veterinary Medicine, Zootechnics and Biotechnology. 2021;(10):55–62. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.36871/vet.zoo.bio.202110008

12. Zaytsev E. M., Britsina M. V., Ozeretskovskaya M. N., Bazhanova I. G. Effect of trypsin, lidase and fluimucil on the growth of *Bordetella pertussis* biofilms on an abiotic substrate. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii* = Journal of Microbiology, Epidemiology and Immunobiology. 2022;99(5):545–551. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.36233/0372-9311-218

13. Zhuravleva M. V., Kukushkin G. V., Sviridkina L. P., Yurov D. E., Kameneva T. R. Experimental study of the pharmacokinetics of cefotaxime with joint administration of drugs with hyaluronidase activity. *Antibiotiki i khimioterapiya* = Antibiotics and Chemotherapy. 2019;64(5-6):9–12. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.24411/0235-2990-2019-100024

14. Zalevsky A. A., Nikolaev S. V. The effect of intracisternal administration of hyaluronidase on the body of cattle. *Mezhdunarodny vestnik veterinarii* = International Journal of Veterinary Medicine. 2024;(2):124–131. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.52419/issn2072-2419.2024.2.124

Вклад авторов: Николаев С. В. – концепция и план исследований, анализ данных, подготовка рукописи;
Залевский А. А. – концепция и план исследований, анализ данных.

Сведения об авторах

Николаев Семен Викторович, кандидат вет. наук, ведущий научный сотрудник отдела «Печорская опытная станция» Института агробиотехнологий им. А. В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Ручейная, д. 27, г. Сыктывкар, Российская Федерация, 167023, e-mail: nipti@bk.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5485-4616, e-mail: semen.nikolaev.90@mail.ru

Залевский Антон Александрович, аспирант, техник отдела «Печорская опытная станция» Института агробиотех-нологий им. А. В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Ручейная, д. 27, г. Сыктывкар, Российская Федерация, 167023, e-mail: nipti@bk.ru,
ORCID: https://orcid.org/0009-0005-4982-3686

Author contributions: Nikolaev S. V. –research concept and plan, data analysis, manuscript preparation;
Zalevsky A. A. – research concept and plan, data analysis.

Information about the author

Semyon V. Nikolaev, PhD in Veterinary Science, leading researcher, the Department "Pechora Experimental Station", A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27 Rucheynaya str., Syktyvkar, Russian Federation, 167023, e-mail: nipti@bk.ru,
ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5485-4616, e-mail: semen.nikolaev.90@mail.ru

Anton A. Zalevsky, post-graduate student, technician, the Department "Pechora Experimental Station", A. V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 27 Rucheynaya str., Syktyvkar, Russian Federation, 167023, e-mail: nipti@bk.ru,
ORCID: https://orcid.org/0009-0005-4982-3686

✉ – Для контактов / Corresponding author

МЕХАНИЗАЦИЯ, ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ / MECHANIZATION, ELECTRIFICATION, AUTOMATION

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.709–718
УДК 631.363:535.372

Обоснование использования фотолюминесцентного метода для анализа качества сена

© 2026. М. В. Беляков ✉, Е. А. Никитин, И. Ю. Ефременков
ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», г. Москва, Российская Федерация

В работе изучали оптические свойства лугового и люцернового сена различных фракций и класса. Цель исследований – выявление класса качества сена по оптическим свойствам при фотолюминесцентной идентификации. Спектральные характеристики возбуждения и люминесценции получены на спектрофлуориметре СМ2203. Измеряли спектры возбуждения в диапазоне длин волн 230–600 нм и спектры фотолюминесценции при возбуждении 362 нм, 424 нм, 684 нм. Рассчитаны интегральная поглощательная способность и потоки фотолюминесценции, а также статистические параметры. Все спектры имеют правостороннюю асимметрию, за исключением люцернового сена, и выраженную плосковершинность. Установлено, что при возбуждении 684 нм люцерновое сено люминесцирует сильнее, чем луговое, а при возбуждении 424 нм – наоборот. Различие в интегральных потоках фотолюминесценции для разных видов сена составляет 1,5–3,9 раза, для разных классов качества – 3,7–19,3 раза. В результате проведения исследований выявлены информативные длины волн возбуждения для идентификации сортности сена. Методику определения количества сена 1-го класса в луговом разнотравном сене можно реализовать через анализ отношения потоков $Ф_{362}/Ф_{424}$, а методику объективной идентификации более высокобелкового люцернового сена – на анализе отношения потоков $Ф_{424}/Ф_{684}$. Ценность полученных результатов заключается в формировании теоретической основы для производства аналитических приборов, используемых в сельском хозяйстве для диагностики кормов на более дешевой и малоразмерной электронной компонентной базе. Аппаратную реализацию можно осуществить, используя в качестве источников излучения монохромные светодиоды, а в качестве приемников излучения – фотодиоды.

Ключевые слова: *компоненты сена, неразрушающие методы контроля, оптическое излучение, люминесцентная спектроскопия*

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (тема № FGUN-2025-0013).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Беляков М. В., Никитин Е. А., Ефременков И. Ю. Обоснование использования фотолюминесцентного метода для анализа качества сена. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):709–718. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.709-718

Поступила: 08.04.2025 Принята к публикации: 05.05.2026
Доработана после рецензирования: 04.12.2025 Опубликована онлайн: 30.06.2026

The rationale for using the photoluminescent method for hay quality analysis

© 2026. Mikhail V. Belyakov ✉, Evgeny A. Nikitin, Igor Yu. Efremenkov
Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow, Russian Federation

The optical properties of meadow and alfalfa hay of various fractions and classes were studied. The purpose of the research was to identify the quality hay class by optical properties in photoluminescent identification. The spectral characteristics of excitation and luminescence were obtained using a CM2203 spectrofluorometer. Excitation spectra in the wavelength range of 230–600 nm and photoluminescence spectra at excitation of 362 nm, 424 nm, 684 nm were measured. The integrated absorption capacity and photoluminescence fluxes, as well as statistical parameters were calculated. All spectra had right-sided asymmetry, with the exception of alfalfa hay, and pronounced flatness. It has been established that alfalfa hay vibrates more strongly at 684 nm than meadow hay, and vice versa at 424 nm. The difference in the integral photoluminescence fluxes for different types of hay is 1.5–3.9 times, for different quality classes – 3.7–19.3 times. As a result of the research, informative excitation wavelengths were revealed to identify the grade of hay. A method for determining the amount of 1st class hay in meadow mixed-grass hay can be implemented through the analysis of the flow ratio $Ф_{362}/Ф_{424}$, and a method for the objective

identification of higher-protein alfalfa hay – by analyzing the flow ratio $Ф_{362}/Ф_{424}$. The value of the results obtained lies in the formation of a theoretical basis for the production of analytical instruments used in agriculture for the diagnosis of feed on a cheaper and small electronic component base. The hardware implementation can be carried out using monochrome LEDs as radiation sources, and photodiodes as radiation receivers.

Keywords: *hay components, non-destructive testing methods, optical radiation, luminescent spectroscopy*

Acknowledgments: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the Federal Scientific Agroengineering Center VIM (theme No. FGUN-2025-0013). The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

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

For citation: Belyakov M. V., Nikitin E. A., Efremenkov I. Y. The rationale for using the photoluminescent method for hay quality analysis. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):709–718. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.709-718

Received: 08.04.2025
Revised: 04.12.2025
Accepted for publication: 05.05.2026
Published online: 30.06.2026

В кормлении крупного рогатого скота сено является неотъемлемой составляющей при формировании сбалансированного рациона для большинства технологических групп животных. Это основной источник грубого корма для жвачных животных [1].

Сено, независимо от ботанического состава входящих в него трав, является ключевым источником грубой клетчатки в рационе крупного рогатого скота, доля которой в сухом веществе сена составляет от 20 до 35 %. Грубая клетчатка способствует нормальному функционированию желудочно-кишечного тракта животных. В сене бобовых культур содержится сырого протеина от 10 до 16 % [2], в злаковых культурах – от 6 до 8 % [3].

Сено различных культур не только содержит необходимые химические элементы, но и является одним из наиболее эффективных механических стимуляторов развития рубца. У новорожденного теленка рубец существенно отличается от рубца взрослой особи и находится в недоразвитом состоянии, на его долю приходится около 34 % от общего объема желудка, а на долю сычуга – 66 % [4]. У взрослой коровы рубец занимает примерно 83 % от общего объема желудка, что говорит о существенных изменениях желудочно-кишечного тракта новорожденной особи [5].

Описанные выше изменения в перспективе определяют уровень раскрытия генетического потенциала взрослой особи, потому как развитие рубца напрямую влияет на усвояемость получаемых питательных веществ, на скорость набора живой массы и устойчивость к различным заболеваниям [6].

Если оценить влияние компонентов корма на уровень развития рубца новорожденного теленка, то существенную роль оказывают два типа корма: стартерный комбикорм, богатый белками, изготовленный на основе сои или её производных, который служит стимулятором развития бактериального фона [7], и качественное сено, выполняющее функцию механического стимулятора, предоставляемое в свободном доступе на протяжении 92 дней с момента рождения теленка [8].

Важно отметить, что качество предоставляемого сена влияет на течение обменных процессов не только телят, но и взрослых особей [9].

Национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р 55452-2021[1] по физико-химическим показателям регламентирует внешний вид, запах, цвет, содержание вредных и ядовитых растений, наличие посторонних примесей, содержание сырого протеина, сырой клетчатки, сырой золы, содержание сухого вещества, обменной энергии и подразделяет сырье на 3 класса качества по визуальным признакам:

- сено 1-го класса – содержит большое количество листьев, имеет преимущественно зелёную окраску, стебли мягкие и гибкие, растения сохраняют приятный аромат [10];
- сено 2-го класса – содержит меньшее количество листьев, преимущественно стебли трав, имеет различную цветность от зелёного до жёлто-зелёного или зелёно-бурого;
- сено 3-го класса – содержит сорные растения, как правило подвергалось многократной сушке и увлажнению ввиду внешнего воздействия и открытого хранения, имеет преимущественно бурый цвет.

[1]ГОСТ Р 55452-2021. Сено и сенаж. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2021. 12 с. URL: https://files.stroyinf.ru/Data/755/75598.pdf

Чаще всего определение качества сена на животноводческих предприятиях осуществляется визуально, опираясь на субъективное мнение специалиста, избегая использования аналитических приборов [11, 12]. Однако с развитием оптических технологий появился ряд коммерческих и исследовательских приборов, которые определяют химический состав корма, но при этом не учитывают сортность и критические отклонения качества [13].

Например, скармливание животным сена 3-го класса, которое, зачастую, является непригодным для кормления, вызывает нарушение обменных процессов в организме, приводящих к снижению продуктивности и ухудшению здоровья. Как правило, следствием подобных фактов является ненадлежащее хранение сена или человеческий фактор при наличии альтернативной кормовой базы [14].

Для предотвращения попадания сена 3-го класса в рацион кормления животных предлагается исследование, направленное на формирование теоретических основ создания отечественной приборной базы.

Гипотеза настоящего исследования заключается в определении возможности использования люминесцентного метода для идентификации сортов сена и его фракционного состава.

Цель исследований – выявление класса качества сена по оптическим свойствам при фотолюминесцентной идентификации.

Научная новизна – теоретическая основа для производства аналитических приборов, используемых в сельском хозяйстве, включающая зависимость изменения спектров люминесценции сена с учетом его класса качества.

Материал и методы. Для проведения исследований использовали сено двух видов:

- сено люцерны, заготовленное на культурных полях;

- сено луговое в виде разнотравья, преимущественно состоящее из луговой тимофеевки, костреца безостого, овсяницы луговой, мятлика лугового.

Процесс пробоподготовки для проведения оптических измерений включал: измельчение каждого образца сена фракционным составом от 3 до 8 мм; сортировку фракций лугового сена в соответствии с ГОСТ Р 55452-2021[2] на 1-й, 2-й и 3-й классы; выполнение последующих оптических измерений.

Качественные параметры образцов определяли на инфракрасном анализаторе FOSS NIRS DS2500 (Дания). Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – **Химический состав сена и его фракций /**
Table 1 – **Chemical composition of hay and its fractions**

Вид сена / Type of hay	*Белок, % / Protein, %*	*Влага, % / Moisture, %*	*Жир, % / Fat, %*	*Клетчатка, % / Fiber, %*	*Зола, % / Ash, %*	*Крахмал, % / Starch, %*
Люцерновое / Alfalfa	25,4±0,4	8,9±0,1	3,9±0,1	15,6±0,2	9,8±0,1	2,3±0,1
Луговое / Meadow	12,5±0,2	7,6±0,1	3,3±0,1	22,6±0,1	10,4±0,2	4,0±0,1
Луговое 1-го класса / 1st class meadow	13,3±0,2	6,5±0,1	3,7±0,1	20,3±0,18	9,8±0,2	7,2±0,8
Луговое 2-го класса / 2nd class meadow	6,4±0,2	4,7±0,2	2,7±0,2	22,7±0,3	7,1±0,2	13,3±1,2
Луговое 3-го класса / 3rd class meadow	11,2±0,1	7,1±0,4	4,9±0,1	22,2±0,1	11,6±0,1	12,1±0,3

Из данных таблицы 1 следует, что образец лугового сена 3-го класса демонстрирует более высокое содержание белка (11,2 %) по сравнению со 2-м (6,4 %). Полученный параметр может указывать на различный ботанический состав, а также наличие примесей, таких как сорные растения с иным пигментным составом.

Спектральные характеристики возбуждения и люминесценции были получены на лабораторной установке со спектрофлуориметром CM2203 и внешней камерой для образцов в соответствии с методикой [15]. В первую очередь измеряли спектры возбуждения при синхронном сканировании η(λ) в диапазоне длин волн λ = 230–600 нм. Ширина щели монохроматора возбуждения и монохроматора регистрации для изучения образцов составляла 20 нм. Данный параметр выбран для получения максимальной интенсивности возбуждения и люминесценции. При этом определяли основные

[2]ГОСТ Р 55452-2021. URL: https://files.stroyinf.ru/Data/755/75598.pdf

максимумы возбуждения $\lambda_в$, на основании которых проводили измерения спектров люминесценции $\varphi(\lambda)$. Было выполнено по 20 измерений каждого образца сена и его фракций. После этого проводили расчёт интегральной поглощательной способности Н и потока фотолюминесценции Ф. В программном пакете Microcal Origin произведён расчёт статистических параметров – математического ожидания M_λ, дисперсии σ^2, асимметрии *As* и эксцесса *Ex*.

Результаты и их обсуждение. Проведены оптические измерения лугового сена и его фракций: сена 1, 2 и 3 классов, а также люцернового сена. Спектры возбуждения при синхронном сканировании представлены на рисунке 1.

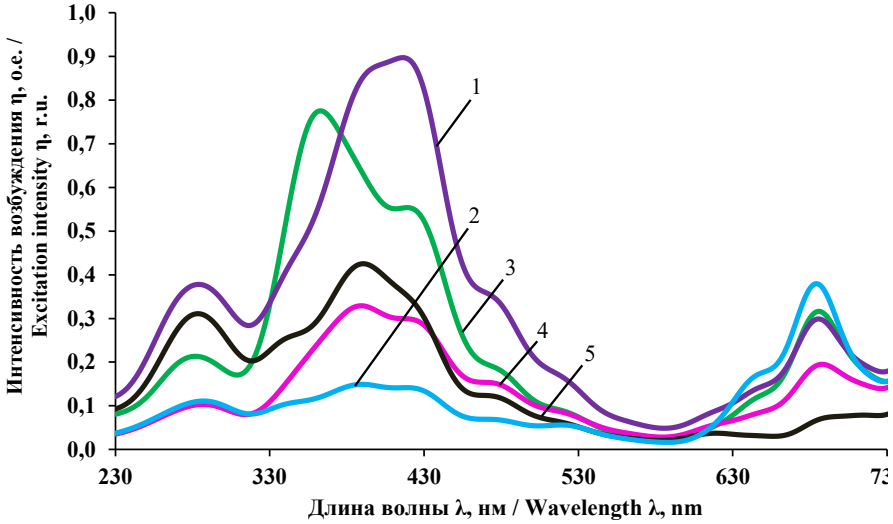

Рис. 1. **Спектры возбуждения сена и его фракций разных классов качества при синхронном сканировании: 1 – сено луговое; 2 – сено люцерновое; 3 – сено 1-го класса; 4 – сено 2-го класса; 5 – сено 3-го класса /**

Fig. 1. **Excitation spectra of hay and its fractions of different classes quality during synchronous scanning: 1 – meadow hay; 2 – alfalfa hay; 3 – 1st class hay; 4 – 2nd class hay; 5 – 3rd class hay**

Из данных рисунка 1 видно, что для всех исследованных образцов характерны максимумы на длинах волн 282 нм, 362 нм, 424 нм и 485 нм, известные ранее для других растительных объектов [16]. Вместе с тем отмечены новые максимумы в области 390 нм и в более длинноволновой области 684 нм [17]. Длинноволновый участок спектра ответственен за процессы возбуждения молекул хлорофилла и связанных с ним компонентов. Сравнительный анализ спектральных характеристик сена лугового, люцернового и сена 1-го класса в диапазоне 630–730 нм показывает сопоставимую интенсивность возбуждения. При переходе к образцам более низких классов наблюдается последовательное уменьшение величины поглощения в данном спектральном интервале.

Для лугового разнотравного сена поглощательная способность наибольшая как интегральная Н, так и во всем спектральном диапазоне, кроме длинноволнового 630–730нм, где наибольшее поглощение у люцернового сена. Если сравнивать между собой фракции лугового сена, то для образцов сена 1-го класса доминирующим максимумом является длина волны 362 нм, которая для всех остальных образцов практически не проявляется. Сравнивая сено 2-го и 3-го классов, следует отметить, что сено 3-го класса поглощает лучше, кроме длинноволнового диапазона.

Интегральные параметры спектров возбуждения во всем исследованном диапазоне и на отдельных участках спектра для вышеупомянутых максимумов представлены в таблице 2.

Наименьшая относительная погрешность определения интегральной поглощательной способности Н у сена 1-го класса (не превышает 8 %). Наибольшая погрешность – у сборного лугового сена в длинноволновых диапазонах возбуждения (16,3 % – 463–582 нм, 18,5 % – 600–742 нм) и во всём диапазоне (16,1 %). Данный факт можно объяснить существенно большей оптической неоднородностью лугового сена по сравнению с его фракциями. Для люцернового сена погрешность меньше, чем для лугового разнотравного, но выше, чем для его отдельных фракций.

На основе полученных длин волн максимумов возбуждения $\lambda_в$ измерены спектральные характеристики фотолюминесценции образцов сена. Примеры для $\lambda_в$ = 362 нм, 424 нм и 684 нм приведены на рисунках 2–4.

Таблица 2 – **Интегральные параметры (поглощательная способность H, о. е.) спектров возбуждения сена и его фракций разных классов качества /**
Table 2 – **Integral parameters (Absorption capacity H, r. u.) of the excitation spectra of hay and its fractions of different classes quality**

Вид сена / Type of hay	*Спектральный диапазон, нм / Spectral range, nm*					
	230–310	312–404	404–462	463–582	600–742	230–750
Люцерновое / Alfalfa	6,7±0,7	10,8±1,1	6,8±0,7	5,6±0,6	26,7±2,8	59,3±3,1
Луговое / Meadow	22,9±1,2	51,7±5,4	41,2±6,8	20,8±3,4	24,9±4,6	165,1±26,6
Луговое 1-го класса / 1st class meadow	12,9±0,7	51,7±0,8	25,8±1,6	11,2±0,9	22,9±1,7	127,3±4,1
Луговое 2-го класса / 2nd class meadow	6,3±0,7	20,1±0,9	14,5±1,6	10,1±0,8	16,9±0,9	70,4±2,7
Луговое 3-го класса / 3rd class meadow	17,9±1,3	28,4±1,8	15,4±1,4	7,6±0,8	7,6±0,9	79,0±2,1

Из анализа рисунка 2 следует, что ярко выраженная люминесценция наблюдается только у сена 1-го класса (на максимуме спектра в 4,5–8,5 раза выше, чем у сена 2-го и 3-го классов). Эту длину волны возбуждения можно использовать для идентификации сена 1-го класса.

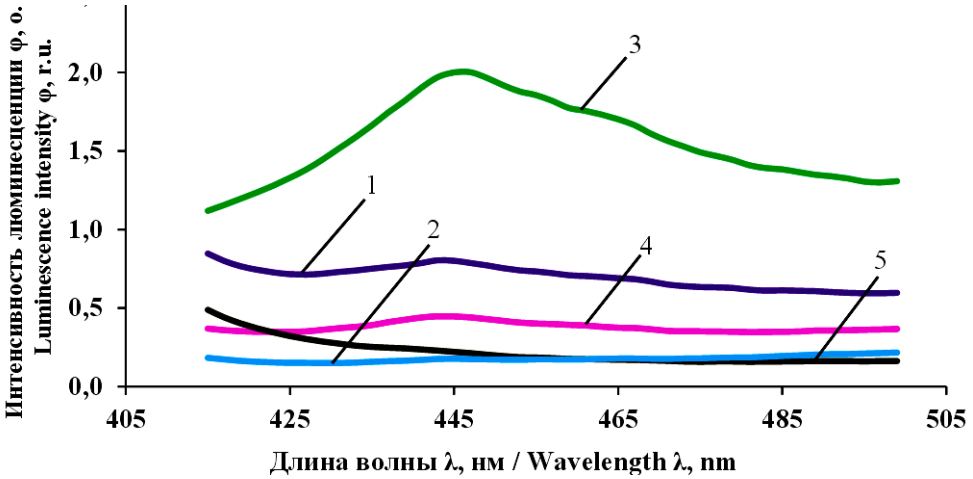

Рис. 2. **Спектры люминесценции сена при $\lambda_в$ = 362 нм: 1 – сено луговое; 2 – сено люцерновое; 3 – сено 1-го класса; 4 – сено 2-го класса; 5 – сено 3-го класса /**
Fig. 2. **Luminescence spectra of hay at λ_e = 362 nm: 1 – meadow hay; 2 – alfalfa hay; 3 – 1st class hay; 4 – 2nd class hay; 5 – 3rd class hay**

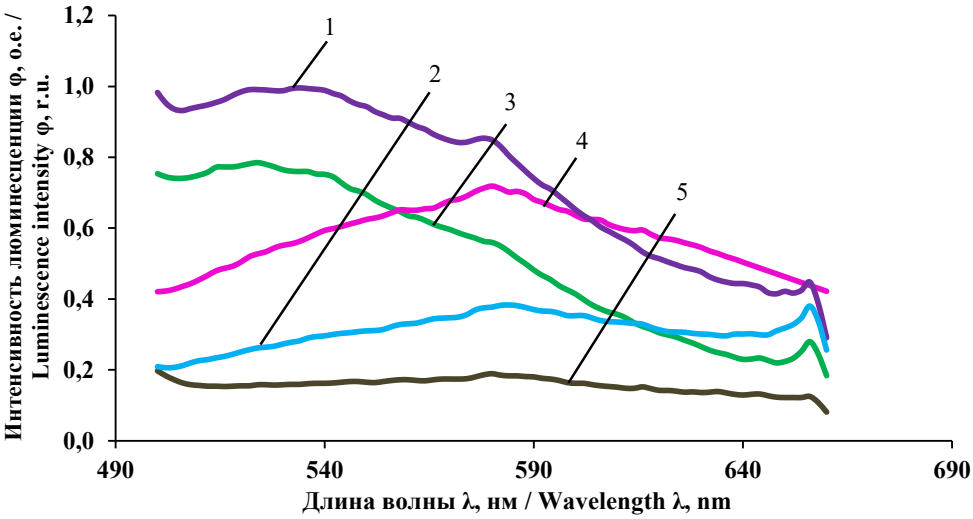

Рис. 3. **Спектры люминесценции сена при $\lambda_в$ = 424 нм: 1 – сено луговое; 2 – сено люцерновое; 3 – сено 1-го класса; 4 – сено 2-го класса; 5 – сено 3-го класса /**
Fig. 3. **Luminescence spectra of hay at λ_e = 424 nm: 1 – meadow hay; 2 – alfalfa hay; 3 – 1st class hay; 4 – 2nd class hay; 5 – 3rd class hay**

На рисунке 3 видно, что люминесценция лугового сена выше по сравнению с люцерновым, несмотря на наличие фракции сена 3-го класса, имеющего крайне малую люминесценцию. Также наблюдается небольшой максимум на длине волны 660 нм для некоторых фракций сена. Данный максимум может быть связан с частичной люминесценцией тканей растений, например, самим хлорофиллом или продуктами его распада, что приводит к относительному усилению длинноволнового крыла спектра.

Для длинноволнового возбуждения, наоборот, люцерновое сено люминесцирует сильнее, чем луговое (на 68 % в максимуме спектра) и его отдельные фракции (в 1,32–57 раз).

Для сравнения были проведены измерения спектров отражения и поглощения в видимой и ближней инфракрасной области на спектральном анализаторе FOSS 2500. Результаты приведены на рисунке 5.

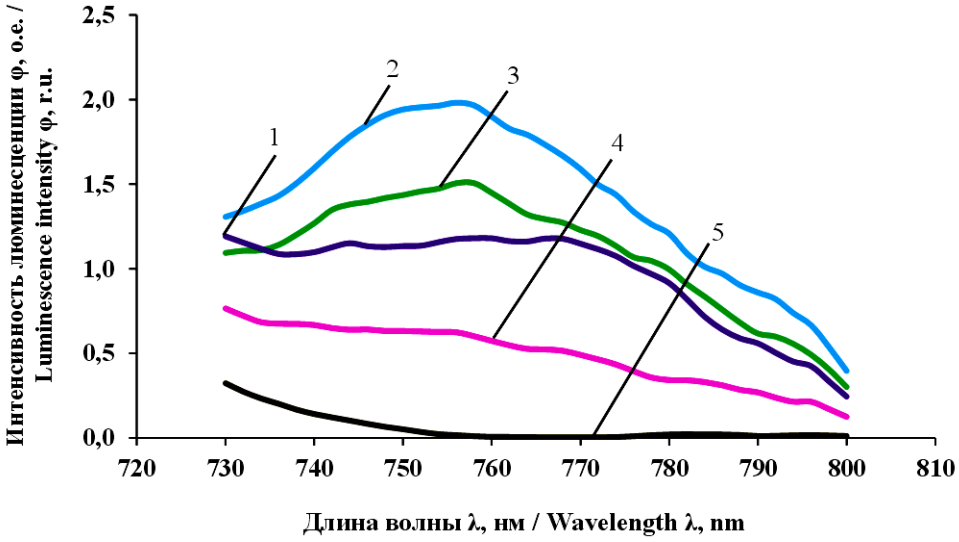

Рис. 4. **Спектры люминесценции сена при $\lambda_в$ = 684 нм: 1 – сено луговое; 2 – сено люцерновое; 3 – сено 1-го класса; 4 – сено 2-го класса; 5 – сено 3-го класса /**

Fig. 4. **Luminescence spectra of hay at λ_e = 684 nm: 1 – meadow hay; 2 – alfalfa hay; 3 – 1st class hay; 4 – 2nd class hay; 5 – 3rd class hay**

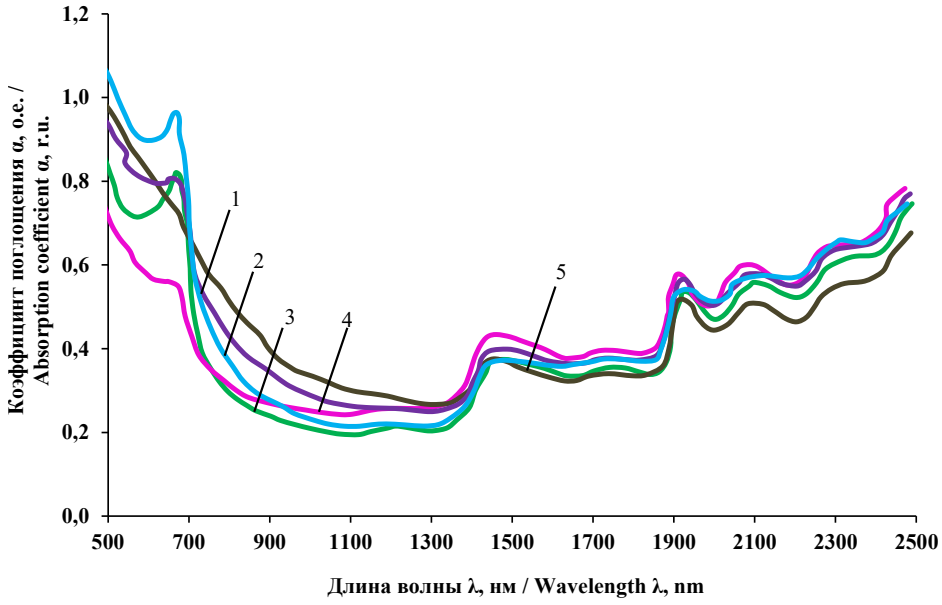

Рис. 5. **Спектры поглощения в видимой и инфракрасной области: 1 – сено луговое; 2 – сено люцерновое; 3 – сено 1-го класса; 4 – сено 2-го класса; 5 – сено 3-го класса /**

Fig. 5. **Absorption spectra in the visible and infrared regions: 1 – meadow hay; 2 – alfalfa hay; 3 – 1st class hay; 4 – 2nd class hay; 5 – 3rd class hay**

Различия в поглощении (отражении) не столь значительны по сравнению с люминесценцией и наиболее проявляются в более коротковолновой области менее 1100 нм. Максимальное отличие коэффициента поглощения α_λ для лугового и люцернового сена составляет примерно 15–18 %, для сена 1-го и 2-го классов – примерно 1,5 раза. Кроме того, во всем измеренном диапазоне не наблюдается системности зависимостей $\alpha(\lambda)$ для разных видов сена, кривые постоянно «переплетаются», пересекаясь друг с другом, поэтому сложно выделить сравнительно большой спектральный диапазон для определения интегральных параметров.

Интегральные и статистические параметры полученных спектров фотолюминесценции представлены в таблице 3.

Таблица 3 – **Интегральные и статистические параметры спектров люминесценции различных образцов сена при различных длинах волн возбуждения** /
Table 3 – **Integral and statistical parameters of luminescence spectra of various hay samples at different excitation wavelengths**

Вид сена / *Type of hay*	*Поток* Φ_λ, о. е. / *Flow* Φ_λ, r. u.	*Математическое ожидание* M_λ, нм / *Mathematical expectation* M_λ, nm	*Дисперсия* σ^2 / *Variance* σ^2	*Асимметрия As* / *Asymmetry As*	*Эксцесс Ex* / *Excess Ex*
$\lambda_в$ = 362 нм / λ_e = 362 nm					
Люцерновое / Alfalfa	15±1	460,0±0,2	613±2	-0,107±0,010	-1,193±0,003
Луговое / Meadow	59±11	455,0±2,0	584±25	0,113±0,053	-1,136±0,037
Луговое 1-го класса / 1st class meadow	132±1	457,0±0,1	527±1	0,082±0,001	-1,039±0,001
Луговое 2-го класса / 2nd class meadow	32±1	457,0±0,1	577±2	0,064±0,007	-1,137±0,006
Луговое 3-го класса / 3rd class meadow	19±1	450,0±0,1	638±4	0,366±0,013	-1,127±0,013
$\lambda_в$ = 424 нм / λ_e = 424 nm					
Люцерновое / Alfalfa	49±1	584,0±0,2	1927±9	-0,062±0,001	-1,062±0,008
Луговое / Meadow	119±25	567,0±3,0	1860±103	0,335±0,12	-0,912±0,146
Луговое 1-го класса / 1st class meadow	83±1	562,0±0,2	1762±14	0,499±0,005	-0,718±0,015
Луговое 2-го класса / 2nd class meadow	92±1	580,0±0,1	1872±6	0,006±0,001	-1,052±0,004
Луговое 3-го класса / 3rd class meadow	25±1	576,0±0,4	1977±16	0,067±0,013	-1,091±0,012
$\lambda_в$ = 684 нм / λ_e = 684 nm					
Люцерновое / Alfalfa	100±1	761,0±0,2	316±5	0,261±0,017	-0,858 ±0,034
Луговое / Meadow	67±10	760,0±2,0	329±14	0,182±0,152	-0,956±0,095
Луговое 1-го класса / 1st class meadow	77±1	760,0±0,4	319±9	0,240±0,025	-0,892±0,047
Луговое 2-го класса / 2nd class meadow	34±1	758,0±0,3	338±8	0,376±0,021	-0,866±0,041
Луговое 3-го класса / 3rd class meadow	4±1	744,0±0,2	273±48	1,924±0,279	-2,793±0,546

Данные таблицы 3 показывают, что луговое сено имеет существенно более высокую погрешность определения большинства параметров (до 21 % для потока фотолюминесценции, до 0,5 % для математического ожидания, до 83 % для асимметрии), что вызвано оптической неоднородностью. Также видно, что луговое сено имеет сильную люминесценцию при $\lambda_в$ = 424 нм, а люцерновое – при $\lambda_в$ = 684 нм, и наоборот. Данное обстоятельство может быть применено для объективной идентификации люцернового сена, содержащего вдвое бóльшее количество белка (см. табл. 1). Математическое ожидание M_λ и дисперсия σ^2 спектров фотолюминесценции для различных видов сена незначительно отличаются при каждой длине волны

возбуждения, что говорит о сходстве полученных графиков. Все спектры имеют правостороннюю асимметрию (As>0), за исключением люцернового сена, у которого при $\lambda_в$ = 362 нм и $\lambda_в$ = 424 нм наблюдается небольшая правосторонняя асимметрия. Все графики имеют выраженную плосковершинность (Ex<0). Достаточно сильное отличие эксцесса (в 2,92–3,25 раза) имеется у сена 3-го класса при возбуждении $\lambda_в$ = 684 нм. Таким образом, статистические параметры сложно использовать для диагностики сена, и главным информативным параметром являются потоки фотолюминесценции $Ф_\lambda$ при определенных значениях длины волны возбуждения $\lambda_в$.

Для улучшения чувствительности методики целесообразно использовать отношение потоков $Ф_{\lambda1}$ / $Ф_{\lambda2}$, что позволит работать с относительными величинами, не зависящими от состояния конкретного образца и некоторых внешних факторов. Методику определения количества сена 1-го класса в луговом разнотравном сене можно реализовать через анализ отношения потоков $Ф_{362}$ / $Ф_{424}$, которое для сена 1-го класса составляет 1,59, для сена 2-го класса – 0,35, для 3-го класса – 0,76.

Методику объективной идентификации более высокобелкового люцернового сена возможно создать на анализе отношения потоков $Ф_{424}$ /$Ф_{684}$. Для лугового сена это отношение составляет 1,78, для люцернового – 0,49. Аппаратную реализацию обеих методик можно осуществить, используя в качестве источников излучения монохромные светодиоды, а в качестве приемников излучения – фотодиоды.

Разработанные методики формируют теоретическую основу для производства аналитических приборов, используемых в сельском хозяйстве. Один из наиболее близких вариантов применения – это создание бортовых оптических систем диагностики сельскохозяйственных кормов по типу Dinamica – Generale Evo Nir (Италия), используемых в миксерах-кормораздатчиках с системой погрузки фрезбарабаном, которые позволяют оценивать качество корма в процессе приготовления. Также возможно использование в кормоуборочных комбайнах для диагностики качества собираемого урожая для силосования.

Выводы. 1. Основные максимумы возбуждения исследованных образцов расположены примерно на длинах волн 362 нм, 424 нм и 684 нм. Для лугового разнотравного сена поглощательная способность наибольшая. Для образцов сена 1-го класса доминирующим максимумом является длина волны 362 нм, которая у всех остальных образцов практически не проявляется.

2. Для длины волны возбуждения 684 нм люцерновое сено люминесцирует сильнее, чем луговое, а для возбуждения 424 нм – наоборот. Различие в интегральных потоках фотолюминесценции для разных видов сена составляет 1,5–3,9 раза, для разных классов качества – 3,7–19,3 раза. В то же время при отражательной инфракрасной спектроскопии максимальное отличие коэффициента поглощения для лугового и люцернового сена составляет не более 15–18 %, для сена 1-го и 2-го классов – не более 50 %.

3. По результатам исследований определены информативные спектральные диапазоны и соотношения потоков фотолюминесценции, которые будут использованы для последующей разработки аналитической приборной базы для объективного определения сена различных видов и классов.

Список литературы

1. Косолапова В., Степанова Г., Соломон М. Корма из люцерны для дойных коров. Животноводство России. 2022;(9):45–48. DOI: https://doi.org/10.25701/ZZR.2022.09.09.001 EDN: EVQPGE

2. Райхман А. Я. Эффективность использования объемных кормов разных классов качества в рационах лактирующих коров. Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2017;(20-1):247–255. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32351365 EDN: YNDXLK

3. Райхман А. Я. Эффективность использования злаково-бобового сена и сенажа в рационах лактирующих коров. Актуальные проблемы интенсивного развития животноводства. 2017;(20-1):238–246. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32351364 EDN: YNDXLB

4. Kang R., Song J., Park J. K., Yun S., Lee J. H., Ahn J. S. et al. Impact of Forage Sources on Ruminal Bacteriome and Carcass Traits in Hanwoo Steers During the Late Fattening Stages. Microorganisms. 2024;12(10):2082. DOI: https://doi.org/10.3390/microorganisms12102082

5. Шпыгова В. М. Динамика морфометрических параметров эпителия рубца крупного рогатого скота в постнатальном онтогенезе. Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2020;(4(52)):134–139. DOI: https://doi.org/10.18286/1816-4501-2020-4-134-139 EDN: YNOJCL

6. Боголюбова Н. В., Зайцев В. В., Шаламова С. А., Гизатуллин О. Ш., Сеитов М. С. Регуляция рубцового пищеварения у молочных коров. Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019;(6(80)):214–216. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41675304 EDN: DZPXNM

7. Харитонов Е. Л., Галочкина В. П. Становление рубцового пищеварения у бычков в послемолочный период при скармливании комбикормов-стартеров разного состава. Проблемы биологии продуктивных животных. 2020;(2):99–109. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43835566 EDN: RXTFQS

8. Радчиков В., Цай В., Бесараб Г. Включаем сапропель в рационы для телят. Животноводство России. 2024;(7):33–34. DOI: https://doi.org/10.25701/ZZR.2024.06.012 EDN: XUHSGB

9. Сидоров Ю. Н., Рогачёв Б. Г., Докина Н. Н., Павлов Л. Н. Влияние технологий заготовки сена на продуктивность мясного скота. Вестник мясного скотоводства. 2014;(3(86)):105–108. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22251803 EDN: SSYIRT

10. Тебердиев Д. М., Родионова А. В., Запивалов С. А. Изменение качества корма по укосам на долголетнем сенокосе. Адаптивное кормопроизводство. 2023;(1):30–38. DOI: https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2023-1-30-38 EDN: BIJRSA

11. Попов В. В. Насущные проблемы стандартизации и оценки качества и питательности кормов. Адаптивное кормопроизводство. 2021;(4):77–89. DOI: https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2021-4-77-89 EDN: RVTQMV

12. Попов В. В. Переосмысление парадигмы оценки качества кормов. Адаптивное кормопроизводство. 2020;(1):79–90. DOI: https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2020-1-79-90 EDN: PGPWHA

13. Burmistrov D. E., Ignatenko D. N., Lednev V. N., Gudkov S. V., Pavkin D. Y., Khakimov A. R. et al. Application of optical quality control technologies in the dairy industry: an overview. Photonics. 2021;8(12):551. DOI: https://doi.org/10.3390/photonics8120551

14. Федорова З. Л., Романенко Л. В. Требования к качеству основных кормов для коров с высокой продуктивностью (обзор). Генетика и разведение животных. 2016;(3):3–14. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28114152 EDN: XRFTVJ

15. Беляков М. В., Павкин Д. Ю., Никитин Е. А., Ефременков И. Ю. Обоснование выбора спектральных диапазонов фотолюминесцентного контроля состава и питательной ценности кормов. Техника и оборудование для села. 2023;(2(308)):31–36. DOI: https://doi.org/10.33267/2072-9642-2023-2-31-36 EDN: ZMQMNG

16. Matveeva T. A., Sarimov R. M., Persidskaya O. K., Andreevskaya V. M., Semenova N. A., Gudkov S. V. Application of fluorescence spectroscopy for early detection of fungal infection of winter wheat grains. AgriEngineering. 2024;6(3):3137–3158. DOI: https://doi.org/10.3390/agriengineering6030179

17. Беляков М. В., Никитин Е. А., Ефременков И. Ю. Эффективность фотолюминесцентного метода контроля гомогенности кормовых смесей в животноводстве. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2022;16(3):55–61. DOI: https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-3-55-61 EDN: LIWODN

References

1. Kosolapova V., Stepanova G., Solomon M. Feed from lucerne for milk cows. *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2022;(9):45–48. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.25701/ZZR.2022.09.09.001

2. Raykhman A. Ya. The effectiveness of using bulk feed of different quality classes in the diets of lactating cows. *Aktualnie problemi intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*. 2017;(20-1):247–255. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32351365

3. Raykhman A. Ya. The effectiveness of using cereal-legume hay and haylage in the diets of lactating cows. *Aktualnie problemi intensivnogo razvitiya zhivotnovodstva*. 2017;(20-1):238–246. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32351364

4. Kang R., Song J., Park J. K., Yun S., Lee J. H., Ahn J. S. et al. Impact of Forage Sources on Ruminal Bacteriome and Carcass Traits in Hanwoo Steers During the Late Fattening Stages. Microorganisms. 2024;12(10):2082. DOI: https://doi.org/10.3390/microorganisms12102082

5. Shpigova V. M. Dynamics of morphometric parameters of cicatricial epithelium in cattle in postnatal ontogenesis. *Vestnik Ulyanovskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii* = Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy. 2020;(4(52)):134–139. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.18286/1816-4501-2020-4-134-139

6. Bogolyubova N. V., Zaytsev V. V., Shalamova S. A., Gizatullin O. Sh., Seitov M. S. Regulation of rumen digestion in dairy cows. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Izvestia Orenburg State Agrarian University**.** 2019;(6(80)):214–216. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41675304

7. Kharitonov E. L., Galochkina V. P. Formation of ruminal digestion in growing and fattening bulls at different levels of non-degradable and metabolizable protein in the diet. *Problemi biologii produktivnikh zhivotnikh* = Problems of Productive Animal Biology. 2020;(2):99–109. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43835566

8. Radchikov V., Tsay V., Besarab G. Including sapropel in calfes' diets. *Zhivotnovodstvo Rossii*. 2024;(7):33–34. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.25701/ZZR.2024.06.012

9. Sidorov Yu. N., Rogachyov B. G., Dokina N. N., Pavlov L. N. The impact of hay harvesting technologies on the productivity of beef cattle. *Vestnik myasnogo skotovodstva* = The Herald of Beef Cattle Breeding. 2014;(3(86)):105–108. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22251803

10. Teberdiev D. M., Rodionova A. V., Zapivalov S. A. Change in the feed quality by mowing on a long-term hayfield. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo* = Adaptive fodder production. 2023;(1):30–38. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2023-1-30-38

11. Popov V. V. Essential problems of fodder quality evaluation and standardization. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo* = Adaptive fodder production. 2021;(4):77–89. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2021-4-77-89

12. Popov V. V. Rethinking of fodder quality evaluation paradigm. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo* = Adaptive fodder production. 2020;(1):79–90. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2020-1-79-90

13. Burmistrov D. E., Ignatenko D. N., Lednev V. N., Gudkov S. V., Pavkin D. Y., Khakimov A. R. et al. Application of optical quality control technologies in the dairy industry: an overview. Photonics. 2021;8(12):551. DOI: https://doi.org/10.3390/photonics8120551

14. Fedorova Z. L., Romanenko L. V. Fodder requirements for cows with high milk productivity (overview). *Genetika i razvedenie zhivotnikh* = Genetics and breeding of animals. 2016;(3):3–14. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28114152

15. Belyakov M. V., Pavkin D. Yu., Nikitin E. A., Efremenkov I. Yu. Substantiation of the choice of special ranges for photoluminescent control of the composition and nutritional value of forages. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela* = Machinery and Equipment for Rural Area. 2023;(2(308)):31–36. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.33267/2072-9642-2023-2-31-36

16. Matveeva T. A., Sarimov R. M., Persidskaya O. K., Andreevskaya V. M., Semenova N. A., Gudkov S. V. Application of fluorescence spectroscopy for early detection of fungal infection of winter wheat grains. AgriEngineering. 2024;6(3):3137–3158. DOI: https://doi.org/10.3390/agriengineering6030179

17. Belyakov M. V., Nikitin E. A., Efremenkov I. Yu. Efficiency of the photoluminescent method for monitoring the homogeneity of feed mixtures in animal husbandry. *Selskokhozyaystvennie mashini i tekhnologii* = Agricultural Machinery and Technologies. 2022;16(3):55-61. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.22314/2073-7599-2022-16-3-55-61

Вклад авторов: все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Сведения об авторах

✉ **Беляков Михаил Владимирович,** доктор техн. наук, главный научный сотрудник отдела механизации и автоматизации процессов в животноводстве, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 1-й Институтский проезд, д. 5, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: vim@vim.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4371-8042**, e-mail: bmw20100@mail.ru

Никитин Евгений Александрович, кандидат техн. наук, старший научный сотрудник отдела механизации и автоматизации процессов в животноводстве, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 1-й Институтский проезд, д. 5, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: vim@vim.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0918-2990**

Ефременков Игорь Юрьевич, младший научный сотрудник отдела механизации и автоматизации процессов в животноводстве, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 1-й Институтский проезд, д. 5, г. Москва, Российская Федерация, 109428, e-mail: vim@vim.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2302-9773**

Author contributions: all authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

Information about the authors

✉ **Mikhail V. Belyakov**, DSc in Engineering, chief researcher, the Department of Mechanization and Automation of Processes in Animal Husbandry, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 1st Institutsky proezd, 5, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: vim@vim.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-4371-8042**, e-mail: bmw20100@mail.ru

Evgeny A. Nikitin, PhD in Engineering, senior researcher, the Department of Mechanization and Automation of Processes in Animal Husbandry, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: vim@vim.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0918-2990**

Igor Yu. Efremenkov, junior researcher, the Department of Mechanization and Automation of Processes in Animal Husbandry, Federal Scientific Agroengineering Center VIM, 5, 1st Institutsky proezd, Moscow, Russian Federation, 109428, e-mail: vim@vim.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2302-9773**

✉ – Для контактов / Corresponding author

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.719–730
УДК 631.95:631.5

(cc) BY

Оценка уровня воздействия технологических процессов в растениеводстве на окружающую среду

© 2026. Н. И. Джабборов[1], А. В. Добринов[2], В. А. Эвиев[3]✉
[1]*Научный центр инновационных технологий и механизации сельского хозяйства Таджикской академии сельскохозяйственных наук, г. Гиссар, Республика Таджикистан,*
[2]*ГАОУ ВО Ленинградской области «Ленинградский государственный университет имени А. С. Пушкина», г. Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация,*
[3]*ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова», г. Элиста, Российская Федерация*

Актуальность темы исследования связана с проблемой снижения негативного влияния технологических процессов на окружающую среду при возделывании сельскохозяйственных культур в различных почвенно-рельефных и климатических условиях. Цель исследований – оценка технологических процессов в растениеводстве по степени негативного их воздействия на окружающую среду. Технологические процессы предопределяют уровень плодородия почвы, выбросы климатически активных веществ и вынос биогенных элементов с сельскохозяйственных угодий. Для разработки перспективных экологически безопасных технологий важно классифицировать и оценивать процессы с точки зрения их негативного воздействия на окружающую среду. Предложенная градация позволяет структурировать все процессы по уровню влияния на агроэкосистему, а проведенная на ее основе их оценка даст возможность в дальнейшем предложить технико-технологические решения, обеспечивающие экологическую устойчивость проводимых работ в растениеводстве. В результате проведенных исследований обоснован перечень весомых показателей оценки негативного воздействия технологических процессов на окружающую среду (вспашка, внесение минеральных и органических удобрений, защита растений), предложена математическая модель, позволяющая рассчитывать значения интегрального критерия для градации технологических процессов по степени их влияния на агроэкосистему с использованием экспертного и расчетно-эмпирического методов.

Ключевые слова: *градация, матричный расчет, балльная оценка, интегральный критерий, расчетно-эмпирический, экспертный метод, классификация, математическая модель, биогенные элементы, степень плодородия почвы, диффузная нагрузка, парниковые газы*

Благодарности: работа выполнена без финансового обеспечения в рамках инициативной тематики. Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

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

Для цитирования: Джабборов Н. И., Добринов А. В., Эвиев В. А. Оценка уровня воздействия технологических процессов в растениеводстве на окружающую среду. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):719–730. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.719-730

Поступила: 28.07.2025
Поступила после рецензирования: 06.02.2026
Принята к публикации: 21.05.2026
Опубликована онлайн: 30.06.2026

Assessment of the environmental impact of technological processes in crop production

© 2026. Nozim I. Dzhabborov[1], Aleksandr V. Dobrinov[2], Valery A. Eviev[3] ✉
[1]*Research Center for Innovative Technologies and Agricultural Mechanization of the Tajik Academy of Agricultural Sciences, Gissar, Republic of Tajikistan,*
[2]*Pushkin Leningrad State University, Saint-Petersburg – Pushkin, Russian Federation,*
[3]*Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, Elista, Russian Federation*

The relevance of this research topic is related to the problem of reducing the negative impact of technological processes on the environment during crop cultivation in various soil, topography, and climatic conditions. The objective of the research is to evaluate technological processes in crop production based on their negative environmental impact. Technological processes determine soil fertility, emissions of climate-active substances, and the removal of nutrients from agricultural lands. To develop promising environmentally friendly technologies, it is important to classify and evaluate processes according to their negative environmental impact. The proposed gradation allows for the structuring of all processes based on their impact on the agroecosystem, and the resulting assessment will enable the future development of technical and technological solutions that ensure the environmental sustainability of crop production operations. As a result of the conducted research, a list of significant indicators for assessing the negative impact of technological processes on the environment (plowing, application of mineral and

organic fertilizers, plant protection) was substantiated, and there was proposed a mathematical model that allowed calculating the values of the integral criterion for grading technological processes according to the degree of their impact on the agroecosystem using expert and calculation-empirical methods.

Keywords: *gradation, matrix calculation, point assessment, integral criterion, calculation-empirical, expert method, classification, mathematical model, biogenic elements, degree of soil fertility, diffuse load, greenhouse gases*

Acknowledgments: the research was carried out without financial support within the initiative topic.
The authors thank the reviewers for their contribution to the expert evaluation of this work.

Conflict of interest: the authors declared no conflict of interest.

For citation: Dzhabborov N. I., Dobrinov A. V., Eviev V. A. Assessment of the environmental impact of technological processes in crop production. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):719–730. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.719-730

Received: 28.07.2025
Received after review: 06.02.2026
Accepted for publication: 21.05.2026
Published online: 30.06.2026

Для обеспечения единообразия при разработке нормативно-технической документации в сфере охраны окружающей среды от негативных воздействий объектов сельскохозяйственной деятельности на всех стадиях жизненного цикла производимых ими товаров и оказываемых услуг необходимо использовать единую классификационную структуру показателей экологической безопасности.

В Федеральном регистре технологий производства продукции растениеводства[1], исходных требованиях на базовые машинные технологические операции в растениеводстве[2], типовых требованиях к базовым машинным операциям при использовании их в технологических процессах производства продукции растениеводства[3], технологиях внесения удобрений и применения средств защиты[4] подробно изложен перечень технологических процессов и соответствующих технических средств для возделывания сельскохозяйственных культур.

Анализ перечисленных материалов показывает, что до сих пор отсутствует четкая классификация технологических процессов по признакам трудоемкости, энергоемкости, производительности, экологической безопасности и т. д. При этом методы оценки процессов по каждому из трех первых признаков в отдельности достаточно хорошо известны и подробно описаны методики их расчета в отличие от последнего, что затрудняет отнесение объектов к разряду «более» или «менее» экологически безопасных. В этой связи возникает задача классификации технологических процессов по определенным наиболее значимым признакам в области экологической безопасности.

Отсутствие правил оценивания процессов по уровню их негативного влияния на окружающую среду заставляет задуматься о поиске способов их создания.

Обоснованный выбор тех или иных технологических процессов и технических средств, обеспечивающих снижение негативного воздействия на окружающую среду, на основе технологических карт возделывания сельскохозяйственных культур, представляется сложной, но актуальной задачей.

В качестве одного из наиболее доступных способов решения такой сложной задачи является разработка матрицы процессов, которая позволяет дать логическую классификацию на основе степени их воздействия на окружающую среду по определенным выбранным критериям и показателям. Матричный расчет, в основе которого заложена система баллов оценки весомости показателей, достаточно широко применяется для ранжирования и различных производственных процессов [1, 2, 3].

[1]Федеральный регистр технологий производства продукции растениеводства. Система технологий. М.: Информагротех, 1999. 522 с. URL: https://ru.z-lib.bz/book/VgOd0AY2O5/Федеральный-регистр-технологий-производства-продукции-растениеводства.html

[2]Исходные требования на базовые машинные технологические операции в растениеводстве. Разраб.: д.т.н. В. П. Елизаров и др. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 270 с.

[3]Морозов Ю. Л., Андрианов В. М. Типовые требования к базовым машинным операциям при использовании их в технологических процессах производства продукции растениеводства. СПб.: ГНУ СЗНИИМЭСХ, 2004. 172 с.

[4]Старовойтова О. А., Старовойтов В. И., Мишуров Н. П., Щеголихина Т. А., Манохина А. А., Воронов Н. В. Технологии внесения удобрений и применения средств защиты при возделывании картофеля: аналит. обзор. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. 84 с.

Матричный анализ позволяет оценить значимость каждого отдельно взятого технологического процесса и соответствующего технического средства по выбранным критериям.

На практике для определения качества выполнения производственных процессов и получения ожидаемой продукции распространен метод рейтинговой (балльной) оценки [4, 5, 6].

Для выявления технологического уровня развития производства продукции растениеводства используют рейтинговую оценку на основе расчета индекса эффективности технологии. Такой способ расчета может использоваться для большинства сельскохозяйственных организаций с привязкой к технологическим особенностям территории [7].

Технологические процессы в растениеводстве в зависимости от природно-климатических условий производства, средств производства, состава технических средств и т. д. оказывают значительное воздействие на плодородие почвы, выбросы парниковых газов и вынос биогенных элементов с сельскохозяйственных угодий.

К наиболее значимым показателям оценки, влияющим на плодородие почвы, относят содержание гумуса, кислотность, влажность, пористость почвы, содержание подвижных форм азота, фосфора, обменного калия, а также ее биологическую активность [8].

На величину выделения парниковых газов в атмосферу влияют приемы обработки почвы, ее гранулометрический состав, дозы внесения удобрений, количество растительных остатков, выбросы вредных веществ от сгорания топлива в МТА [9].

Загрязнение окружающей среды, в частности водных объектов, биогенными элементами (азотом и фосфором) происходит при их выносе с сельскохозяйственных угодий с атмосферными осадками и зависит от площади водосбора [10].

Классифицируя технологии уборки сельскохозяйственных культур, например бахчевых, с целью последующей их оценки в зависимости от требований производства применяются такие признаки, как полнота сбора плодов, степень механизации процесса, способ уборки урожая и способ контроля качества урожая [11].

Для классификации лесных почвогрунтов Европейско-Уральского региона с учетом экологических требований используют признаки – деформируемость, уплотняемость, плодородие и восстановительная способность почв [12].

Ранжирование производственных объектов рекомендуется проводить через оценку технологий и их соответствию современному научно-техническому уровню по признаку экологического риска: 1 – умеренный; 2 – допустимый; 3 – неблагоприятный; 4 – критический и 5 – экстремальный (запрет производства) [2].

Измерительные технологии классифицируют по признаку их использования в различных отраслях технических наук [13], а при ранжировании устройств или оборудования, например, для производства смесей сыпучих материалов, учитывают особенности их конструкции, принципы функционирования, способы смесеобразования, а также технико-экономические показатели работы [14].

В целом одной из назревающих проблем аграрной науки является разработка высокорентабельных и энергоресурсосберегающих технологий для экологически безопасного производства сельскохозяйственной продукции. Разработка таких технологий требует проведения объективной оценки на основе предварительной классификации технологических процессов по степени негативного их воздействия на окружающую среду. Градация технологических процессов даёт возможности:

- выявить недостатки и разработать пути совершенствования технологий;
- определить наиболее энергоемкие процессы;
- сосредоточить однотипные операции на определённых технических средствах, что позволит снизить количество технологических настроек;
- использовать типовые процессы для сокращения общего количества технологических операций в технологиях для уменьшения негативного их влияния на окружающую среду.

Цель исследований – провести оценку технологических процессов в растениеводстве по степени негативного их воздействия на окружающую среду.

Научная новизна:

- обоснование перечня весомых показателей оценки негативного воздействия технологических процессов на окружающую среду;
- разработка математической модели для определения значений интегрального критерия для градации технологических процессов по уровню их воздействия на окружающую среду;

- разработка градации технологических процессов по степени негативного их влияния на окружающую среду расчетно-эмпирическим и экспертными методами.

Материал и методы. Материалами исследования послужили научные источники информации [2, 4, 7, 9, 10], технологические операции в технологиях возделывания зерновых культур, результаты измерения показателей оценки их воздействия на окружающую среду. Объектами исследования являлись технологические процессы и технологии возделывания зерновых культур.

Предмет исследования – оценка степени негативного влияния технологических процессов в технологиях возделывания зерновых культур на окружающую среду на основе их классификации.

При проведении исследования применяли следующие методы: математического моделирования; матричного расчета; экспертный (балльная оценка); экспериментальный (определение показателей оценки технологических процессов); статистической обработки опытных данных.

Исследования состояли из семи этапов:

- анализ литературных источников по теме исследований;

- выбор наиболее значимых показателей оценки степени негативного влияния технологических процессов на окружающую среду;

- разработка матрицы для анализа и определения технологических процессов, обеспечивающих снижение негативного воздействия на окружающую среду;

- классификация технологических процессов по уровню их воздействия на окружающую среду по результатам матричного расчета;

- обоснование интегрального критерия для определения степени воздействия технологических процессов на окружающую среду на основе экспериментального определения оценочных показателей;

- градация технологических процессов по уровню их воздействия на окружающую среду по результатам экспериментальных исследований;

- сравнительная оценка результатов исследований по градации технологических процессов, полученных экспертной оценкой и расчетно-эмпирическим методом.

Результаты и их обсуждение. *Градация технологических процессов экспертным методом (балльная оценка).* Для оценки весомости показателей и ранжирования процессов чаще всего используют балльную систему [5]. Такое ранжирование требует привлечения высококвалифицированных специалистов в соответствующей отрасли знаний. Балльная оценка может быть определена по шкале интервалов. Обычно в практике применяют 10-балльную, 5-балльную, 3-балльную шкалу или другие шкалы оценки. Количество устанавливаемых баллов зависит от числа оценочных показателей.

Для анализа и обоснования технологических процессов и технических средств, обеспечивающих снижение негативного влияния на окружающую среду, нами была разработана матрица базовых технологических процессов на примере возделывания зерновых культур (табл. 1).

В качестве признаков градации изучаемых технологических процессов выбраны три критерия: степень плодородия почвы, диффузная нагрузка на водные объекты (или вынос биогенных элементов с сельскохозяйственных угодий) и выбросы парниковых газов [8, 9, 10].

Для оценки весомости исследуемых процессов нами была применена 3-балльная шкала оценки.

Балльная шкала показывает степень негативного влияния конкретного технологического процесса на определенный показатель оценки, входящий в структуру выбранных критериев: «2» – сильное влияние; «1» – слабое влияние; «0» – незначительное влияние (или его отсутствие).

Всего выбраны 7 наиболее весомых показателей, входящих в структуру трех критериев, на которые воздействуют технологические процессы и соответствующие им технические средства. В ряде случаев для оценки процессов по выбранным критериям используются одинаковые показатели. В таком случае диапазон распределения баллов составляет от 0 до 14.

На основании принятой трехбалльной шкалы, нами установлено три диапазона изменения оценочных баллов, по которым производился выбор технологических процессов, обеспечивающих снижение негативного воздействия на окружающую среду.

Таблица 1 – **Матрица для анализа и градации технологических процессов по степени их негативного воздействия на окружающую среду /**
Table 1 – **Matrix for the analysis and gradation of technological processes according to the degree of their negative impact on the environment**

Технологический процесс / Technological processe	*Критерий экологической оценки при воздействии технологических процессов технологий возделывания с.-х. культур на окружающую среду / Criteria for environmental assessment of the impact of agricultural technologies on the environment*														*Сумма баллов по трем критериям / The sum of the points according to three criteria*
	степень плодородия почвы / the degree of soil fertility				*сумма баллов / the amount of points*	*диффузная нагрузка / diffuse load*			*сумма баллов / the amount of points*	*парниковые газы / greenhouse gases*					
	показатели оценки (в баллах) / evaluation indicators (in points)					*показатели оценки (в баллах) / evaluation indicators (in points)*				*показатели оценки (в баллах) / evaluation indicators (in points)*				*сумма баллов / the amount of points*	
	$Д_о$	$Б_о$	$Э_ч$	$С_о$		$С_у$	$С_п$	$С_о$		$В_о$	$С_у$	$С_п$	$Э_ч$	$С_о$		
Вспашка / Plowing	2	2	2	0	6	0	0	0	0	2	0	0	2	1	5	11
Культивация (предпосевная) / Cultivation (pre-sowing)	1	1	2	0	4	0	0	0	0	1	0	0	2	1	4	8
Внесение удобрений:/ Application of fertilizers:																
- минеральные / mineral	2	1	0	2	5	2	0	1	3	1	2	0	1	2	6	14
- органические / organic	2	1	0	0	3	2	0	2	4	1	2	0	0	2	5	12
Посев / Sowing	2	1	2	0	5	2	0	0	2	1	0	0	0	0	1	8
Междурядная обработка почвы / Row-by-row tillage	1	1	1	0	3	1	0	0	1	1	0	0	1	1	3	7
Обработка средствами защиты растений / Treatment with plant protection products:																
- химические / chemical	1	0	0	1	2	2	2	0	4	1	0	2	0	1	4	10
- биологические / biological	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	3
Десикация / Desiccation	0	0	0	0	0	0	2	0	2	1	0	2	0	0	3	5
Уборка (зерновые) / Harvesting (grain)	2	2	1	1	6	2	0	0	2	1	0	0	0	0	1	9
Транспортировка / Transportation	2	2	1	1	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	7

Примечания / Notes: $Д_о$ – давление движителей на почву, МПа / pressure of propellers on the soil, MPa; $Б_о$ – буксование движителей энергетического средства, % / slipping of the vehicle's propellers, %; $Э_ч$ – содержание эрозионно-опасных частиц, % / content of erosive-dangerous particles, %; $С_о$ – содержание органического вещества (гумуса) в почве, % / content of organic matter (humus) in the soil, %; $С_у$ – содержание питательных веществ (удобрений) в почве, кг/га / nutrient (fertilizer) content in the soil, kg/ha; $С_п$ – содержание в почве пестицидов, мг/кг / pesticide content in the soil, mg/kg; $В_о$ – выбросы вредных веществ двигателями МТА, г/га / emissions of harmful substances by MTA engines, g/ha

Так как, с учетом всех 3 критериев, по представленной матрице для конкретной технологии возделывания диапазон оценочных баллов колеблется от 0 до 14, при 14/3 получаем 4,67, что соответствует среднему значению. Таким образом, первый диапазон изменения баллов составляет «0–4,67», второй – «4,68–9,34» и третий – «9,35–14,0».

Первому диапазону «0–4,67» баллов соответствуют технологические процессы, которые оказывают незначительное негативное влияние (или его отсутствие) на окружающую среду, второму диапазону «4,68–9,34» баллов – технологические процессы, оказывающие слабое негативное влияние, третьему диапазону «9,35–14,0» баллов – сильное негативное влияние на окружающую среду

В результате проведения экспертной оценки определены следующие технологические процессы, оказывающие на окружающую среду:

• *незначительное негативное влияние* – защита растений от вредителей и болезней биологическими средствами (3 балла);

• *слабое негативное влияние*:

- культивация (предпосевная) (8 баллов);
- посев (8 баллов);
- междурядная обработка почвы (7 баллов);
- десикация (5 баллов);
- уборка урожая (9 баллов);
- транспортировка урожая (7 баллов);

• *сильное негативное влияние:*

- вспашка (11 баллов);
- внесение органических удобрений (12 баллов);
- внесение минеральных удобрений (14 баллов);
- защита растений от вредителей и болезней химическими средствами (10 баллов).

Градация технологических процессов расчетно-эмпирическим методом является более трудоемким по сравнению с экспертной оценкой, но при этом позволяет получать репрезентативные данные по оценочным показателям.

Как видно из данных таблицы 1, на плодородие почвы, диффузную нагрузку и выбросы парниковых газов в основном влияют семь показателей оценки технологических процессов и технических средств: давление $Д_д$ на почву и буксование $Б_д$ движителей, содержание в почве эрозионно опасных частиц $Э_ч$, органического вещества (гумуса) $С_о$, питательных веществ (удобрений) $С_у$, пестицидов $С_п$, а также выбросы вредных веществ $В_д$ двигателями при сгорании топлива. В общем случае, с учетом вышеперечисленных показателей, степень воздействия технологических процессов и соответствующих технических средств на окружающую среду может быть выражена формулой:

$$D_{mn}^{\text{ОС}} = f\left(Д_д, Б_д, Э_ч, С_о, С_у, С_п, В_д\right). \quad (1)$$

Перечисленные показатели оценки можно определить экспериментально и пределы их изменения приводятся во многих нормативных документах. Формула (1) представляет преобразование интегрального критерия в показатели, которые имеют интервалы своих возможных значений. В этом случае представляется возможным сравнение каждого отдельно взятого показателя с его предельно допустимым значением.

С учетом выражения (1), обобщение трех критериев, включающих в себя семь показателей экологической оценки воздействия технологических процессов на окружающую среду, позволяет сформулировать интегральный критерий, который определяется из выражения:

$$\overline{D}_{mn}^{\text{ОС}} = \frac{100}{n_n} \cdot \left(\left| \frac{Д_д^* - Д_д^{\text{ф}}}{Д_д^*} \right| + \left| \frac{Б_д^* - Б_д^{\text{ф}}}{Б_д^*} \right| + \left| \frac{Э_ч^* - Э_ч^{\text{ф}}}{Э_ч^*} \right| + \left| \frac{С_о^{\text{ф}} - С_о^*}{С_о^*} \right| + \left| \frac{С_у^{\text{ф}} - С_у^*}{С_у^*} \right| + \left| \frac{С_п^* - С_п^{\text{ф}}}{С_п^*} \right| + \left| \frac{В_д^* - В_д^{\text{ф}}}{В_д^*} \right| \right), \quad (2)$$

где n_n – общее количество весомых показателей оценки технологических процессов и технических средств; $Д_д^*$, $Б_д^*$, $Э_ч^*$, $С_о^*$, $С_у^*$, $С_п^*$, $В_д^*$ – допустимые агротехникой значения показателей оценки технологических процессов и технических средств; $Д_д^{\text{ф}}$, $Б_д^{\text{ф}}$, $Э_ч^{\text{ф}}$, $С_о^{\text{ф}}$, $С_у^{\text{ф}}$, $С_п^{\text{ф}}$, $В_д^{\text{ф}}$ – фактические значения показателей оценки технологических процессов и технических средств, установленных по результатам измерений.

На основе анализа литературных источников установлены допустимые значения показателей оценки негативного влияния технологических процессов на окружающую среду (табл. 2).

С использованием допустимых значений показателей оценки с помощью выражения (2) определяем значения интегрального критерия $D_{mn}^{\text{ОС}}$, по которым можно производить градацию технологических процессов. В таблице 3 приведены значения критерия $D_{mn}^{\text{ОС}}$ технологических процессов по уровню их воздействия на окружающую среду.

Таблица 2 – **Допустимые значения показателей оценки негативного влияния технологических процессов на окружающую среду /**
Table 2 – **Acceptable values of indicators for assessing the negative impact of technological processes on the environment**

Показатель / Indicator	*Допустимые значения / Acceptable values*	*Источник / Source*
1	2	3
Давление движителей на почву, МПа / Pressure of the propellers on the soil, MPa	Влажность почвы в слое 0-30 см (весенний период) / Soil moisture in the 0-30 cm layer (spring): - свыше 0,9 НВ – 0,08 / over 0.9 HB – 0.08; - свыше 0,7 НВ до 0,9 НВ включ. – 0,1 / over 0.7 HB to 0.9 HB inclusive – 0.1; - свыше 0,6 НВ до 0,7 НВ включ. – 0,12 / over 0.6 HB to 0.7 HB inclusive – 0.12; - свыше 0,5 НВ до 0,6 НВ включ. – 0,15 / over 0.5 HB to 0.6 HB inclusive – 0.15; - 0,5 НВ и менее – 0,18. / 0.5 HB and less – 0.18.	ГОСТ Р 58655-2019[5]
Буксование движителей энергетического средства, % / Slippage of the vehicle's propellers, %	15–20 % – для колесных пропашных / for wheeled row tractors 3–5 % – для гусеничных тракторов / for tracked tractors.	[15]
Содержание эрозионно опасных частиц, % / Content of erosive-dangerous particls, %	< 50	ГОСТ Р 53054 – 2008[6]
Содержание органического вещества (гумуса) в почве, % / Content of organic matter (humus) in the soil, %	Минерально-луговые – 3,5-4,0 / Mineral meadow soils – 3.5-4.0: - слабогумусированные (< 4 на целине, < 2,5 на пашне) / low-humus (< 4 on virgin soil, < 2.5 on arable land); - малогумусные (соответственно 4–6 и 2,5–4,0) / low-humus (4–6 and 2.5–4,0, respectively); - среднегумусные (> 6 на целине, > 4 на пашне) / medium-humus (> 6 on virgin soil, > 4 on arable land).	Справочное издание / Reference edition[7]
	Суглинистые – 2,5-3,0 / Loamy soils – 2.5-3.0; Супесчаные – 2,0-2,5 / Sandy loam – 2.0-2.5; Песчаные – 1,8–2,2; / Sandy – 1.8–2.2;	Справочное издание / Reference edition[8]
Оптимальное содержание питательных веществ (удобрений) в почве-/ Nutrient content (fertilizers) in the soil	**Азот, % / Nitrogen, %** Суглинистые – 0,15–0,50 / Loamy soils – 0.15–0.50 Супесчаные – 0,08–0,15 / Sandy loam soils – 0.08–0.15 Песчаные – 0,02 / Sandy soils – 0.02. **Фосфор, мг/кг почвы / Phosphorus, mg/kg soil** Суглинистые – 250–300 / Loamy soils – 250–300; Супесчаные – 200–250 / Sandy loam soils – 200–250; Песчаные – 150–200 / Sandy soils – 150–200; Минерально-луговые – 120–200 / Mineral meadow soils – 120–200. **Калий, мг/кг почвы / Potassium, mg/kg soil** Суглинистые – 200–300 / Loamy soils – 200–300; Супесчаные – 170–250 / Sandy loam soils – 170–250; Песчаные – 100–150 / Sandy soils – 100–150; Минерально-луговые – 150–200 / Mineral meadow soils – 150–200.	[16], учебное пособие / training manual[9]; справочное издание / reference edition[10]
Содержание в почве пестицидов, мг/кг / Pesticide content in soil, mg/kg	< 0,5	СанПиН 1.2.3685-21[11]; ГОСТ 17.4.1.02-83[12]

[5]ГОСТ Р 58655- 2019. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву. М.: Стандартинформ, 2019. 8 с. URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293725/4293725777.pdf
[6]ГОСТ Р 53054 – 2008. Машинные технологии производства продукции растениеводства. Методы экологической оценки. М.: Стандартинформ, 2009. 23 с. URL: https://ohranatruda.ru/upload/iblock/4bc/4293831099.pdf
[7]Богатырев Л. Г., Васильевская В. Д., Владыченский А. С., Гришина Л. А., Евдокимова Т. И., Зборищук Ю. Н. и др. Типы почв, их география и использование. М.: Высшая школа, 1988. Ч. 2. 368 с.
[8]Справочник агрохимика. Под. ред. В. В. Лапа. Минск: Белорусская наука, 2007. 390 с.
[9]Шеуджен А. Х., Кизинѐк С. В., Слюсарев В. Н. Агрохимия. Ч. 7. Региональная агрохимия: учебное пособие. Краснодар: КубГАУ, 2018. 460 с.
[10]Справочник агрохимика. 2007.
[11]Постановление от 28 января 2021 года № 2 СанПиН 1.2.3685-21. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». [Электронный ресурс]. URL: https://nagut6.gosuslugi.ru/netcat_files/174/2801/SP123685_21.pdf (дата обращения: 02.04.2025).
[12]ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. М.: Стандартинформ, 2009. 4 с. URL: https://ohranatruda.ru/upload/iblock/22f/4294851976.pdf

Продолжение табл. 2

1	2	3
Выбросы вредных веществ двигателями МТА, г/(кВт·ч.) / Emissions of harmful substances by MTA engines, g/(kW·h)	**Для двигателей внутреннего сгорания / For internal combustion engines**: - оксиды азота – не более 18 г/(кВт·ч.) / nitrogen oxides – no more than 18 g/(kW h); - оксид углерода – не более 10 г/(кВт·ч.) / carbon monoxide – no more than 10 g/(kW h); - углеводороды – не более 4,5 г/(кВт·ч.). / hydrocarbons – no more than 4.5 g/(kW h).	ГОСТ 17.2.2.05-97[13]
	Для процесса / For the process: $Q_{\text{тв}} \leqslant Q_{\text{га}}^{\text{опт}} \cdot q_{\text{тв}}$, где $Q_{\text{га}}^{\text{опт}}$ – расход топлива в оптимальных режимах работы МТА, кг/га / $Q_{\text{га}}^{\text{опт}}$ is the fuel consumption in optimal MTA operating modes, kg/ha; $q_{\text{тв}}$; $q_{\text{тв}}$ – количество выбросов токсичных компонентов при сгорании 1 кг топлива / is the amount of toxic component emissions from the combustion of 1 kg of fuel	[17, 18]

Как видно из данных таблицы 3, расчетные значения интегрального критерия $D_{mn}^{\text{ОС}}$ колеблются в пределах от -0,0378 до -0,3883. С учетом установленного интервала изменения критерия $D_{mn}^{\text{ОС}}$ можно выделить три диапазона его изменения (табл. 4), по которым производится градация технологических процессов.

Таблица 3 – **Расчетные значения интегрального критерия $D_{mn}^{\text{ОС}}$ для градации технологических процессов /**
Table 3 – **Calculated values of the integral criterion $D_{mn}^{\text{ОС}}$ for the gradation of technological processes**

Технологический процесс / Technological process	*Значения / Values*
Внесение органических удобрений / Application of organic fertilizers	-0,0378
Обработка биологическими средствами защиты растений / Treatment with biological plant protection products	-0,058
Междурядная обработка почвы / Row-by-row tillage	-0,1079
Посев / Sowing	-0,110
Внесение минеральных удобрений / Application of mineral fertilizers	-0,135
Культивация предпосевная / Pre-sowing cultivation	-0,1686
Уборка урожая / Harvesting	-0,2465
Вспашка / Plowing	-0,2491
Транспортировка урожая / Transportation of crops	-0,256
Обработка химическими средствами защиты растений / Treatment with chemical plant protection products	-0,3723
Десикация / Desiccation	-0,3883

Завершающим этапом настоящих исследований является сравнение результатов, полученных при экспертной оценке и расчетно-эмпирическим методом.

Сравнительная оценка результатов градации технологических процессов методом экспертной оценки (по балльной шкале весомости) и расчетно-эмпирическим методом (по результатам экспериментальных исследований) показывает их неидентичность. При этом предпочтение все же необходимо отдавать второй оценке в ущерб первой. Это связано с тем, что расчетно-эмпирический метод, хотя трудоемкий, опирается на наблюдения и репрезентативные экспериментальные данные, что делает его более объективным и надежным по сравнению с экспертным методом. Так как экспертный метод из-за недостатка количественных данных

[13]ГОСТ 17.2.2.05-97. Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы определения выбросов вредных веществ с отработавшими газами дизелей, тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин. Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998. 9 с. URL: https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294847/4294847481.pdf

и неучтенных факторов, зависимости от компетенции экспертов позволяет дать только субъективную оценку, что в итоге снижается ее точность и надежность. В этой связи экспертный метод целесообразно использовать при невозможности проведения экспериментальных исследований.

Таблица 4 – **Диапазоны изменения интегрального критерия и градация технологических процессов от уровня их воздействия на окружающую среду /**
Table 4 – **Ranges of change in the integral criterion and gradation of technological processes based on their environmental impact**

≥ 0	Технологические процессы, не оказывающие негативное влияние на окружающую среду / Technological processes that do not have a negative impact on the environment
0… -0,13	Технологические процессы, оказывающие незначительное негативное влияние на окружающую среду / Technological processes that have a minor negative impact on the environment
-0,13… -0,26	Технологические процессы, оказывающие слабое негативное влияние на окружающую среду / Technological processes that have a low negative impact on the environment
-0,26… -0,39	Технологические процессы, оказывающие сильное негативное влияние на окружающую среду / Technological processes that have a strong negative impact on the environment

Основываясь на результаты, полученные расчетно-эмпирическим методом, можно сделать вывод, что такие технологические процессы, как вспашка, внесение минеральных удобрений, культивация предпосевная, уборка и транспортировка урожая, обработка химическими средствами защиты растений, десикация подлежат технико-технологическому совершенствованию.

Технико-технологическое совершенствование представляет собой разработку технико-технологических решений, реализация которых обеспечит энерго-экономическую эффективность и экологическую безопасность технологических процессов и технических средств в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур.

Технико-технологические решения должны включать:

- усовершенствованные технологические процессы, технические средства и их рабочие органы;
- оптимальные (или рациональные) режимы функционирования технических средств;
- оптимальные нормы удобрений и усовершенствованные способы их внесения;
- рационально скомплектованные МТА с учетом зонального характера энергетических средств и технологических модулей (машин);
- энергоресурсосберегающие и экологически безопасные технологические процессы и технические средства.

Заключение. В результате исследований обоснован перечень весомых показателей оценки негативного воздействия технологических процессов на окружающую среду. Разработана матрица для анализа и определения технологических процессов, обеспечивающих снижение негативного воздействия на окружающую среду методом экспертной оценки.

Разработана математическая модель для определения значений интегрального критерия, по которым производится градация технологических процессов расчетно-эмпирическим методом.

Представлена градация технологических процессов по степени негативного их влияния на окружающую среду расчетно-эмпирическим и экспертными методами. Градация технологических процессов расчетно-эмпирическим методом является более объективной и надежной по сравнению с экспертным методом, так как опирается на наблюдения и репрезентативные экспериментальные данные. В связи с этим экспертный метод целесообразно использовать при невозможности проведения экспериментальных исследований.

Результаты исследований в дальнейшем можно использовать при разработке энергоресурсосберегающих и экологически безопасных технологий возделывания сельскохозяйственных культур, а также для оценки влияния технологических процессов на устойчивость и стабильность агроэкосистем при производстве продукции растениеводства.

Список литературы

1. Черова М. В. Экологическая оценка состояния территории Республики Саха (Якутия). Международный технико-экономический журнал. 2017;(3):94–97. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29661200 EDN: YZBZDV

2. Алборов И. Д., Бурдзиева О. Г., Тедеева Ф. Г., Глазов А. П. Экологический риск в природно-технической системе. Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2017;(71):100–103. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32294095 EDN: YMAOZE

3. Симакова М. С. О принципах классификации пахотных почв России. Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2018;(92):95–121. DOI: https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-92-95-121 EDN: UQICTB

4. Мелешкина Е. П., Приезжева Л. Г., Леонова Т. А., Панкратьева И. А., Очеретенко Т. И. Комплексная балльная органолептическая оценка зернопродуктов. Контроль качества продукции. 2017;(5):40–43. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=ymsfkz EDN: YMSFKZ

5. Приезжева Л. Г., Леонова Т. А., Мелешкина Е. П., Панкратьева И. А., Очеретенко Т. И. Совершенствование методики балльной оценки зернопродуктов. Хлебопродукты. 2012;(1):61–63. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17257600 EDN: ONQVYL

6. Орманджи К. С. Контроль качества полевых работ. М.: Россельхозиздат, 2001. 189 с. Режим доступа: http://opac.skunb.ru/index.php?url=/notices/index/IdNotice:646106/Source:default

7. Волкова Е. А. Рейтинговая оценка технологической эффективности производства продукции растениеводства. Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2021;(4):4–7. DOI: https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/4/4-7 EDN: DZCJOX

8. Джабборов Н. И., Мишанов А. П., Добринов А. В., Савельев А. П. Моделирование и оценка уровня плодородия почвы. Инженерные технологии и системы. 2024;34(3):407–423. DOI: https://doi.org/10.15507/2658-4123.034.202403.407-423 EDN: ABOJCL

9. Джабборов Н. И., Мишанов А. П., Захаров А. М., Добринов А. В. Методика оценки уровня выбросов парниковых газов при возделывании сельскохозяйственных культур. Сельскохозяйственные машины и технологии. 2024;18(3):75–81. DOI: https://doi.org/10.22314/2073-7599-2024-18-3-75-81 EDN: CEXDWM

10. Джабборов Н. И., Савельев А. П., Добринов А. В., Захаров А. М., Жуйков И. И. Моделирование и прогнозирование выноса биогенных элементов с сельскохозяйственных угодий в зависимости от агрофизических свойств почвы. Инженерные технологии и системы. 2024;34(1):101–114. DOI: https://doi.org/10.15507/2658-4123.034.202401.101-114 EDN: EOEFRT

11. Шапров М. Н., Седов А. В., Гурба А. В. Анализ технологий и способов уборки бахчевых культур. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020;(2(58)):363–374. DOI: https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-02-36 EDN: ECSPVX

12. Шаров А. Ю. Классификация лесных почвогрунтов Европейско-Уральского региона с учетом экологических требований при проектировании транспортных и технологических процессов заготовки древесины. Леса России и хозяйство в них. 2008;(2(30)):54–57. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21127608 EDN: QACQST

13. Рощин Д. А. К вопросу о классификации измерительных технологий. Universum: технические науки. 2023;(8-1(113)):49–52. DOI: https://doi.org/10.32743/UniTech.2023.113.8.15838 EDN: XQOORS

14. Лапина В. А. Возможная классификация устройств для производства смесей сыпучих материалов. Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2020;(10):473–475. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=44298694 EDN: BGQOLD

15. Косенко В. В. Гусеничные тракторы в сельском хозяйстве России. Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. 2018;(1(17)):237–247. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=35425344 EDN: XWEKVV

16. Аббасова А. А., Слюсарев В. Н. Азот и формы его содержания в почве. Тенденции развития науки и образования. 2023;(95-4):169–171. DOI: https://doi.org/10.18411/trnio-03-2023-210 EDN: QXVNJZ

17. Джабборов Н. И., Косульников Р. А., Добринов А. В., Комоедов А. В. Сравнительная энерго-экологическая оценка почвообрабатывающих агрегатов. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2024;(1(73)):251–263. DOI: https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-01-29 EDN: ZUGUUZ

18. Суркин В. И., Петелин А. А., Федосеев С. Ю. Снижение дымности отработавших газов дизеля отключением части цилиндров. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. 2012;(33(292)):69–74. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=18043723 EDN: PEWCZL

References

1. Cherova M. V. Ecological assessment of the territory of the Republic of Sakha (Yakutia). *Mezhdunarodny tekhniko-ekonomichesky zhurnal*. 2017;(3):94–97. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29661200

2. Alborov I. D., Burdziyeva O. G., Tedeyeva F. G., Glazov A. P. Environmental risk in the natural-technical system. *Trudi Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2017;(71):100–103. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32294095

3. Simakova M. S. On the principles of classification of arable soils in Russia. *Byulleten Pochvennogo instituta im. V. V. Dokuchayeva* = Dokuchaev Soil Bulletin. 2018;(92):95–121. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.19047/0136-1694-2018-92-95-121

4. Meleshkina E. P., Priyezzheva L. G., Leonova T. A., Pankratyeva I. A., Ocheretenko T. I. Comprehensive organoleptic scoring of grain products. *Kontrol kachestva produktsii* = Production Quality Control. 2017;(5):40–43. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=ymsfkz

5. Priyezzheva L. G., Leonova T. A., Meleshkina E. P., Pankratyeva I. A., Ocheretenko T. I. Improving the methodology of scoring grain products. *Khleboprodukti*. 2012;(1):61–63. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17257600

6. Ormandzhi K. S. Field work quality control. Moscow: *Rosselkhozizdat*, 2001. 189 p. URL: http://opac.skunb.ru/index.php?url=/notices/index/IdNotice:646106/Source:default

7. Volkova E. A. Rating score of technological efficiency of crop production. *Vestnik rossiyskoy selskokhozyaystvennoy nauki* = Vestnik of the Russian agricultural science. 2021;(4):4–7. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30850/vrsn/2021/4/4-7

8. Dzhabborov N. I., Mishanov A. P., Dobrinov A. V., Savelev A. P. Modeling and assessment of soil fertility level. *Inzhenerniye tekhnologii i sistemi* = Engineering Technologies and Systems. 2024;34(3):407–423. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.15507/2658-4123.034.202403.407-423

9. Dzhabborov N. I., Mishanov A. P., Zakharov A. M., Dobrinov A. M. Methodology for Assessing the Level of Greenhouse Gas Emissions in Agricultural Crops Production. *Selskokhozyaystvenniye mashini i tekhnologii* = Agricultural Machinery and Technologies. 2024;18(3):75–81. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.22314/2073-7599-2024-18-3-75-81

10. Dzhabborov N. I., Savelyev A. P., Dobrinov A. V., Zakharov A. M., Zhuykov I. I. Modeling and forecasting the removal of biogenic elements from agricultural lands depending on the soil agrophysical properties. *Inzhenerniye tekhnologii i sistemi* = Engineering Technologies and Systems. 2024;34(1):101–114. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.15507/2658-4123.034.202401.101-114

11. Shaprov M. N., Sedov A. V., Gurba A. V. Analysis of technologies and methods of harvesting melons. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vissheye professionalnoye obrazovaniye* = Proceedingsof Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education. 2020;(2(58)):363–374. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.32786/2071-9485-2020-02-36

12. Sharov A. Yu. Classification of wood soils of the EvropejskoUral region taking into account ecological requirements at designing of transport and technological processes of preparation of wood. *Lesa Rossii i khozyaystvo v nikh* = Forests of Russia and economy in them. 2008;(2(30)):54–57. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21127608

13. Roshchin D. A. On the issue of classification of measuring technologies. *Universum: tekhnicheskiye nauki*. 2023;(8-1(113)):49–52. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.32743/UniTech.2023.113.8.15838

14. Lapina V. A. Possible classifica tion of devices for the production of mixtures of bulk ma terials. *Izvestiya Tulskogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskiye nauki*. 2020;(10):473–475. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=44298694

15. Kosenko V. V. Crawler tractors in russians agriculture. *Konstruirovaniye, ispolzovaniye i nadezhnost mashin selskokhozyaystvennogo naznacheniya*. 2018;(1(17)):237–247. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=35425344

16. Abbasova A. A., Slyusarev V. N. Nitrogen and forms of its content in the soil. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2023;(95-4):169–171. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.18411/trnio-03-2023-210

17. Dzhabborov N. I., Kosulnikov R. A., Dobrinov A. V., Komoedov A. V. Comparative energy-ecological assessment of soil tillage machines. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vissheye professionalnoye obrazovaniye* = Proceedingsof Nizhnevolzskiy Agrouniversity Complex: Science and Higher Vocational Education. 2024;(1(73)):251–263. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.32786/2071-9485-2024-01-29

18. Surkin V. I., Petelin A. A., Fedoseev S. Yu. Decreasing smoke of the exhaust gases of diesel engine through the process cylinders cutout. *Vestnik Yuzhno-Uralskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Mashinostroyeniye* = Bulletin of South Ural State University, Series «Mechanical engineering industry». 2012;(33(292)):69–74. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=18043723

Вклад авторов: все авторы статьи внесли значимый вклад в проведение научных исследований и подготовку материалов к публикации, который выражается в разработке общей концепции и формировании плана исследования (Джабборов Н. И., Добринов А. В., Эвиев В. А.), проведении анализа данных (Добринов А. В., Эвиев В. А.), подготовке структуры и смысловом наполнении рукописи (Джабборов Н. И., Добринов А. В.).

Сведения об авторах

Джабборов Нозим Исмоилович, доктор техн. наук, профессор, заведующий отделом технической диагностики, ремонта и эксплуатации машин Научного центра инновационных технологий и механизации сельского хозяйства Таджикской академии сельскохозяйственных наук, ул. проф. Х. Домуллоджанова, д. 3, пгт. Шарора, г. Гиссар, Республика Таджикистан, 735022, **ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8910-2625**

Добринов Александр Владимирович, кандидат техн. наук, доцент, заведующий учебно-экспериментальной базой ГАОУ ВО Ленинградской области «Ленинградский государственный университет имени А. С. Пушкина», Петербургское шоссе, д. 10, г. Санкт-Петербург – Пушкин, Российская Федерация, 196605, e-mail: priemlgu@lengu.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3242-1235**

✉ **Валерий Андреевич Эвиев**, доктор техн. наук, доцент, заведующий кафедрой агроинженерии, ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова», ул. Пушкина, д. 11, г. Элиста, Республика Калмыкия, Российская Федерация, 358000, e-mail: uni@kalmsu.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0329-2013**, e-mail: aviev@yandex.ru

Author contributions: All authors of the article made a significant contribution to the scientific research and preparation of materials for publication, which is expressed in the development of the general concept and the formation of the research plan (Dzhabborov N. I., Dobrinov A. V., Eviev V. A.), conducting data analysis (Dobrinov A. V., Eviev V. A.), preparing the structure and semantic content of the manuscript (Dzhabborov N. I., Dobrinov A. V.).

Information about the authors

Nozim I. Jabborov, DSc in Engineering, professor, Head of the Department of Technical Diagnostics, Repair, and Operation of Machines, Research Center for Innovative Technologies and Agricultural Mechanization of the Tajik Academy of Agricultural Sciences, 3 Prof. H. Domullojanov Street, Sharora settlement, Hissar, Republic of Tajikistan, 735022, **ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8910-2625**

Aleksandr V. Dobrinov, PhD in Engineering, associate professor, Head of the Educational and Experimental Base, Pushkin Leningrad State University, 10 Peterburgskoe Shosse, Pushkin, St. Petersburg, Russian Federation, 196605, e-mail: priemlgu@lengu.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3242-1235**

✉ **Valery A. Eviev**, DSc in Engineering, associate professor, Head of the Department of Agricultural Engineering, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, 11 Pushkin Street, Elista, Kalmykia, Russian Federation, 358000, e-mail: uni@kalmsu.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0329-2013**, e-mail: aviev@yandex.ru

✉ – Для контактов / Corresponding author

ЭКОНОМИКА / ECONOMY

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.731–745
УДК 332.05

Митигация и адаптация к изменениям климата в агропродовольственном секторе: мировой и российский опыт

© 2026. М. А. Котомина✉, А. В. Радикевич, Г. А. Назаренко
ФГБУН Институт географии Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация

Статья посвящена роли агропродовольственного комплекса в процессах смягчения антропогенного воздействия на климат и адаптации к климатическим изменениям на нескольких масштабных уровнях – глобальном, страновом и региональном. Агропродовольственный сектор отвечает за 30 % мировых выбросов парниковых газов за счет сведения лесов, выбросов от скотоводства, эмиссии с пашен и пастбищ, производства минеральных удобрений, расходов топлива при транспортировке и потреблении продовольствия. Эффективный путь климатической митигации на глобальном уровне состоит в сохранении природных экосистем из-за их поглощающей способности, но снижение выбросов во всех секторах экономики, в том числе в сельском хозяйстве, очень важно. В России выбросы парниковых газов (ПГ) от сельского хозяйства составляют менее 5 % совокупных выбросов ПГ, поэтому климатическая митигация в аграрном секторе не рассматривается как приоритетное направление на федеральном уровне. Главные источники выбросов от сельского хозяйства в России – сельскохозяйственные почвы (43,1 %), внутренняя ферментация животных (42,4 %), хранение навоза (12,8 %). На уровне регионов РФ разработаны планы адаптации к изменениям климата, включающие адаптацию АПК: влагосберегающие технологии и точное земледелие; создание фондов семян адаптированных сортов растений; страхование сельскохозяйственных рисков; агролесоводство и создание защитных лесополос; борьбу с сельскохозяйственными вредителями и заболеваниями. В связи с нарастанием эффектов от изменения климата российский аграрный сектор нуждается в углублении и расширении мер по снижению выбросов парниковых газов и адаптации к имеющимся и будущим климатическим рискам.

Ключевые слова: *климатическая митигация, климатическая адаптация, антропогенное изменение климата, агропродовольственный сектор, агропромышленный комплекс, климатическая политика*

Благодарности: Исследование выполнено при поддержке гранта Минобрнауки РФ (Соглашение № 075-15-2024-554 от 24.04.2024) http://www.igras.ru/4046

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Котомина М. А., Радикевич А. В., Назаренко Г. А. Митигация и адаптация к изменениям климата в агропродовольственном секторе: мировой и российский опыт. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):731–745. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.731-745

Поступила в редакцию: 05.09.2025 Принята к публикации: 09.06.2026
Доработана после рецензирования: 05.03.2026 Опубликована онлайн: 30.06.2026

Climate change mitigation and adaptation in the agri-food sector: global and Russian experience

© 2026. Maria A. Kotomina✉, Andrej V. Radikevich, Grigorij A. Nazarenko
Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

This article is devoted to the role of the agri-food sector in mitigating anthropogenic impacts on the climate and adapting to climate change at multiple levels—global, national, and regional. The agri-food sector accounts for about 30 % of global greenhouse gas (GHG) emissions, due to deforestation, emissions from livestock, croplands and pastures, production of mineral fertilizers, as well as fuel consumption for transportation and food consumption. An effective way for climate mitigation at the global level is the preservation of natural ecosystems due to their carbon sequestration capacity, but emission reduction across all economic sectors, including agriculture, is critically important. In Russia, GHG emissions from agriculture account for less than 5 % of total greenhouse gas emissions, and therefore climate mitigation in the agricultural sector is not considered a priority at the federal level. The main sources of agricultural emissions in Russia are agricultural soils (43.1 %), enteric fermentation in animals (42.4 %), and manure storage (12.8 %). At the regional level, there have been developed adaptation plans for climate change that include adaptation measures for the agro-industrial complex: water-saving technologies and precision farming, the creation of seed banks of climate-adapted crop cultivars, agricultural risk insurance, agroforestry and the establishment of protective shelterbelts, and the control of agricultural pests and diseases. With the increasing impacts of climate change, Russia's agricultural sector needs to deepen and expand its mitigation and adaptation measures in response to current and future climate risks.

Keywords: *climate mitigation, climate adaptation, anthropogenic climate change, agri-food sector, agro-industrial complex, climate policy.*

Acknowledgments: The research was supported by a grant from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Agreement No. 075-15-2024-554 dated April 24, 2024).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interests: the authors declared no conflict of interest.

***For citation**:* Kotomina M. A., Radikevich A. V., Nazarenko G. A. Climate change mitigation and adaptation in the agri-food sector: global and Russian experience. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):731–745. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.731-745

Received: 05.09.2025
Revised: 05.03.2026
Accepted for publication: 09.06.2026
Published online: 30.06.2026

Актуальность климатической повестки возрастает в большинстве сфер экономики и повседневной жизни. В 2024 г. средняя температура земной поверхности превысила доиндустриальный уровень (1850–1900 гг.) на 1,55 °С. 2024 г. был самым теплым за 175-летнюю историю наблюдений, при этом каждый год из последних 10 лет был самым теплым в истории. Международными климатическими организациями признано, что антропогенная эмиссия парниковых газов является ведущим фактором глобального изменения климата. Атмосферная концентрация углекислого газа в 2023 г. составила 151 % от доиндустриального уровня (1750 г.), метана – 265 %, закиси азота – 125 %. Общая концентрация парниковых газов в атмосфере Земли является наивысшей за последние 800 тыс. лет[1].

С высокой вероятностью человечеству не удастся удержать потепление в пределах 1,5 °С от доиндустриального уровня, а сдерживание роста глобальной температуры в пределах 2 °С потребует от мирового сообщества сверхусилий по ограничению выбросов парниковых газов. Несмотря на трудность достижения климатических целей, нарастающие негативные эффекты от изменения климата вынуждают к принятию мер по ограничению выбросов парниковых газов [1]. Сельскому и лесному хозяйству отводится значимая роль в стратегии климатической митигации[2], т. е. в сдерживании эмиссии парниковых газов и улавливании их из атмосферы. Переход к низкоуглеродным агросистемам и устойчивому землепользованию имеет важное значение для России – страны с огромной территорией, оказывающей значительное влияние на глобальную экосистему[3] [2].

Кроме климатической митигации, перед экономикой стран мира стоят и вызовы адаптации к уже существующим климатическим изменениям. Адаптация в сфере АПК идет по нескольким направлениям: страхование рисков, профилактика и смягчение последствий экстремальных природных явлений, изменение специализации аграрного производства вслед за изменениями климата.

Цель работы – проследить роль АПК в климатической митигации и адаптации в глобальном, страновом и региональном контексте; проанализировать взаимосвязь климатической политики на разных масштабных уровнях, а также действующие и потенциальные меры по митигации и адаптации к изменению климата в агропродовольственной сфере.

Научная новизна – на основе последних статистических данных сопоставлены роли АПК в мировой, страновой и региональной климатической повестке. Проанализировано и обобщено содержание опубликованных региональных планов адаптации к изменению климата на уровне субъектов Российской Федерации. Подчеркивается разница подходов к климатической митигации и адаптации на уровнях мирового сообщества и Российской Федерации.

Материал и методы. Источниками данных послужили: доклады международных организаций (МГЭИК, ФАО, ОЭСР) об изменении климата; национальные доклады Российской Федерации о выбросах парниковых газов; международные и национальные нормативно-правовые акты, касающиеся изменения климата; планы адаптации к изменениям климата субъектов РФ. В работе использованы методы: монографический, абстрактно-логический, сравнительного и статистического анализов.

[1]State of the Global Climate 2024. World Meteorological Organization, 2025. [Электронный ресурс]. URL: https://wmo.int/publication-series/state-of-global-climate-2024 (дата обращения: 04.09.2025)

[2]Термин «митигация» происходит от английского «mitigation» – «смягчение, ослабление».

[3]Митрова Т., Хохлов А., Мельников Ю., Пердеро А., Мельникова М., Залюбовский Е. Глобальная климатическая угроза и экономика России: в поисках особого пути. Центр энергетики Московской школы управления Сколково. М., 2020. [Электронный ресурс]. URL: https://www.np-sr.ru/ru/content/49151-globalnaya-klimaticheskaya-ugroza-i-ekonomika-rossii-v-poiskah-osobogo-puti (дата обращения: 04.09.2025).

Результаты и их обсуждение. *Роль агропродовольственного сектора в антропогенных выбросах парниковых газов.* В международных докладах об изменении климата учет выбросов парниковых газов, связанных с сельским хозяйством, ведется по двум секторам: 1) «Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство» (ЗИЗЛХ) – включает баланс парниковых газов на «управляемых землях», куда входят сельскохозяйственные земли, земли лесного фонда, застроенные земли, водоемы и прочие земли[4]; 2) «Сельское, лесное хозяйство и другие виды землепользования» (AFOLU[5]) – представляет более широкую категорию, включающую как землепользование (сектор ЗИЗЛХ), так и сельское хозяйство [2].

Сектор AFOLU отвечает, по разным оценкам, за 13–21 % выбросов парниковых газов от глобальных антропогенных (период 2010–2019 гг.). Главным драйвером выбросов CO_2 было изменение землепользования: на обезлесение приходилось 45 % всех выбросов сектора. В то же время на AFOLU приходится около 40 % антропогенной эмиссии метана (период 2007–2016 гг.); объем выбросов увеличился на 10 % в 1990–2019 гг. за счет лесных и торфяных пожаров при относительно стабильном объеме эмиссии метана от сельского хозяйства[6].

По оценкам ФАО, на долю агропродовольственных систем, охватывающих все аспекты производства, распределения и потребления продовольствия, в 2022 г. приходилось 16,2 млрд т (гигатонн) парниковых газов (в эквиваленте двуокиси углерода – CO_2), что составило 29,7 % мировых выбросов (рис. 1). Хотя объем выбросов от агропродовольственного сектора вырос на 10 % по сравнению с 2000 г., его доля в мировой эмиссии парниковых газов впервые сократилась до уровня менее 30 % (в 2000 г. она составляла 38 %)[7].

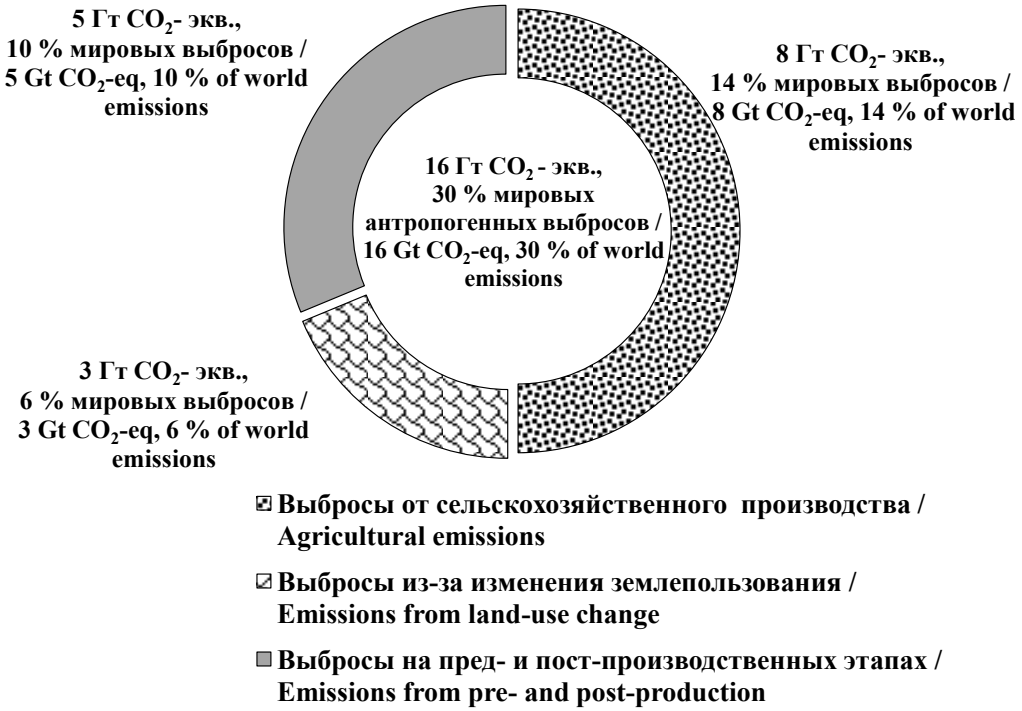

Рис. **Выбросы агропродовольственных систем в 2021 г. Составлено авторами по данным FAO[8] /**
Fig. **Emissions from agri-food systems in 2021. Compiled by the authors based on data from «FAO[8]**

[4]Особенность сектора ЗИЗЛХ в том, что он является как эмитентом парниковых газов (из-за обезлесения, распашки земель, осушения болот), так и поглотителем за счет лесных территорий и природных экосистем. Например, в России этот сектор является крупным нетто-поглотителем парниковых газов за счет большого массива лесов.
[5]AFOLU – agriculture, forestry and other land uses.
[6]Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report. [Электронный ресурс]. URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/ (дата обращения: 04.09.2025).
[7]FAO. 2023. Agrifood systems and land-related emissions. Global, regional and country trends, 2001–2021. FAOSTAT Analytical Briefs Series No. 73. Rome. [Электронный ресурс].
URL: https://openknowledge.fao.org/items/f1d26bec-8c1f-41b0-8f1c-ca4bef7f5c95 (дата обращения: 04.09.2025)
[8]URL: https://openknowledge.fao.org/items/f1d26bec-8c1f-41b0-8f1c-ca4bef7f5c95

В мировом масштабе, по данным ФАО, преобладают выбросы парниковых газов от животноводства, преобразования природных экосистем в сельхозземли, растениеводства и утилизации органических отходов в АПК (табл. 1). Однако объем и структура выбросов сильно различаются по странам (табл. 2). Например, в Китае большую роль играют несельскохозяйственные выбросы (производство и транспортировка удобрений, пестицидов, кормов и т. п., переработка и распределение продовольствия, пищевые отходы), тогда как в Бразилии ведущую роль в выбросах играет преобразование лесов в сельхозземли. Россия занимает 6-е место в мире по выбросам парниковых газов в агропродовольственном секторе при ведущей роли несельскохозяйственных выбросов (табл. 2).

Таблица 1 **– Источники выбросов парниковых газов (ПГ) в агропродовольственных системах (среднее за 1990–2022 гг.) /**
Table 1 **– Sources of greenhouse gas (GHG) emissions in the agrifood systems (average for 1990–2022)**

Источник выбросов ПГ / Source of greenhouse gas emissions	*Объем выбросов ПГ, млрд т CO_2-экв. в год / Volume of greenhouse gas emissions, billion t CO_2-eq. per year*
Выбросы от животноводства / Emissions from livestock	4,26
Преобразование лесов в с.-х. земли / Conversion of forests to agricultural land	2,95
Выбросы от растениеводства / Emissions from crop production	1,51
Утилизация органических отходов в АПК / Agrifood systems waste disposal	1,28
Потребление продовольствия в домохозяйствах / Food household consumption	1,20
Использование энергии при с.-х. производстве / On-farm energy use	0,93
Осушение болот / Draining of bogs	0,92
Сбыт продовольствия / Food marketing	0,76
Пищевая промышленность / Food processing	0,66
Выбросы от использования минеральных удобрений / Emissions from mineral fertilizers use	0,60
Транспортировка продовольствия / Food transportation	0,56
Производство минеральных удобрений / Mineral fertilizers production	0,47
Производство упаковки для пищевой продукции / Food packaging production	0,32

Источник: составлено авторами по данным FAOSTAT[9] / Source: compiled by the authors based on FAOSTAT data[9]

Направления климатической митигации и адаптации в агропродовольственном секторе. В АПК климатическая митигация – смягчение антропогенного влияния на изменение климата – может идти в нескольких направлениях: 1) уменьшение выбросов парниковых газов путем структурной и технологической модернизации сельского хозяйства и других отраслей АПК; 2) производство биотоплива как альтернативы минеральному топливу; 3) трансформация потребительских привычек в сторону товаров с меньшим углеродным следом; 4) повышение поглощающей способности природных и природно-антропогенных экосистем.

1. Наибольший объем выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве приходится на метан, образующийся в результате внутренней ферментации жвачных животных. В 2015 г. выбросы парниковых газов от животноводства составили 6,2 Гт CO_2-экв. – 12 % всех антропогенных выбросов парниковых газов, из которых 60 % приходилось на крупный рогатый скот. Если рассматривать основные продукты животноводства – мясо, молоко, яйца – то 2/3 выбросов приходится на производство мяса[10].

[9]FAOSTAT. Общие выбросы. [Электронный ресурс]. URL: https://www.fao.org/faostat/ru/#data/GT/visualize (дата обращения: 04.09.2025).
[10]Pathways towards lower emissions. A global assessment of the greenhouse gas emissions and mitigation options from livestock agrifood systems. [Электронный ресурс].
URL: https://openknowledge.fao.org/items/b3f21d6d-bd6d-4e66-b8ca-63ce376560b5 (дата обращения: 04.09.2025).

Таблица 2 – **Крупнейшие эмитенты парниковых газов (ПГ) от агропродовольственных систем в 2023 г., млн тонн /**
Table 2 – **The largest emitters of greenhouse gases (GHG) from agri-food systems in 2023, million tonnes**

Страна / Countries	*Выбросы ПГ / Greenhouse gas emissions*					
	от агропродовольственных систем / from agri-food systems	*от изменения землепользования / from land-use change*	*с с.х. земель / from agricultural land*	*от растениеводства / from crop production*	*от животноводства / from livestock*	*на несельскохозяйственных этапах цепочки АПК / from pre- and post-production*
Китай / China	2265,9	0,0	951,5	319,0	371,2	1314,4
Бразилия / Brasil	2059,8	1252,3	1865,3	57,5	517,5	194,4
Индия / India	1413,1	0,8	1045,3	285,0	523,2	367,8
США / United States	1033,4	19,2	520,8	105,6	254,7	512,8
Индонезия / Indonesia	825,3	260,8	658,2	81,7	61,8	167,1
Россия / Russia	423,2	0,0	192,3	24,1	65,3	230,9
Канада / Canada	294,1	92,7	220,8	21,7	32,7	73,3
Пакистан / Pakistan	293,8	0,0	236,9	39,4	193,9	56,9
Австралия / Australia	283,9	1,7	228,6	16,7	101,1	55,2
Таиланд / Thailand	247,3	55,5	147,3	68,3	13,9	100,0

Источник: составлено авторами по данным FAOSTAT[11] / Source: compiled by the authors based on FAOSTAT data[11]

Говядина имеет наибольший углеродный след на единицу произведенного белка[12]. Пути к низкоуглеродному животноводству лежат в следующих областях: 1) повышение продуктивности скота и сокращение потерь продукции, позволяющие не увеличивать поголовье; 2) использование специальных кормов и добавок – ингибиторов метана (снижение выбросов до 40 %); 3) использование пород скота с пониженным метанообразованием[13] [3].

2. Метан, углекислый газ и закись азота выделяются во время переработки и хранения навоза. Меры по сокращению выбросов заключаются в создании современных систем хранения и компостирования, а также анаэробного сбраживания и переработки в биогаз. Биогаз в свою очередь способствует сокращению потребления минерального топлива. Сухой навоз может использоваться и как вид сырья при производстве биоугля (биочара), который служит для секвестрации углерода и улучшения почв [4].

3. Закись азота выделяется из пашни в результате использования азотных удобрений и минерализации растительных остатков. Для сокращения выбросов применяются методы точного внесения минеральных удобрений, контроль нормы внесения и другие агротехнологии, уменьшающие выброс азота из почвы [5].

4. Углерод, находящийся в связанном виде в растительном покрове, подземной органике и почве, выбрасывается в атмосферу из-за распашки земель и деградации пастбищ, а также в результате плоскостной и овражной эрозии на сельскохозяйственных землях. Средствами защиты почв и растительного покрова служат технологии нулевой и полосной обработки почвы, сокращение выпаса скота и восстановление пастбищ, создание лесополос для предотвращения водной и ветровой эрозии. Сокращение выбросов углерода с сельхозугодий может компенсировать до 4 % всех антропогенных выбросов[14].

[11]URL: https://www.fao.org/faostat/ru/#data/GT/visualize
[12]OECD (2022), Agricultural Policy Monitoring and Evaluation 2022: Reforming Agricultural Policies for Climate Change Mitigation, OECD Publishing, Paris. [Электронный ресурс]. URL: https://doi.org/10.1787/7f4542bf-en (даты обращения: 04.09.2025; 28.12.2025).
[13]URL: https://openknowledge.fao.org/items/b3f21d6d-bd6d-4e66-b8ca-63ce376560b5
[14]URL: https://doi.org/10.1787/7f4542bf-en

5. Метан выделяется с рисовых полей из-за разложения органических остатков в анаэробных условиях. Снижению выбросов способствуют периодическое осушение, удаление органических остатков, выращивание риса с меньшей биомассой, прецизионное управление ирригацией [6].

6. Снижение энергопотребления на фермах представляет относительно недорогой и доступный способ сокращения эмиссий сельского хозяйства. Он включает переход на возобновляемые источники энергии (солнечные батареи, ветровая энергия), размещение на сельскохозяйственных землях объектов «зеленой энергетики» (например, ветровых установок) и оптимизацию энергопотребления [7].

7. Расширение сельхозугодий служит основным драйвером обезлесения и деградации земель, снижения биоразнобразия и истощения запасов углерода в почвах. Глобально сельское хозяйство занимает около половины освоенных территорий; под животноводство отведено 78 % сельскохозяйственных земель (включая земли под кормовыми культурами, на которые приходится 35 % мировой продукции растениеводства). Крупные товарные хозяйства (скотоводческие фермы, плантации сои и масличной пальмы) отвечают за 40 % потерь экваториальных и тропических лесов, еще 33 % обезлесения приходится на мелкое натуральное сельское хозяйство. Митигация фактора расширения сельхозземель состоит в повышении продуктивности имеющихся сельхозугодий и препятствии к их расширению за счет природных экосистем, одновременно с лесовосстановлением на малопродуктивных землях и обводнением осушенных торфяников[15].

8. Сокращение потерь продовольствия снижает углеродный след АПК, поскольку позволяет уменьшить производство. По данным ФАО, 14 % произведенного продовольствия теряется вдоль цепочки поставок от сбора урожая до момента поступления в розничную продажу. Снижение потерь достигается повышением качества на всех технологических этапах, включая качество урожая, время уборки, сельхозтехнику, оптимизацию хранения и переработки, упаковку, санитарный надзор[16].

Главный потенциал митигации связан с лесами и другими природными экосистемами – это сокращение антропогенного воздействия и восстановление естественного состояния лесов, торфяников, прибрежных водно-болотных угодий, саванн и пастбищ. Вторым по важности вкладом в климатическую митигацию являются меры в сельском хозяйстве: управление углеродом в почвах пахотных и пастбищных земель; агролесоводство; применение биоугля и биотоплива; улучшенные методы выращивания риса; оптимизация зоотехнологий в скотоводстве; современные технологии внесения органических и минеральных удобрений[17].

Климатическая митигация в АПК зависит преимущественно от политических мер, которые принимают страны: 1) система «загрязнитель платит» – производитель облагается налогом или квотами на выбросы, представляет наиболее эффективные стимулы, но ведет к росту издержек производителей и потребителей; 2) система «бенефициар платит» – государство поощряет низкоуглеродные практики, не налагает издержек на производителей и потребителей, но и не дает быстрого эффекта; 3) введение государством экологических норм и прямых ограничений на выбросы служит быстрой и эффективной мерой, но требует контроля за выполнением.

Политика климатической митигации отдельных стран представляет собой комбинацию этих направлений. Продовольственный сектор является политически чувствительным, поэтому правительства опасаются радикальных мер в этой области. В странах, где уже действует система углеродных налогов, сельскохозяйственные производители от них пока освобождены (Новая Зеландия, Корея, Канада, Индонезия, Норвегия, ЮАР). Более распространенной является схема стимулирования производителей к декарбонизации: субсидируемые кредиты и гранты на осуществление «зеленых» практик используются в Бразилии и США; в Канаде, Китае, Индии, Великобритании и Ирландии из специальных фондов финансируются мероприятия по лесонасаждению, защите водно-болотных угодий и древесной растительности на фермах; Япония и Швейцария внедрили прямое субсидирование

[15]URL: https://doi.org/10.1787/7f4542bf-en
[16]Там же.
[17]Land Use, Land-Use Change and Forestry (LULUCF). [Электронный ресурс]. URL: https://unfccc.int/topics/land-use/workstreams/land-use--land-use-change-and-forestry-lulucf (дата обращения: 04.09.2025)

низкоуглеродного сельского хозяйства. Экологическое регулирование, направленное в том числе на ограничение выбросов парниковых газов, действует в Европейском Союзе: с 1991 г. введена Директива по нитратам, ограничивающая внесение азота в почву, и, как следствие, выбросы закиси азота; получатели аграрных субсидий в ЕС должны соблюдать экологические нормы по поддержанию сельхозземель и защите биоразнообразия. В Норвегии введено регулирование обращения с навозом и удобрениями, а также запрещено использовать ископаемое топливо для отопления сельскохозяйственных зданий[18].

Сокращение выбросов парниковых газов в секторе AFOLU – один из самых эффективных путей смягчения изменения климата. При оптимистичном сценарии, к 2050 г. сектор AFOLU может обеспечить 20–30 % глобального сокращения выбросов[19].

Кроме задачи смягчения воздействия хозяйства на климат, перед обществом стоит проблема адаптации жизнедеятельности к последствиям изменения климата. Применительно к агропродовольственному сектору влияние климатических изменений выражается в возрастании частоты экстремальных природных явлений (засухи, пожары, наводнения, ураганы), в распространении вредителей и болезней в новые ареалы, а также в изменении агроклиматических условий произрастания культур (в т. ч. в сторону их улучшения в районах с умеренным и холодным климатом). Регионы, расположенные ближе к экватору и в засушливых зонах, в первую очередь страдают от потепления и дестабилизации климата. При пессимистичном сценарии динамики выбросов парниковых газов до 1/3 сельскохозяйственных земель могут стать непригодными к концу века, при оптимистичном сценарии – до 8 % земель[20].

В условиях неопределенности развития климатических процессов, политика адаптации в целом направлена на повышение гибкости агропродовольственных систем, которые должны быть способны справляться с возникающими вызовами в краткосрочной (предупреждение, страхование), среднесрочной (изменения технологий) и долгосрочной (структурные изменения) перспективе.

Согласно классификации Международной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), меры адаптации к изменению климата в сельском хозяйстве делятся на четыре категории: 1) инфраструктурные и технологические (ирригационные и дренажные системы, агротехнологии); 2) поведенческие и культурные (управление процессами на ферме, ветеринария и фитосанитария, селекция); 3) экосистемные (поддержание водных и почвенных ресурсов, сохранение биоразнообразия, агролесоводство, органическое земледелие, вывод земель из оборота); 4) социально-экономические и институциональные (климатические прогнозы, агрострахование, финансовая поддержка, исследования и кооперация, планирование адаптационных мер). В странах ОЭСР 60 % адаптационных мероприятий приходится на 4-ю категорию (социально-экономические и институциональные), за ними следуют экосистемные (19 %), инфраструктурные (11 %) и поведенческие (9 %)[21].

Российский опыт климатической митигации и адаптации в АПК. Территория России, как и всего мира, подвержена глобальному изменению климата. В период с 1976 по 2022 г. скорость роста осредненной по России среднегодовой температуры составила 0,49 °С за 10 лет[22], что значительно превышает средний рост температуры поверхности Земли, составивший около 0,2 °С в 10-летие за последние 40 лет[23]. Наиболее сильно рост среднегодовой температуры на территории России проявляется в Северной полярной области – +2,41 °С за 86 лет, что влечет таяние многолетней мерзлоты и полярных льдов. Наряду с ростом среднегодовых температур на территории России увеличиваются годовые суммы осадков: тренд с 1976 по 2022 г. составляет +2,2 % за 10 лет[24].

[18]URL: https://doi.org/10.1787/7f4542bf-en
[19]URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/
[20]URL: https://doi.org/10.1787/b14de474-en
[21]Там же
[22]Национальный доклад о кадастре антропогенных выбросов парниковых газов из источников и их абсорбции поглотителями за 1990–2023 гг. М., 2025. 422 с.
URL: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RUS_NIR_2025_v1_rev_2025-04-18.pdf (дата обращения: 04.09.2025)
[23]URL: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/
[24]URL: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RUS_NIR_2025_v1_rev_2025-04-18.pdf

Россия – одна из крупнейших стран-эмитентов парниковых газов в мире, занимает 4-е место после Китая, США и Индии по совокупным выбросам[25, 26], а по выбросам АПК – 7-е место (среднее за 1990–2023 гг.)[27]. РФ является участником основных международных соглашений по климату: Рамочной конвенции ООН по изменению климата – РКИК ООН (ратифицирована в 1994 г.), Киотского протокола (ратифицирован в 2004 г.) и Парижского соглашения (ратифицирован в 2019 г. решением правительства РФ)[28] (табл. 3).

Таблица 3 **– Обязательства Российской Федерации в рамках главных международных договоров по изменению климата /**
Table 3 **– Commitments of the Russian Federation under major international climate change agreements**

Название договора / Title of the agreement	*Срок действия договора / Term of the agreement*	*Обязательства РФ / Obligations of the Russian Federation*
Рамочная конвенция ООН об изменении климата (РКИК ООН, UNFCCC) / United Nations Framework Convention on Climate Change	1992 – по настоящее время / 1992 – In force to the present	Проводить инвентаризацию выбросов ПГ; разрабатывать меры по сокращению выбросов без количественных целей (Приложение 1 к РКИК ООН) / To conduct inventories of greenhouse gas emissions; to develop measures to reduce emissions, without quantitative targets (Annex I to the UNFCCC)
Киотский протокол / Kyoto Protocol	Принят в 1997 г., действовал в период 2008–2020 гг., Россия участвовала в 2008–2012 гг. (впоследствии не ратифицировала Дохинскую поправку) / Adopted in 1997, in force during 2008–2020; Russia participated in 2008–2012 (did not subsequently ratify the Doha Amendment)	Не превышать уровень выбросов 1990 г. (фактически РФ не нужно было сокращать выбросы, они сократились после 1990 г. по экономическим причинам, так что можно было продавать излишки квот); вести отчетность о выбросах / Not to exceed the 1990 emission level (in practice, Russia was not required to reduce its emissions, as they had already declined after 1990 for economic reasons, which allowed it to sell surplus emission quotas); to maintain emission reporting
Парижское соглашение / Paris Agreement	Принято в 2015 г., вступило в силу в 2016 г., РФ присоединилась в 2019 г. Действует по настоящее время / Adopted in 2015, entered into force in 2016; Russia acceded in 2019. In force to the present	Предоставлять национальные планы по сокращению выбросов (ОНУВ) и отчитываться об их выполнении / To submit national emission reduction plans (NDCs) and report on their implementation

Источник: составлено авторами по материалам международных нормативных документов /
Source: compiled by the authors based on international regulatory documents

С 2021 г., после окончания действия Киотского протокола, международная климатическая политика регулируется главным образом Парижским соглашением (подписано в декабре 2015 г., вступило в силу в октябре 2016 г. после ратификации 55 странами, покрывающими более 55 % выбросов). Как сторона Парижского соглашения, начиная с 2019 г., Россия разрабатывает «Определяемый на национальном уровне вклад»[29] (ОНУВ), в котором указывает свои климатические цели и механизмы их достижения. Такой документ РФ представила в 2020 г.[30], в котором поставлена цель – к 2030 г. обеспечить сокращение выбросов парниковых газов до 70% относительно уровня 1990 г. с учетом сектора «землепользование, изменение

[25]World Resources Institute. [Электронный ресурс]. URL: https://www.climatewatchdata.org/countries/RUS (дата обращения: 04.09.2025).
[26]Explore the World Population Through Data. CO_2 Emissions by Country 2026. [Электронный ресурс]. URL: https://worldpopulationreview.com/country-rankings/co2-emissions-by-country (дата обращения: 04.09.2025).
[27]URL: https://www.fao.org/faostat/ru/#data/GT/visualize
[28]Первый ежегодный национальный доклад «О климатической повестке в России». Центр «Климатическая политика и экономика России» ИНП РАН при поддержке Фонда Мельниченко и МИА «Россия Сегодня». М., 2025. 54 с. URL: https://ecfor.ru/wp-content/uploads/2025/06/natsionalnyj-doklad-o-klimaticheskoj-povestke-v-rossii.pdf
[29]NDC – Nationaly Determined Contribution (ОНУВ – определяемый на национальном уровне вклад). [Электронный ресурс]. URL: https://www.un.org/ru/climatechange/all-about-ndcs (дата обращения: 04.09.2025).
[30]Россия сообщила о своем первом определяемом на национальном уровне вкладе в реализацию Парижского соглашения. [Электронный ресурс]. URL: https://www.economy.gov.ru/material/news/rossiya_soobshchila_o_svoem_pervom_opredelyaemom_na_nacionalnom_urovne_vklade_v_realizaciyu_parizhskogo_soglasheniya.html (дата обращения: 04.09.2025)

землепользования и лесное хозяйство» (ЗИЗЛХ) – то есть за вычетом поглощения парниковых газов лесами[31].

Основным документом, регулирующим климатическую политику в России, является Федеральный закон от 2 июля 2021 г. №296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов»[32], который устанавливает принципы климатической политики, обязует предприятия ежегодно отчитываться о выбросах ПГ (для предприятий, выбрасывающих более 50 т CO_2-экв. в год), а также вводит понятия углеродного рынка и углеродных единиц для развития торговли квотами на выбросы.

«Стратегия социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года», принятая в 2021 г., предполагает существенное снижение выбросов к 2050 г., хотя и не достижение углеродной нейтральности, и содержит меры по внедрению энергоэффективности, лесовосстановлению, развитию возобновляемых источников энергии.

«Национальный план адаптации к изменениям климата», утвержденный правительством РФ в 2019 г. и обновленный в 2022 г., содержит меры по мониторингу и прогнозированию климатических угроз, а также повышению устойчивости хозяйства и населения к неблагоприятным природно-климатическим явлениям. Документ рекомендует отраслевым министерствам и субъектам федерации разработать собственные планы адаптации к изменению климата[33] [8, 9].

Как сторона РКИК ООН и Парижского соглашения, Россия ежегодно разрабатывает «Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями всех парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом», в котором зафиксированы выбросы парниковых газов из всех основных источников (первый национальный доклад об антропогенных выбросах парниковых газов вышел в 2014 г.[34]). Согласно «Национальному докладу о кадастре антропогенных выбросов парниковых газов из источников и их абсорбции поглотителями за 1990–2023 гг.», в 2023 г. выбросы парниковых газов в РФ составили 2,08 млрд т CO_2-экв. (66,2 % от уровня 1990 г.), если считать без учета сектора ЗИЗЛХ (то есть без учета поглощения парниковых газов лесами). С учетом сектора ЗИЗЛХ выбросы парниковых газов в 2023 г. в России составили 911,1 млн т (37,5 % от 1990 г.). Крупнейшим источником выбросов служит энергетический сектор (1649,5 млн т CO_2-экв., 79,2 % всех выбросов), далее следуют промышленные процессы и использование продукции (244,3 млн т CO_2-экв., 11,7 %) и сельское хозяйство (101,2 млн т CO_2-экв., 4,9 %)[35].

В структуре выбросов парниковых газов сельское хозяйство занимает третье место, но его доля составляет менее 5 % совокупных выбросов из-за подавляющей роли в экономике энергетического сектора. При этом объем выбросов от сельского хозяйства сократился с 1990 г. с 231,8 (7,4 % всех выбросов) до 101,2 млн т CO_2-экв. (4,9 % всех выбросов), что связано с уменьшением поголовья скота, сельскохозяйственных площадей и внесения минеральных удобрений, имевшим место в течение 1990-х гг. [5, 10] (табл. 4).

С 2022 г. в России начал работу Важнейший инновационный проект государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» (ВИП ГЗ). Его цель – создание Российской системы климатического мониторинга (РСКМ), которая позволит существенно повысить точность учета потоков парниковых газов в экосистемах и сформировать научную и информационную основу для климатической политики в России[36].

[31]Определяемый на национальном уровне вклад Российской Федерации в рамках реализации Парижского соглашения от 12 декабря 2015 года. [Электронный ресурс].
URL: https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/NDC_RF_ru.pdf (дата обращения: 04.09.2025)
[32]Федеральный закон от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ. Об ограничении выбросов парниковых газов. [Электронный ресурс].
URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/47013 (дата обращения: 07.06.2026).
[33]Адаптация к изменениям климата: риски и возможности: доклад Российского экологического общества. М.: ООО «Ваш Формат», 2025. 72 с. [Электронный ресурс]. URL: https://project.ecosociety.ru/climatechange (дата обращения: 04.09.2025).
[34]Первый двухгодичный доклад Российской Федерации, представленный в соответствии с Решением 1/CP.16 Конференции Сторон Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата. М., 2014. 27 с.
URL: https://unfccc.int/sites/default/files/1br_rus_2014-03-14.pdf (дата обращения: 04.09.2025).
[35]URL: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RUS_NIR_2025_v1_rev_2025-04-18.pdf
[36]Распоряжение Правительства РФ от 29 октября 2022 г. № 3240-р «Об утверждении важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» и плана мероприятий («дорожной карты») по реализации первого этапа (2022-2024 гг.) важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ». [Электронный ресурс].
URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405491263 (дата обращения: 07.06.2026).

Таблица 4 – **Основные источники парниковых газов в сельском хозяйстве России (2023 г.)* /**
Table 4 – **Main sources of greenhouse gas emissions in Russian agriculture (2023)***

Источник выбросов / Source of emissions	*Парниковый газ / Greenhouse gas*	*Объем выбросов, тыс. т CO_2-экв. (прямые и косвенные выбросы) / Emissions volume, thousand t CO_2-eq. (direct and indirect emissions)*	*Доля в общем объеме выбросов, % / Share of total emissions, %*
Сельскохозяйственные почвы / Agricultural soils	N_2O	43653,2	43,1
Внутренняя ферментация сельскохозяйственных животных / Enteric fermentation of livestock	CH_4	42935,6	42,4
Сбор и хранение побочных продуктов животноводства (навоза) / Collection and storage of livestock manure	CH_4, N_2O	12969,7	12,8
Известкование почв и внесение мочевины / Liming of soils and application of urea	CO_2	980,7	0,97
Рисовые поля / Rice paddies	CH_4	661,9	0,65
Всего / Total	CH_4, N_2O, CO_2	101200,8	100,0

*Сумма выбросов может не совпадать со строкой «всего» в связи с округлениями. Источник: составлено авторами по «Национальному докладу о кадастре антропогенных выбросов парниковых газов из источников и их абсорбции поглотителями за 1990–2023 гг.»[37] /

*The total emissions may not match the "Total" row due to rounding. Source: compiled by the authors based on the "National Report on the Inventory of Anthropogenic Greenhouse Gas Emissions by Sources and Their Absorption by Sinks for 1990–2023"[37]

Адаптация экономики России к изменению климата регулируется «Национальным планом адаптации к изменению климата»: первый этап[38] (2020–2022 гг.) включает общие меры для адаптации к климатическим рискам, в т. ч. разработку отраслевых и региональных планов адаптации; второй этап[39] (2023–2025 гг.) – проведение адаптационных мероприятий: мониторинг и страхование климатических рисков, создание научной базы и обмен лучшими практиками управления климатическими рисками, актуализацию планов адаптации.

В основе планов адаптации лежит оценка климатических рисков: 1) атмосферные явления (сильные осадки, ветер, жара, засуха, заморозки, пожарная опасность); 2) состояние гидросферы (наводнения, русловые деформации, повышение уровня моря); 3) состояние криосферы и литосферы (оползни, сели, лавины, эрозия, таяние многолетней мерзлоты, карст и др.)[40]. Выявленные риски количественно оцениваются с точки зрения опасности, частоты, длительности, экономического и прочего ущерба. Помимо оценки рисков, планы адаптации содержат перечень адаптационных мероприятий, ранжированных по степени значимости, а также бенефит-предложения по использованию благоприятных возможностей (сокращение отопительного сезона, лучшие агроклиматические условия и т. п.) [11].

[37] URL: https://unfccc.int/sites/default/files/resource/RUS_NIR_2025_v1_rev_2025-04-18.pdf

[38]Распоряжение Правительства РФ от 25 декабря 2019 г. № 3183-р «Об утверждении национального плана мероприятий первого этапа адаптации к изменениям климата на период до 2022 г.». [Электронный ресурс]. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73266443 (дата обращения: 07.06.2026).

[39]Распоряжение Правительства РФ от 11.03.2023 № 559-р «Об утверждении национального плана мероприятий второго этапа адаптации к изменениям климата на период до 2025 года». [Электронный ресурс]. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/406426879 (дата обращения: 07.06.2026).

[40]Приказ Минэкономразвития России от 13 мая 2021 г. №267 «Об утверждении методических рекомендаций и показателей по вопросам адаптации к изменениям климата». [Электронный ресурс]. URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400673304 (дата обращения: 07.06.2026).

Таблица 5 – **Меры в отношении АПК, упомянутые в региональных планах адаптации к изменениям климата /**
Table 5 – **Measures in the agrifood sector mentioned in the regional adaptation plans**

Федеральный округ / Federal district	*Регионы с подробными планами адаптации в АПК / Regions with detailed agrifood adaptation plans*	*Регионы со слабо проработанными или отсутствующими планами адаптации в АПК / Regions with deficient or absent agrifood adaptation plans*	*Климатические риски / Climate risks*	*Меры адаптации в АПК / Agrifood adaptation measures*
1	2	3	4	5
Центральный / Central	Костромская, Курская, Тамбовская области / Kostroma, Kursk, Tambov regions	Калужская, Владимирская, Московская области / Kaluga, Vladimir, Moscow regions	Жара, засуха, заморозки, град, сильные осадки, эрозия / Heat, drought, frost, hail, heavy precipitation, soil erosion	Влагосберегающие технологии, страхование посевов, страховые фонды семян, подбор подходящих сортов культур, оросительные системы, снегозадержание / Water-saving technologies, crop insurance, seed insurance funds, selection of suitable crop cultivars, irrigation systems, snow retention
Северо-Западный / North-West	Вологодская, Новгородская области / Vologda, Novgorod regions	Псковская область, Республика Карелия / Pskov region, Karelia	Жара, сильные осадки, ураганы, заморозки, град, засуха / Heat, heavy precipitation, hurricanes, frost, hail, drought	Мелиорация земель, селекция, адаптированные семена, страхование, финансовая поддержка / Land reclamation, breeding, adapted seeds, insurance, financial support
Южный / Southern	Астраханская, Ростовская, Волгоградская области, Республика Крым / Astrakhan, Rostov, Volgograd regions, Republic of Crimea	Республика Адыгея / Republic of Adygea	Засуха, жара, ураганы, сильные осадки, заморозки, град, оползни, наводнения / Drought, heat, hurricanes, heavy precipitation, frost, hail, landslides, floods	Оросительные системы, страхование, засухоустойчивые сорта, влагосберегающие технологии, мелиорация, борьба с деградацией почв / Irrigation systems, insurance, drought-resistant cultivars, water-saving technologies, land reclamation, soil degradation control
Северо-Кавказский / North Caucasian	Дагестан, Кабардино-Балкарская республика, Ставропольский край / Dagestan, Kabardino-Balkaria, Stavropol Krai	Чеченская республика / Chechen Republic	Эрозия почв и опустынивание, засуха, жара, избыточные осадки, оползни, сели, град, подтопление территорий, ураганы, заморозки, лесные пожары / Soil erosion and desertification, drought, heat, excessive precipitation, landslides, mudflows, hail, flooding, hurricanes, frost, wildfires	Защита экосистем и лесовосстановление, страхование рисков, мелиорация, фитомелиорация, борьба с вредителями, профилактика пожаров, противоградовая защита, оросительные системы, ВИЭ и биотопливо, экологическое земледелие, новые агротехнологии / Ecosystem protection and forest restoration, risk insurance, land reclamation, phytoremediation, pest control, fire prevention, hail protection, irrigation systems, renewable energy and biofuels, sustainable agriculture, new agrotechnologies

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5
Приволжский / Volga	Башкортостан, Татарстан, Кировская, Нижегородская, Пензенская, Саратовская области / Bashkortostan, Tatarstan republics, Kirov, Nizhny Novgorod, Penza, Saratov regions	Оренбургская область / Orenburg region	Жара, засуха, сильные осадки, заморозки, град, наводнения, эрозия, оползни / Heat, drought, heavy precipitation, frost, hail, floods, erosion, landslides	Подбор адаптированных сортов семян, влагосберегающие технологии, мелиорация, лесовосстановление, страхование, новые системы земледелия, противоэрозионные лесонасаждения / Selection of adapted seed varieties, water-saving technologies, land reclamation, forest restoration, insurance, new farming systems, anti-erosion afforestation
Уральский / Ural	Свердловская, Челябинская области / Sverdlovsk, Chelyabinsk regions	Курганская, Тюменская области, Ханты-Мансийский АО, Ямало-Ненецкий АО / Kurgan, Tyumen regions, Khanty-Mansi and Yamalo-Nenets Autonomous Okrugs	Ураганы, жара, засуха, наводнения, заморозки, сильные осадки, град, пожары / Hurricanes, heat, drought, floods, frost, heavy precipitation, hail	Адаптированные сорта, новые технологии обработки почвы, страхование, мелиорация, адаптивное планирование, охрана лесов / Adapted crop cultivars, new soil management technologies, insurance, land reclamation, adaptive planning
Сибирский / Siberian	Алтай, Тыва, Хакасия, Красноярский край, Новосибирская, Омская, Томская области / Altai, Tuva, Khakassia, Krasnoyarsk Krai, Novosibirsk, Omsk, Tomsk regions	Алтайский край, Кемеровская область / Altai Krai, Kemerovo region	Наводнения, ураганы, засухи, град, жара, заморозки, сильные осадки, плоскостная эрозия, подтопление территории / Floods, hurricanes, droughts, hail, heat, frost, heavy precipitation, sheet erosion, inundation	Оросительные системы, мелиорация, экологизация земледелия, новые агротехнологии, страхование / Irrigation systems, land reclamation, greening of agriculture, new agrotechnologies, insurance
Дальневосточный / Far Eastern	Якутия, Бурятия, Сахалинская область / Yakutia, Buryatia, Sakhalin region	Амурская область, Еврейская АО, Хабаровский край / Amur region, Jewish Autono-mous region, Khabarovsk Krai	Наводнения, ураганы, сильные осадки, град, наледи, засуха, эрозия, жара / Floods, hurricanes, heavy precipitation, hail, ice formations, drought, erosion, heat	Мелиорация и восстановление плодородия, страхование, орошение, влагосбережение, подбор адаптированных сортов, фонды семян / Land reclamation and fertility restoration, insurance, irrigation, water conservation, adapted crop cultivars, seed banks

Источник: составлено авторами на основе региональных планов адаптации к изменению климата / Source: compiled by the authors based on regional climate change adaptation plans

Министерство сельского хозяйства РФ приняло отраслевой план адаптации в 2024 г.[41]. План содержит рекомендации субъектам РФ по: техническому перевооружению сельского хозяйства с использованием сберегающих способов земледелия; производству семян культур, адаптированных к новым климатическим условиям; созданию финансового обеспечения устойчивого сельского хозяйства; проведению агролесомелиоративных и фитомелиоративных мероприятий в целях улучшения свойств земель [12, 13, 14].

Региональный опыт климатической адаптации в АПК. Большинство субъектов РФ в 2022-2023 гг. представили региональные планы адаптации к изменениям климата. По состоянию на 2026 г. планы адаптации опубликовали 81 из 89 регионов (91 %). Регионы России различаются по преобладающим климатическим рискам [15, 16, 17]. Засуха оказывает наибольшее влияние на аграрный сектор Поволжья и Южного федерального округа; наводнения наиболее часты в Дальневосточном и Сибирском федеральных округах; экстремальные температуры особенно сильно влияют на Центральный федеральный округ и Урал; изменение сезонности осадков затрагивает все регионы России. Меры адаптации сельского хозяйства включают развитие орошения, влагосберегающие и почвосберегающие технологии, подбор устойчивых сортов культур и страхование посевов.

Среди общих мер адаптации в региональных планах наиболее часто встречаются лесовосстановление и пожарная безопасность лесов, влагосберегающие технологии и страхование посевов в сельском хозяйстве, создание фондов семян адаптированных сортов сельскохозяйственных культур, модернизация энергетики и переход на газомоторное топливо, поддержание русел рек и гидротехнических сооружений, предотвращение и смягчение последствий наводнений, повышение экологической грамотности и совершенствование системы обращения с отходами.

Меры адаптации сельского хозяйства играют в соответствующих региональных планах значимую роль, но чаще не главную, и разработаны для большинства российских регионов, за исключением Московской, Вологодской, Амурской областей, Еврейского АО. Особенно важны меры в АПК для Приволжского, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов из-за высокой уязвимости сельского хозяйства перед такими явлениями, как засуха, экстремальные осадки, поздние заморозки. В Сибирском и Дальневосточном федеральных округах акцент делается на лесном хозяйстве и пожарной безопасности, меры по сельскому хозяйству менее приоритетны (табл. 5).

Заключение. Агропродовольственный сектор играет значимую роль в антропогенной эмиссии парниковых газов, отвечая на всех этапах производства и потребления за 30 % выбросов. Главные источники: сведение лесов под сельхозземли, животноводство КРС, выбросы с почвы.

Для смягчения антропогенного воздействия на климат особенно эффективны меры по сохранению и восстановлению природных экосистем (лесонасаждение и защита лесов, сокращение осушения болот и их вторичное обводнение), но также перспективно сокращение выбросов во всех звеньях цепочки АПК. Снижение эмиссии парниковых газов в АПК проходит во многих направлениях в зависимости от региона и отрасли; эффективность митигации напрямую зависит от набора политических мер в этой сфере.

Меры адаптации к изменению климата также разнообразны и включают технологическую, институциональную, экономическую, поведенческую, экономическую и другие составляющие.

В России есть правовая основа для климатической политики, включая внедрение мониторинга за выбросами парниковых газов, однако климатические обязательства консервативны и пока не ведут к эффективному снижению выбросов. Проекты по климатической митигации практически не затрагивают сектор АПК.

Климатической адаптации уделяется повышенное внимание, но адаптационные меры как на региональном, так и отраслевом уровне находятся в начальных стадиях.

Аграрный сектор России нуждается в бóльшей вовлеченности государства и производителей в климатическую повестку: постановка амбициозных целей и внедрение механизмов их достижения; развитие агроклиматических проектов с выпуском углеродных единиц; повышение экологической прозрачности аграрных предприятий; внедрение новых агротехнологий; популяризаций знаний об изменении климата.

[41]Распоряжение от 29 февраля 2024 г. № 18-Р «Об утверждении отраслевого плана адаптации к изменениям климата в сфере агропромышленного комплекса, в области рыболовства на период до 2025 года». [Электронный ресурс]. URL: https://base.garant.ru/408691337 (дата обращения: 07.06.2026).

Список литературы

1. Кокорин А. О., Кураев С. Н., Юлкин М. А. Экономика изменения климата: обзор доклада Николаса Стерна. Изд. 2-ое, дополн. и перераб. WWF, Strategic Programme Fund (SPF). М.: WWF России, 2009. 60 с. Режим доступа: https://caneecca.org/wp-content/uploads/2009/11/stern-economy-climate.pdf

2. Сиптиц С. О., Романенко И. А., Евдокимова Н. Е. Базы данных по эмиссии парниковых газов от агропродовольственных систем. International Agricultural Journal. 2023;66(4):1025–1042. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54620486 EDN: DABYDI

3. Комлацкий Г. В. Технологические аспекты снижения выбросов парниковых газов в животноводстве. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2022;(181):116–126. DOI: https://doi.org/10.21515/1990-4665-181-012 EDN: ZCNTZO

4. Брюханов А. Ю., Романовская А. А., Шалавина Е. В., Васильев Э. В., Вертянкина В. Ю. Влияние технологий переработки навоза и помета на эмиссии парниковых газов. Инженерные технологии и системы. 2024;34(4):563–583. DOI: https://doi.org/10.15507/2658-4123.034.202404.563-583 EDN: FXVRMF

5. Ахметшина Л. Г., Порвадов М. Г., Шангутов А. О. Оценка выбросов парниковых газов при возделывании сельскохозяйственных земель в концепте государственной экологической политики. Международный сельскохозяйственный журнал. 2023;(6(396)):566–571. Режим доступа: https://mshj.ru/ru/storage/view/225584 EDN: UBNRIE

6. Филиппова Е. А. Оценка углеродного следа отходов производства риса в республике Узбекистан. Вестник науки. 2026;1(5(98)):1102–1113. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=89322516 EDN: ZPNIEK

7. Филин Ю. И., Никитин А. М. Эволюция структуры мирового энергопотребления в сельском хозяйстве. Наука в центральной России. 2026;79(1):115–121. DOI: https://doi.org/10.35887/2305-2538-2026-1-115-121 EDN: PAQKDT

8. Кадомцева М. Е. Адаптация агропродовольственного комплекса к последствиям глобального изменения климата в системе стратегического планирования в РФ. Научные исследования и разработки. Экономика. 2023;11(6):31–38. DOI: https://doi.org/10.12737/2587-9111-2023-11-6-31-38 EDN: LANMVM

9. Липка О. Н., Романовская А. А., Семенов С. М. Прикладные аспекты адаптации к изменениям климата в России. Фундаментальная и прикладная климатология. 2020;1:65–90. DOI: https://doi.org/10.21513/2410-8758-2020-1-65-90 EDN: PYPYSS

10. Романцева Ю. Н., Бодур А. М., Маслакова В. В., Кагирова М. В. Анализ динамики и структуры эмиссии парниковых газов в сельском хозяйстве России. Аграрная наука. 2024;(2):139–145. DOI: https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-139-145 EDN: AKUMGW

11. Анисимов О. А., Бадина С. В. Оптимизация региональных планов адаптации к изменению климата в Арктической зоне России на основе прогностического моделирования. Арктика: экология и экономика. 2024;14(3):350–359. DOI: https://doi.org/10.25283/2223-4594-2024-3-350-359 EDN: BKURDZ

12. Ползиков Д. А. Основные направления политики адаптации сельского хозяйства России к климатическим изменениям. Проблемы прогнозирования. 2023;(6(201)):119–137. DOI: https://doi.org/10.47711/0868-6351-201-119-137 EDN: BIZBHC

13. Ксенофонтов М. Ю., Ползиков Д. А. К вопросу о влиянии климатических изменений на развитие сельского хозяйства России в долгосрочной перспективе. Проблемы прогнозирования. 2020;(3(180)):82–92. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=42941987 EDN: FSISNB

14. Галкин Д. Г. Стратегия и тактика адаптации сельского хозяйства к последствиям изменения климата: региональный аспект. Grand Altai Research & Education. 2021;(1):31–35. DOI: https://doi.org/10.25712/ASTU.2410-485X.2025.00 EDN: ATXXJX

15. Макаров И. А., Чернокульский А. В. Влияние изменения климата на экономику России: рейтинг регионов по необходимости адаптации. Журнал Новой экономической ассоциации. 2023;(4(61)):145–202. DOI: https://doi.org/10.31737/22212264_2023_4_145-202 EDN: LQDYUW

16. Chernokulsky A. V., Makarov I. A., Aniskina T. A., Chistikov M. N., Kraev G. N., Kurichev N. K. et al. Heuristic relative assessment of climate risks in Russian regions. Science of The Total Environment. 2025;987:179721. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179721

17. Антонов Е. В. Посевные площади в России в 2014–2023 гг.: структура и факторы динамики. Региональные исследования. 2025;(1):29–51. DOI: https://doi.org/10.5922/1994-5280-2025-1-3 EDN: UFSTDN

References

1. Kokorin A. O., Kuraev S. N., Yulkin M. A. The Economics of Climate change: a review of the Nicholas Stern report. Ed. 2nd, supplemented and redeveloped. WWF, Strategic Programme Fund (SPF). Moscow: WWF России, 2009. 60 p. URL: https://caneecca.org/wp-content/uploads/2009/11/stern-economy-climate.pdf

2. Siptits S. O., Romanenko I. A., Evdokimova N. E. Databases on greenhouse gas emissions from agrifood systems. International Agricultural Journal. 2023;66(4):1025–1042. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54620486

3. Komlatsky G. V. Technological aspects of greenhouse gases emission reduction in livestock. *Politematichesky setevoy elektronny nauchny zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* = Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2022;(181):116–126. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21515/1990-4665-181-012

4. Bryukhanov A. Yu., Romanovskaya A. A., Shalavina E. V., Vasilev E. V., Vertyankina V. Yu. Effect of animal and poultry manure processing technologies on greenhouse gas emissions. *Inzhenerniye tekhnologii i sistemi* = Engineering Technologies and Systems. 2024;34(4):563–583. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.15507/2658-4123.034.202404.563-583

5. Akhmetshina L. G., Porvadov M. G., Shangutov A. O. Assessment of greenhouse gas emissions from the cultivation of agricultural land in the concept of state environmental policy. *Mezhdunarodny selskokhozyaystvenny zhurnal* = International Agricultural Journal. 2023;(6(396)):566–571. (In Russ.). URL: https://mshj.ru/ru/storage/view/225584

6. Filippova E. A. Assessment of carbon footprint of rice production waste in Uzbekistan. *Vestnik nauki*. 2026;1(5(98)):1102–1113. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=89322516

7. Filin Yu. I., Nikitin A. M. Evolution of the structure of global energy consumption in agriculture. *Nauka v tsentralnoy Rossii* = Science in Central Russia. 2026;79(1):115–121. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.35887/2305-2538-2026-1-115-121

8. Kadomtseva M. E. Adaptation of the agro-food complex to the consequences of global climate change in the system of strategic planning in the Russian Federation. *Nauchniye issledovaniya i razrabotki. Ekonomika* = Scientific Research and Development. Economics. 2023;11(6):31–38. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.12737/2587-9111-2023-11-6-31-38

9. Lipka O. N., Romanovskaya A. A., Semenov S. M. Applied aspects of adaptation to climate change in Russia. *Fundamentalnaya i prikladnaya klimatologiya* = Fundamental and Applied Climatology. 2020;1:65–90. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.21513/2410-8758-2020-1-65-90

10. Romantseva Yu. N., Bodur A. M., Maslakova V. V., Kagirova M. V. Analysis of the dynamics and structure of greenhouse gas emissions in Russian agriculture. *Agrarnaya nauka* = Agrarian science. 2024;(2):139–145. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.32634/0869-8155-2024-379-2-139-145

11. Anisimov O. A., Badina S. V. Optimization of regional adaptation plans to climate change in the Russian Arctic based on forecasting modeling. *Arktika: ekologiya i ekonomika* = Arctic: Ecology and Economy. 2024;14(3):350–359. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.25283/2223-4594-2024-3-350-359

12. Polzikov D. A. Adaptation of Russian agriculture to climate change: policy objectives and main problems. *Problemi prognozirovaniya*. 2023;(6(201)):119–137. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.47711/0868-6351-201-119-137

13. Ksenofontov M. Yu., Polzikov D. A. On the issue of the impact of climate change on the development of Russian agriculture in the long term. *Problemi prognozirovaniya*. 2020;(3(180)):82–92. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=42941987

14. Galkin D. G. Strategy and tactics for adapting agriculture to the impact of climate change: regional aspect. Grand Altai Research & Education. 2021;(1):31–35. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.25712/ASTU.2410-485X.2025.00

15. Makarov I. A., Chernokulsky A. V. Impacts of climate change on the Russian economy: ranking of regions by adaptation needs. *Zhurnal Novoy ekonomicheskoy assotsiatsii* = The Journal of the New Economic Association. 2023;(4(61)):145–202. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.31737/22212264_2023_4_145-202

16. Chernokulsky A. V., Makarov I. A., Aniskina T. A., Chistikov M. N., Kraev G. N., Kurichev N. K. et al. Heuristic relative assessment of climate risks in Russian regions. Science of The Total Environment. 2025;987:179721. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.179721

17. Antonov E. V. Area under crops in Russia in 2014-2023: structure and dynamics factors. *Regionalniye issledovaniya* = Regional Research. 2025;(1):29–51. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.5922/1994-5280-2025-1-3

Вклад авторов: Котомина М. А. – концепция и методика исследования, сбор и анализ данных, написание текста, оформление; Радикевич А. В. – сбор и анализ данных, написание текста; Назаренко Г. А. – сбор и анализ данных.

Сведения об авторах

✉ **Котомина Мария Александровна**, кандидат геогр. наук, старший научный сотрудник, ФГБУН Институт географии Российской академии наук, Старомонетный переулок, д. 29, г. Москва, Российская Федерация, 119017, e-mail: direct@igras.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6524-6077**, e-mail: kotomina.maria@gmail.com

Радикевич Андрей Витальевич, инженер Лаборатории глобальных климатических вызовов, ФГБУН Институт географии Российской академии наук, аспирант географического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова, Старомонетный переулок, д. 29, г. Москва, Российская Федерация, 119017, e-mail: direct@igras.ru, **ORCID: https://orcid.org/0009-0005-1315-2008**

Назаренко Григорий Андреевич, инженер Лаборатории глобальных климатических вызовов, ФГБУН Институт географии Российской академии наук, магистрант географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова Старомонетный переулок, д. 29, г. Москва, Российская Федерация, 119017, e-mail: direct@igras.ru, **ORCID: https://orcid.org/0009-0005-5643-8823**

Author contributions: Kotomina M. A. – Concept development and research methodology, data collection and analysis, manuscript preparation and formatting. Radikevich A. V. – data collection and analysis, manuscript preparation; Nazarenko G. A. – data collection and analysis.

Information about the authors

✉ **Maria A. Kotomina**, PhD in Geography, senior researcher, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, 29 Staromonetny Lane, Moscow, Russian Federation, 119017, e-mail: direct@igras.ru, **ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6524-6077**, e-mail: kotomina.maria@gmail.com

Andrej V. Radikevich, engineer, the Laboratory of Global Climate Challenges, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, PhD student, the Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, 29 Staromonetny Lane, Moscow, Russian Federation, 119017, e-mail: direct@igras.ru, **ORCID: https://orcid.org/0009-0005-1315-2008**

Grigorij A. Nazarenko, engineer, the Laboratory of Global Climate Challenges, Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, master's student at the Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, 29 Staromonetny Lane, Moscow, Russian Federation, 119017, e-mail: direct@igras.ru, **ORCID: https://orcid.org/0009-0005-5643-8823**

✉ – Для контактов / Corresponding author

https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.746–760
УДК 338.43:332.36

(cc) BY

Об устойчивом развитии агропромышленного производства Северо-Запада в условиях турбулентности и рисков

© 2026. А. И. Костяев✉, Г. Н. Никонова
ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

Агропромышленное производство на Северо-Западе России функционирует в условиях турбулентности внешней среды. Усиливается вероятность рисков и шоковых ситуаций, сдерживается его устойчивое развитие. Необходим поиск мер по предупреждению и преодолению последствий неблагоприятных ситуаций. Цель работы – исследовать влияние турбулентности и рисков на устойчивость развития агропромышленного производства Северо-Запада. Использовались материалы Росстата, ООН, Указов Президента РФ, Распоряжений Правительства России, Докладов Всемирного экономического форума. Применялись методы корреляции рангов, экспертных оценок, Дельфи. Определена сущность понятия «турбулентность» применительно к развитию агропромышленного производства. Выделены группы регионов Северо-Запада с разной степенью устойчивости динамики производства продукции сельского хозяйства. Установлены системы глобальных и национальных рисков устойчивого развития и проведена их оценка применительно к агропромышленному производству Северо-Запада. Определены меры по управлению рисками, среди которых: государственное финансирование целевых комплексных программ и поддержка местных инициатив; своевременная корректировка ключевой ставки Центробанка; бюджетная поддержка создания новых рабочих мест; регулирование экспорта и импорта продукции; диверсификация торговых связей; введение ответных санкций и особых режимов имущественного, внешнеторгового и другого регулирования отношений с недружественными странами и т. д. Предложены механизмы управления национальными рисками в рамках долгосрочных стратегий и программ Российской Федерации. Подходы к управлению рисками дифференцированы по выделенным типам регионов Северо-Запада России.

Ключевые слова: *группы регионов; глобальные риски; национальные риски; коэффициенты устойчивости; управление рисками; цели устойчивого развития*

Благодарности: исследование выполнено при поддержке Минобрнауки РФ в рамках выполнения Государственного задания ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (тема **№** FFZF-2025-0015).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

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

Для цитирования: Костяев А. И., Никонова Г. Н. Об устойчивом развитии агропромышленного производства Северо-Запада в условиях турбулентности и рисков. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2026;27(3):746–760. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.746-760

Поступила в редакцию: 02.04.2026 Принята к публикации: 19.06.2026
Доработана после рецензирования: 16.06.2026 Опубликована онлайн: 30.06.2026

On the sustainable development of agro-industrial production in the NorthWest under conditions of turbulence and risks

© 2026. Alexander I. Kostyaev✉, Galina N. Nikonova
St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russian Federation

Agro-industrial production in the North-West of Russia operates in a turbulent environment. The likelihood of risks and shock situations increases, and its sustainable development is hindered. It is necessary to search for measures to prevent and overcome the consequences of adverse situations. The purpose of the research is to investigate the influence of turbulence and risks on the sustainability of the agro-industrial production in the North-West. The materials from Rosstat, the United Nations, Decrees of the President of the Russian Federation, Orders of the Russian Government, and Reports of the World Economic Forum were used. The methods of correlation of ranks, expert assessments, and Delphi were applied. The essence of the concept of "turbulence" in relation to the development of agro-industrial production was defined. Groups of regions of the North-West with varying degrees of stability in the dynamics of agricultural production have been identified. The systems of global and national risks of sustainable development have been established and their assessment has been carried out in relation to the agro-industrial production of the North-West. There have been identified risk management measures including: government financing of targeted integrated programs and support for local initiatives; timely adjustment of the Central Bank's key rate; budgetary support for job creation; regulation of exports and imports of products; diversification of trade relations; introduction of retaliatory sanctions and special regimes for property, foreign trade and other regulation of relations with unfriendly countries, etc. Mechanisms of national risk management within the framework of long-term strategies and programs of the Russian Federation are proposed. Approaches to risk management are differentiated according to the selected types of regions in the North-West of Russia.

Keywords: *regional groups; global risks; national risks; sustainability coefficients; risk management; sustainable development goals*

Acknowledgments: the work was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of the St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (theme No. FFZF-2025-0015).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declared no conflict of interest.

For citations*:* Kostyaev A. I., Nikonova G. N. On the sustainable development of agro-industrial production in the North-West under conditions of turbulence and risks. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2026;27(3):746–760. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2026.27.3.746-760

Received: 02.04.2026 Accepted for publication: 19.06.2026
Received after review: 16.06.2026 Published online: 30.06.2026

В условиях нарастания турбулентности внешней среды (прежде всего санкционных ограничений и внешних шоков) большая роль отводится устойчивости развития регионального агропромышленного производства.

Северо-Запад (Северо-Западный федеральный округ) занимает в России среди 8 федеральных округов 4-е место по территории, 5-е место – по численности населения, 7-е место – по объемам производства продукции аграрного сектора в хозяйствах всех категорий. В его составе 10 субъектов Федерации, в том числе мегаполис Санкт-Петербург и 9 регионов с развитым в той или иной степени сельскохозяйственным производством, доля которого в валовом региональном продукте Северо-Запада составляет 4,8 %. Уровень урбанизации здесь выше, чем в среднем по России: удельный вес сельского населения – 15 % против 25 % по стране.

Северо-Запад является исключительно неоднородной территорией, как с точки зрения природно-климатических условий ведения сельского хозяйства, так и с позиций специализации, уровня, направлений трендов и степени устойчивости развития агропромышленного производства. При этом достаточно четко выделяется *группа северных регионов*, имеющая в своем составе территории Арктической зоны России. Арктические территории есть в республиках Карелия и Коми, Архангельской и Мурманской областях, которые по размеру стоимости валовой продукции сельского хозяйства в 2024 г. находились соответственно на 76, 70, 71 и 77-м месте среди всех субъектов Федерации.

Ленинградская, Псковская, Вологодская и Новгородская области, относящиеся к *группе южных регионов* Северо-Запада, по стоимости валовой продукции сельского хозяйства были среди субъектов Федерации соответственно на 22, 39, 52 и 58-м местах. Для них характерна тенденция роста объемов продукции сельского хозяйства с темпами, близкими к тренду по Северо-Западу в целом. Особое положение занимает *Калининградская область* с самыми благоприятными природно-климатическими и специфичными социально-экономическими условиями агропромышленного производства, а также высокими темпами роста объемов производства продукции сельского хозяйства.

Несмотря на увеличение масштабов государственной поддержки, особенности нарастающих негативных процессов в аграрном секторе и сельской местности регионов Северо-Запада сдерживают движение агропромышленного производства к состоянию «устойчивого развития» с позиций общепринятого значения этого слова.

Современные подходы к сущности понятия «устойчивое развитие» формировались под руководством Организации Объединенных Наций (ООН) в рамках проводимых ею совещаний, конференций, докладов и соглашений, что подробно было рассмотрено нами ранее [1]. Финальным штрихом к завершению работ ООН в области устойчивого развития стало принятие в ходе Саммита ООН в Нью-Йорке 25 сентября 2015 г. документа «Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года», который официально вступил в силу с начала 2016 г. В рамках данного документа были определены 17 целей и 169 задач устойчивого развития человечества[1].

С начала реализации системы целей устойчивого развития (ЦУР) ООН прошло 10 лет. В связи с этим ООН подвела итоги их десятилетней реализации, которые показали, что заметный прогресс зафиксирован в достижении лишь 35 % Целей, движение к 47 % ЦУР происходит слишком медленно, а в оставшихся 18 % случаев по сравнению с 2015 годом наблюдается регресс[2].

[1]Преобразование нашего мира: Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. Декларация Генеральной Ассамблеи ООН от 25 сентября 2015 года. [Электронный ресурс]. URL: https://docs.cntd.ru/document/420355765 (дата обращения: 02.02.2026).

[2]Не очень убедительный прогресс: ООН подвела итоги десятилетней реализации «Повестки-2030». [Электронный ресурс]. URL: https://news.un.org/ru/story/2025/07/1465992 (дата обращения: 04.02.2026).

Основной причиной данной ситуации является то, что мировая экономика вступила в состояние глобальной турбулентности, охватывающей все стороны жизнедеятельности человечества и тормозящей его дальнейшее устойчивое развитие по всем направлениям. Последствия турбулентности внешней среды отражаются и на индикаторах целей устойчивого развития Российской Федерации, относящихся к агропромышленному производству. Так, с 2022 г. отмечается тренд падения индекса сельскохозяйственного производства, который к 2024 г. снизился на 14,6 процентных пункта. Умеренный и острый уровень отсутствия продовольственной безопасности (по шкале FIES, %) в 2024 г. относительно 2023 г. вырос на 0,8, а острый (тяжелый) уровень – на 0,1 процентных пункта[3]. Кроме того, в России, по данным Федеральной таможенной службы, наметилась тенденция сокращения экспорта и роста импорта продукции АПК[4].

Цель исследований – определить влияние турбулентности и рисков на устойчивость развития агропромышленного производства Северо-Запада. Для достижения данной цели сформулированы и решены следующие задачи:

- определена сущность понятия «турбулентность» применительно к устойчивому развитию агропромышленного производства;
- установлена система глобальных и национальных рисков устойчивого развития;
- проведена оценка последствий влияния рисков на устойчивость развития агропромышленного производства в регионах Северо-Запада;
- предложены меры по управлению рисками устойчивого развития агропромышленного производства и снижению негативных последствий турбулентности.

Научная новизна – впервые рассмотрены проблемы турбулентности внешней среды применительно к условиям агропромышленного производства на Северо-Западе Российской Федерации, дана оценка глобальным и национальным рискам, определяющим траекторию движения сельского хозяйства к состоянию устойчивого развития.

Материал и методы. В ходе исследования использована информация Росстата, ЕМИСС, материалы стратегических документов, реализуемых в Российской Федерации, материалы Деклараций, Докладов, Концепций, Программ ООН (в т. ч. ФАО) и «The Global Risks Report 2025». В работе применялись системный подход, методы корреляционного анализа, анкетирования, экспертных оценок (метод Дельфи), порядкового шкалирования и другие.

Корреляционный анализ использовали для расчета коэффициентов устойчивости динамики производства продукции сельского хозяйства посредством метода корреляции рангов Спирмена [1]. Методом Дельфи определялась степень значимости влияния на агропромышленное производство совокупности глобальных и национальных рисков при проведении экспертных оценок на основе алгоритма, представленного на рисунке 1.

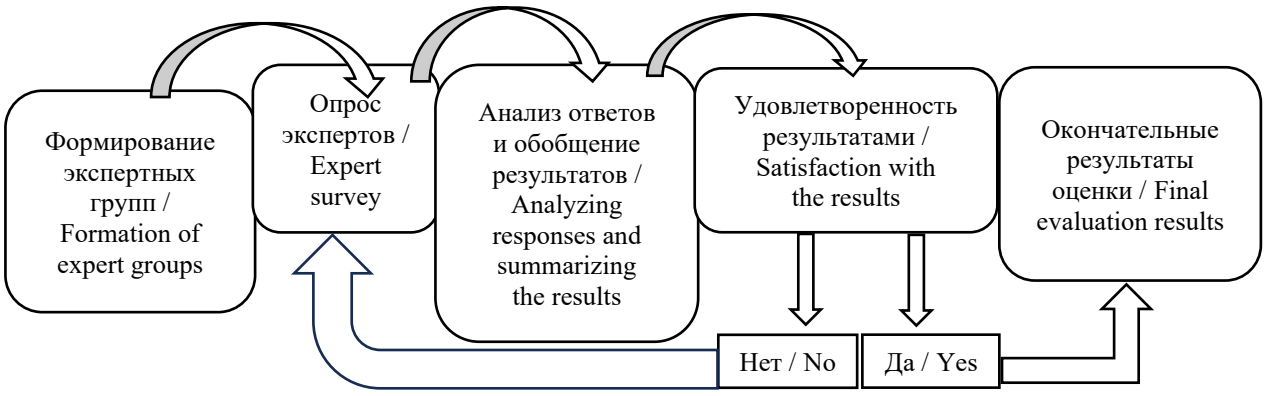

Рис. 1. **Алгоритм применения метода Дельфи при проведении экспертных оценок /**
Fig. 1. **Algorithm for applying the Delphi method in conducting expert assessments**

[3]Цели устойчивого развития в Российской Федерации: краткий стат. сб. Росстат. М., 2025. 128 с. С. 11.
[4]РФ за 10 месяцев снизила экспорт продукции АПК на 10,3 % и увеличила импорт на 14,2 %. [Электронный ресурс]. URL: https://www.interfax.ru/business/1062431 (дата обращения: 04.03.2026).

Алгоритм предполагал получение группового согласованного мнения экспертов по вопросу рисков посредством проведения необходимых для этого итерационных раундов их опросов. Опрос экспертов проводили по вопросам созданных анкет, ответы на которые осуществляли методом ранжирования рисков в направлении от наиболее – к менее вероятным и опасным для достижения той или иной цели устойчивого развития агропромышленного производства.

Результаты и их обсуждение. *Турбулентность внутренней и внешней среды. Риски.* На проблемы турбулентности внешней среды одними из первых обратили внимание Ф. Э. Эмери и Э. Л. Трист (F. E. Emery and E. L. Trist), назвавшие это явление еще в 1965 г. «турбулентным полем», в котором динамические свойства возникают из-за самого́ поля, когда «почва» находится в движении, резко увеличиваются зоны неопределенности, последствия, вытекающие из этого, становятся все более непредсказуемыми [2].

До Ф. Э. Эмери и Э. Л. Триста (F. E. Emery and E. L. Trist) турбулентность, главным образом, объяснялась разрушительными действиями самих организаций, то есть внутренней турбулентностью – турбулентностью внутренней среды организаций. Данный эндогенный подход к понятию турбулентности встречается и в наши дни. Так, под турбулентностью региональной социально-экономической системы понимается «ее состояние, характеризующееся рассогласованием относительных темпов изменения ее политической, экономической, экологической и социальной подсистем и/или их элементов, скачкообразно приводящих к возникновению критических диспропорций между ними, проявляющихся в разнонаправленности темпов роста и/или темпов прироста индикаторов социально-экономического развития региона» [3, с. 192].

Понятие «турбулентности» применительно к внешней среде ввёл И. Х. Ансофф (I. H. Ansoff), определив ее как комбинацию таких факторов, как непостоянство рыночной среды, скорость изменений, интенсивность конкуренции, технологические возможности, покупательские предпочтения, давление со стороны правительства и отдельных влиятельных групп [4].

При этом речь, как у Ф. Э. Эмери и Э. Л. Триста (F. E. Emery and E. L. Trist), так и у И. Х. Ансоффа (I. H. Ansoff) шла о турбулентности рыночной среды фирмы (организации), а не о всех структурных элементах внешней среды в области устойчивого развития, включая природную, экономическую, политическую, социальную, технологическую и иные составляющие.

М. М. Мбабу и Б. Абонго (M. M. Mbabu and B. Abong'o) турбулентность характеризуют скоростью, интенсивностью и непредсказуемостью изменений, происходящих во внешней среде, которые создают неопределенность в связи с технологическими сбоями, нормативными сдвигами или внезапными экономическими спадами. Наряду со скоростью (медленные предсказуемые или быстрые разрушительные сдвиги), ключевой позицией турбулентности внешней среды рассматривается ее сложность (взаимозависимость различных факторов в окружающей среде), а по происхождению выделяются рыночная, технологическая и нормативная (регуляторная) турбулентности [5].

Джонатан Х. Рид (J. H. Reed) из США, обобщая многие работы в данном направлении, отмечает, что термин «турбулентность» отражает степень сложности, нестабильности и неопределенности внешней среды, включая такие ее аспекты, как сложность, неоднородность, нестабильность, враждебность, новизна, частота, быстрота, видимость, неопределенность, предсказуемость, двусмысленность, ограниченность и динамичность [6].

В публикациях российских авторов определение сущности данного понятия приводится в менее развернутом виде и «под турбулентностью понимается особо сложная траектория движения как национальной экономики, так и отдельной фирмы в «вихревом потоке» разнообразных перемен, в котором им приходится постоянно выживать и обеспечивать поступательное движение вперед» [7, с. 203].

Приведенные дефиниции позволяют выделить основные характеристики внешней среды, формирующие состояние турбулентности и влияющие на устойчивость развития агропромышленного производства:

а) сложность (неоднородность, непостоянство, нестабильность, непредсказуемость изменений, взаимозависимость элементов среды);

б) скорость изменений (динамичность, интенсивность, быстрота).

По происхождению, наряду с рыночной, технологической и нормативной (регуляторной) видами турбулентности, обозначенных выше-

названными авторами, считаем необходимым выделить природную, политическую и финансовую турбулентности. Максимальный уровень турбулентности внешней среды формируется тогда, когда одновременно возникает пучок ее видов, которые комбинируя друг с другом, ускоряют и усложняют состояние неопределенности и непредсказуемости развития.

В XXI веке, в особенности во втором его десятилетии, турбулентность в мировой экономике значительно усилилась. В более сложном положении оказались страны, прежде всего, Россия и Республика Беларусь, к которым применяется сильное санкционное давление, ведется гибридная война с прекращением торговых отношений, дестабилизацией обстановки, санкциями и угрозами [8]. По мнению ряда исследователей, турбулентность внешней среды стала охватывать все государства мира, что связано с формированием нового мирохозяйственного порядка, переделом рынков и сфер влияния в мировой экономике, барьерами, воздвигаемыми рядом стран для приобретения конкурентных выгод. Источниками турбулентности также выступают последствия глобального потепления климата, обострение экологических и демографических проблем, усиливающееся социальное неравенство и др. [9, 10].

Формирование и нарастание турбулентности внешней среды значительно повысило степень неопределенности и вероятности возникновения рисков как для экономики России в целом, так и устойчивого развития агропромышленного производства. На возникновение рисков, кроме того, влияет внутренняя турбулентность, в значительной степени связанная с усилением избыточной поляризации и депрессивности сельских территорий, в том числе в связи с процессом депопуляции населения [11].

Исследования рисков агропромышленного производства в научной литературе представлены достаточно широко. В большинстве случаев под риском понимается возможная опасность, угроза, вероятность неблагоприятного или неожиданного результата действий или развития событий[5] [12]. Риск в сельском хозяйстве А. П. Задков определяет как вероятность возникновения неблагоприятных последствий в ситуации неопределённости условий деятельности [13]. При этом в основном речь идет о предпринимательских рисках на уровне организаций (фирм), порождаемых особенностями хозяйственной деятельности и личности предпринимателя или недостатками информации о состоянии внешней среды. Горизонт ожидаемого риска ограничивается обычно плановым периодом, сроком реализации проектов, решение о которых принимается с учетом прогнозируемых рисков.

Относительно рисков достижения целей устойчивого развития агропромышленного производства ситуация несколько иная, и речь должна идти об устойчивости траектории движения к целям развития. С. Б. Огнивцев рисками устойчивого развития сельского хозяйства называет «возможные события, группы событий и тенденции, которые могут придать траектории развития сельского хозяйства неустойчивость» [14, с. 169], выделяя политические, экономические, экологические и климатические, технологические, демографические и социальные, фактически возникающие из-за турбулентности внешней среды и имеющие глобальный характер.

Глобальные риски (по данным The Global Risks Report 2025). Усиливающаяся турбулентность в мирохозяйственной и политической системах формирует совокупность глобальных рисков, которые могут также существенно влиять на траекторию развития национального и регионального агропромышленного производства. Под «глобальным риском» понимается «вероятность события или условия, которое в случае его наступления негативно повлияет на значительную долю мирового ВВП, население или природные ресурсы» [15]. Перечни *из 33 наиболее значимых глобальных рисков* на текущую дату *(а)*, краткосрочных (на 2 года) *(б)* и долгосрочных (на 10 лет) *(в)* публикуются в ежегодных «Докладах Всемирного экономического форума» (The Global Risks Report 2025) на протяжении последних 20 лет.

По состоянию на текущую дату (2025 г.) *10 наиболее значимых глобальных рисков* в убывающей последовательности выглядят следующим образом: 1. Государственные вооруженные конфликты. 2. Экстремальные погодные явления. 3. Геоэкономическое противостояние (санкции, тарифы и др.). 4. Дезинформация и введение в заблуждение. 5. Социальная поляризация. 6. Экономический спад. 7. Критические изменения в системах Земли. 8. Отсутствие экономических возможностей или безработица. 9. Неравенство. 10. Вынужденная миграция или переселение.

[5]Гаврилов К. А., Красавина Л. Н. Риск. Большая российская энциклопедия. 2004–2017. [Электронный ресурс]. URL: https://old.bigenc.ru/economics/text/3510546 (дата обращения: 19.08.2025).

Согласно прогнозу экспертов, изложенному в «The Global Risks Report 2025», в краткосрочном периоде (ближайшие 2 года) сохраняются 7 из числа 10 наиболее важных текущих (2025 г.) рисков, меняется лишь ранг значимости, а в 10-летнем периоде на передний план выходят риски, связанные с обострением экологических проблем. Социальные риски при этом отодвигаются на второй план, но прогнозируется появление нового глобального риска – «негативные последствия применения технологий искусственного интеллекта».

Весьма опасной является тенденция нарастания с 2025 по 2035 г. глобальных рисков, связанных с последствиями антропогенного воздействия на природную среду, что имеет существенное значение для перспектив агропромышленного производства. Причем на первое место по значимости к 2035 г. выходят риски, вызываемые экстремальными погодными явлениями, такими как засухи, наводнения, заморозки, лесные пожары и т. п., которые неожиданно и в короткий период могут привести к потере всего урожая или его значительной части на площади десятков тысяч гектаров посевных площадей. В 10-летней перспективе будет нарастать опасность со стороны совокупности природно-климатических и технологических рисков. Весьма значимыми остаются и социальные риски, в то время как экономические – переместились вниз по порядковой шкале. Но это не означает, что эти риски стали менее опасными, просто значимость природно-климатических и технологических рисков выросла более существенно.

Каждый из выделенных глобальных рисков влияет на степень достижения целей устойчивого развития агропромышленного производства, в том числе прямо воздействуют на него такие риски, как «экстремальные погодные явления», «утрата биоразнообразия и разрушение экосистем», «экономический спад», а косвенно – все остальные.

Экспертная оценка глобальных рисков для агропромышленного производства. Наша следующая задача состояла в определении вероятности возникновения тех или иных глобальных рисков, а также их влияния на достижение целей устойчивого развития агропромышленного производства Северо-Запада с учетом ЦУР ООН. Оценку рисков осуществляли относительно их негативного воздействия на следующие цели, *выделенные нами ранее* [1]: 1. Обеспечить устойчивое расширенное воспроизводство агропромышленного производства. 2. Обеспечить устойчивый вклад региона в продовольственную безопасность страны с учетом его ресурсного потенциала. 3. Обеспечить устойчивый экономический рост в долгосрочной перспективе. 4. Обеспечить устойчивое сбалансированное воспроизводство факторов производства. 5. Обеспечить устойчивый рост качества и уровня жизни сельского населения, его занятости и доходов. 6. Обеспечить снижение внутрирегионального неравенства в развитии агропромышленного производства и сельских территорий. 7. Обеспечить жизнестойкость, социальную и экологическую устойчивость сельских населенных пунктов. 8. Обеспечить устойчивый темп перехода к органическому сельскому хозяйству и производства органических продуктов. 9. Обеспечить в процессе аграрного производства охрану окружающей среды, восстановление экосистем и рациональное (в т. ч. зеленое) природопользование.

Ввиду сложности количественной оценки вероятности возникновения того или иного глобального риска относительно достижения целей устойчивого развития агропромышленного производства использовали метод Дельфи. В качестве экспертов выступали доктора и кандидаты наук Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра РАН. Для оценки глобальных рисков во внимание брали все глобальные риски, представленные в докладе «The Global Risks Report 2025». Первоначально были отобраны 10 рисков, по мнению экспертов, наиболее значимых для агропромышленного производства Северо-Запада. Согласованное заключение по данным рискам, полученное после трех итерационных раундов экспертной оценки, приведено в таблице 1, где цифрами показаны ранги степени влияния этих глобальных рисков на достижение каждой из 9 целей устойчивого развития агропромышленного производства, обозначенных выше.

Из данных таблицы 1 видно, что по результатам экспертной оценки наиболее значимыми признаны следующие глобальные риски:

- связанные с неравномерным распределением и изношенностью основных фондов объектов социальной инфраструктуры на селе;
- экономический спад, относящийся к мировой экономике, который может оказать отрицательное влияние на экономику России, в том числе агропромышленное производство Северо-Запада;
- геоэкономическая конфронтация: международные санкции, тарифы, технические и санитарные барьеры, эмбарго, квоты, лицензирование и другие ограничения;

- нехватка рабочей силы, дефицит высококвалифицированных менеджеров и работников разных специальностей, а также экстремальные природные явления.

Таблица 1 – **Результаты экспертной оценки глобальных рисков в достижении целей устойчивого развития агропромышленного производства в период до 2035 года /**
Table 1 – **Results of an expert assessment of global risks in achieving the goals of sustainable development of agricultural production in the period up to 2035**

Глобальные риски / Global risks	*Цель устойчивого развития агропромышленного производства / Sustainable development goals for agro-industrial production*								
	№1	*№2*	*№3*	*№4*	*№5*	*№6*	*№7*	*№8*	*№9*
Недостаточная общественная инфраструктура и социальная защита / Insufficient public infrastructure and social protection	3	1	3	-	2	3	4	5	4
Экономический спад / Economic downturn	2	4	-	2	4	-	-	3	5
Геоэкономическая конфронтация / Geoeconomic confrontation	1	5	2	4	-	-	-	-	-
Нехватка талантов и/или рабочей силы / Lack of talent and/or labor	-	2	5	1	-	4	-	-	-
Экстремальные природные явления / Extreme natural phenomena	-	3	1	3	-	-	-	-	3
Социальная поляризация / Social polarization	-	-	-	-	1	2	1	-	-
Неравенство внутри стран и между ними / Inequality within and between countries	-	-	-	-	3	1	3	-	-
Загрязнение окружающей среды / Environmental pollution	-	-	-	-	-	-	5	2	1
Отсутствие экономических возможностей / Lack of economic opportunities	-	-	-	-	-	-	2	1	-
Инфляция / Inflation	4	-	-	-	5	-	-	-	-

Примечания: Цели: №1 – расширенное воспроизводство АПК; №2 – вклад региона в продовольственную безопасность страны; №3 – экономический рост в долгосрочной перспективе; №4 – сбалансированное воспроизводство факторов производства; №5 – рост качества и уровня жизни сельского населения; №6 – снижение внутрирегионального неравенства; №7 – жизнестойкость, социальная и экологическая устойчивость сельских населенных пунктов; №8 – устойчивый темп перехода к органическому сельскому хозяйству; №9 – охрана окружающей среды. Цифра 1 означает максимальную, 5 – минимальную, но также значимую, степень риска /

Notes: Goals: No. 1 – expanded reproduction of agriculture; No. 2 – contribution of the region to the country's food security; No. 3 – economic growth in the long term; No. 4 – balanced reproduction of production factors; No. 5 – increase in the quality and standard of living of the rural population; No. 6 – reduction of intra-regional inequality; No. 7 – resilience, social and ecological stability of rural settlements; No. 8 – steady pace of transition to organic agriculture; No. 9 – environmental protection. The number 1 means the maximum, 5 – the minimum, but also significant, degree of risk.

Источник: разработано авторами с использованием источника [15] / Source: developed by the authors using the source [15]

Национальные риски и их оценка. В отличие от глобальных рисков, систематизированный перечень национальных рисков устойчивого развития экономики России отсутствует. Вместе с тем, совокупность рисков, угроз и острых проблем приведена в Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации[6], Стратегии экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года[7], Концепции технологического развития на период до 2030 года[8], Стратегии пространственного развития Российской Федерации[9]. Перечень рисков развития агропромышленного производства изложен в ряде научных публикаций[10] [11, 12, 13].

[6]Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации. Утв. Указом Президента РФ от 21.01.2020 г. №20. [Электронный ресурс]. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106 (дата обращения 02.03.2026).
[7]Стратегия экономической безопасности Российской Федерации на период до 2030 года. Утв. Указом Президента РФ от 13.05.2017 г. №208. [Электронный ресурс]. URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/41921 (дата обращения 03.03.2026).
[8]Концепция технологического развития на период до 2030 года. Утв. распоряжением Правительства РФ от 20.05.2023 г. № 1315-р [Электронный ресурс]. URL: http://government.ru/docs/48570/ (дата обращения 04.03.2026).
[9]Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года. Утв. распоряжением Правительства РФ от 28.12.2024 г. № 4146-р [Электронный ресурс].
URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_495567/ (дата обращения 05.03.2026).
[10]Гаврилов К. А., Красавина Л. Н. Указ. соч.

На основе анализа данных официальных документов и соответствующих публикаций был сформирован перечень национальных рисков, а с помощью метода Дельфи проведена экспертная оценка степени их влияния на достижение тех же самых целей устойчивого развития агропромышленного производства, что и для глобальных рисков. Ниже для семи первых целей (1–7) приведено по пять наиболее значимых национальных рисков (табл. 2).

Таблица 2 – **Результаты экспертной оценки национальных рисков в достижении целей устойчивого развития агропромышленного производства Северо-Запада /**
Table 2 – **Results of the expert assessment of national risks in achieving the goals of sustainable development of agricultural production in the North-West**

Цель / Goal	*Национальные риски / National risks*
1	2
№1	1. Рост учетной ставки Центробанка и процентных ставок коммерческих банков / Increase in the Central Bank's key rate and commercial bank interest rates. 2. Снижение уровня государственной поддержки сельского хозяйства / Reduction in the level of state support for agriculture. 3. Снижение инвестиционной активности агробизнеса / Decline in investment activity in agribusiness. 4. Усиление ценового диспаритета / Increased price disparity. 5. Сбои в системообразующей цепочке поставок / Disruptions in the system-forming supply chain.
№2	1. Снижение уровня государственной поддержки сельского хозяйства / Reduction in the level of state support for agriculture. 2. Зависимость сельского хозяйства от импорта семян, племенного материала, ветеринарных и иных препаратов / Dependence of agriculture on the import of seeds, breeding material, veterinary and other drugs. 3. Банкротство агрохолдингов при чрезмерной концентрации производства / Bankruptcy of agricultural holdings due to excessive concentration of production. 4. Снижение уровня физической и экономической доступности продовольствия / Declining levels of physical and economic accessibility to food. 5. Рост уровня конкуренции со стороны импорта продовольствия / Increased competition from food imports.
№3	1. Снижение уровня государственной поддержки сельского хозяйства / Reduction in the level of state support for agriculture. 2. Поляризация в распределении бюджетной поддержки между агрохолдингами, крупными, средними, малыми сельхозорганизациями / Polarization in the distribution of budget support between agricultural holdings, large, medium, and small agricultural organizations. 3. Снижение внутреннего спроса на продукты питания / Decline in domestic demand for food products. 4. Снижение спроса на продукцию сельского хозяйства на внешних рынках / Declining demand for agricultural products in foreign markets. 5. Рост импорта продовольственной продукции / Growth in food imports.
№4	1. Снижение инвестиционной активности агробизнеса / Decline in investment activity in agribusiness. 2. Снижение уровня государственной поддержки сельского хозяйства / Reduction in the level of state support for agriculture. 3 Рост учетной ставки Центробанка и процентных ставок коммерческих банков / Increase in the Central Bank's key rate and commercial bank interest rates. 4. Деградация почв и выбытие из оборота земель сельхозназначения / Soil degradation and abandonment of agricultural land. 5. Старение сельского населения / Aging of the rural population.
№ 5	1. Отсутствие рабочих мест на селе / Lack of jobs in rural areas. 2. Рост миграционного оттока сельского населения / Growing migration outflow of the rural population. 3. Недофинансирование ГП «Комплексное развитие сельских территорий» / Underfunding of the State Program "Integrated Development of Rural Areas". 4. Снижение естественного прироста сельского населения / Decline in natural growth of rural population. 5. Старение сельского населения / Aging of the rural population.
№ 6	1. Негативные последствия стратегии поляризованного развития / Negative consequences of the polarized development strategy. 2. Рост неравенства в доходах и качестве жизни сельских и городских жителей / Growing inequality in income and quality of life between rural and urban residents. 3. Поляризация в бюджетной поддержке сельского хозяйства между регионами / Polarization in budget support for agriculture between regions. 4. Рост межрегиональных различий в условиях агропромышленного производства и жизни сельского населения / Growing interregional differences in the conditions of agricultural production and life of the rural population. 5. Рост цифрового неравенства между регионами / Growing digital inequality between regions.

Продолжение табл. 5

1	2
№ 7	1. Негативные последствия стратегии поляризованного развития / Negative consequences of the polarized development strategy. 2. Недофинансирование ГП «Комплексное развитие сельских территорий» / Underfunding of the State Program "Integrated Development of Rural Areas". 3. Ухудшение демографической ситуации в сельской местности / Deterioration of the demographic situation in rural areas. 4. Снижение инвестиционной привлекательности сельских территорий / Declining investment attractiveness of rural areas. 5. Ухудшение экологической ситуации на селе / Deterioration of the environmental situation in rural areas.

Примечания: цели устойчивого развития АПК обозначены в примечании к табл.1.; порядковые номера рисков определены, исходя из принципа их влияния: 1 – максимальное, 5 – минимальное /

Notes: the goals of the sustainable development of the agro-industrial complex are indicated in the note to the table.1.; ordinal numbers of risks are determined based on the principle of their influence: 1 – maximum, 5 – minimum.

Источник: разработка авторов на основе оценки национальных рисков /

Source: authors' development based on national risk assessment

Как следует из данных таблицы 2, наиболее часто повторяющимися национальными рисками являются: снижение уровня государственной поддержки сельского хозяйства; рост учетной ставки Центробанка и процентных ставок коммерческих банков; зависимость сельского хозяйства от импорта семян, племенного материала, ветеринарных и иных препаратов; поляризация в распределении бюджетной поддержки; рост импорта продовольственной продукции; снижение инвестиционной активности; недофинансирование Госпрограммы «Комплексное развитие сельских территорий»[11]; последствия стратегии поляризованного развития.

Указанные глобальные и национальные риски создают угрозы и вызовы для устойчивого функционирования агропромышленного производства Северо-Запада, влияя на источники его развития, ресурсную базу и результативные показатели, количественные и качественные изменения в рамках выделенных нами групп регионов.

Изменение устойчивости агропромышленного производства Северо-Запада с учетом влияния турбулентности. Применительно к агропромышленному производству с начала XXI века можно выделить периоды с разной степенью влияния турбулентности на устойчивость его развития: 2001–2006 гг. – период последствий внутренней турбулентности, вызванной шоковым вариантом перехода к рынку; 2007–2012 гг. – постшоковый период восстановительного роста без явных признаков внутренней и внешней турбулентности; 2013–2018 гг. – период формирования внешней турбулентности; 2019–2024 гг. – период существенного усиления внешней турбулентности (табл. 3).

Таблица 3– **Коэффициенты устойчивости динамики производства продукции сельского хозяйства (в сопоставимых ценах) в регионах Северо-Запада** /
Table 3 – **Coefficients of sustainability of the dynamics of agricultural production (in comparable prices) in the regions of the North-West**

Группы регионов / Groups of regions	*2001–2006 гг.*	*2007–2012 гг.*	*2013–2018 гг.*	*2019–2024 гг.*
Северные регионы / Northern regions	-0,94	0,60	-0,77	-0,90
Южные регионы / Southern regions	-0,94	1,00	0,94	0,70
Калининградская область / Kaliningrad region	0,83	0,77	0,83	0,90
Северо-Запад – всего / Northwest – total	-1,00	1,00	0,83	0,70

Источник: расчёты авторов по данным Росстата / Source: the authors' calculations based on Rosstat data

[11]Государственная программа Российской Федерации «Комплексное развитие сельских территорий». Утв. постановлением Правительства РФ от 31.05.2019 г. №696. [Электронный ресурс]. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Post_696-31052019.pdf (дата обращения 15.03.2026).

Исследование показало, что устойчивость агропромышленного производства в значительной степени дифференцирована по группам регионов Северо-Запада, выделенных нами в начале данной статьи. Как следует из данных таблицы 3, период 2001–2006 гг. характеризовался исключительно устойчивым спадом производства продукции сельского хозяйства по Северо-Западу в целом, а также по группам северных и южных регионов, для которых в следующий период (2007–2012 гг.) наступил устойчивый рост. Причем для группы южных регионов, как и для СЗФО в целом, это был абсолютно устойчивый, а для северных регионов – заметно устойчивый рост, который в значительной степени объясняется низкой стартовой позицией в начале периода – в связи с устойчивым спадом производства продукции сельского хозяйства в 2001–2006 гг.

В период формирования внешней турбулентности (2013–2018 гг.) коэффициенты устойчивости динамики производства продукции сельского хозяйства стали снижаться и для Северо-Запада в целом, и для группы южных регионов. Для северных регионов была характерна высокая степень устойчивого спада производства продукции сельского хозяйства. В 2016–2024 гг. отрицательное влияние внешней турбулентности в этих регионах значительно усилилось.

В периоды формирования и усиления турбулентности внешней среды различия в темпах изменения объемов производства продукции сельского хозяйства между группами регионов Северо-Запада увеличились (рис. 2).

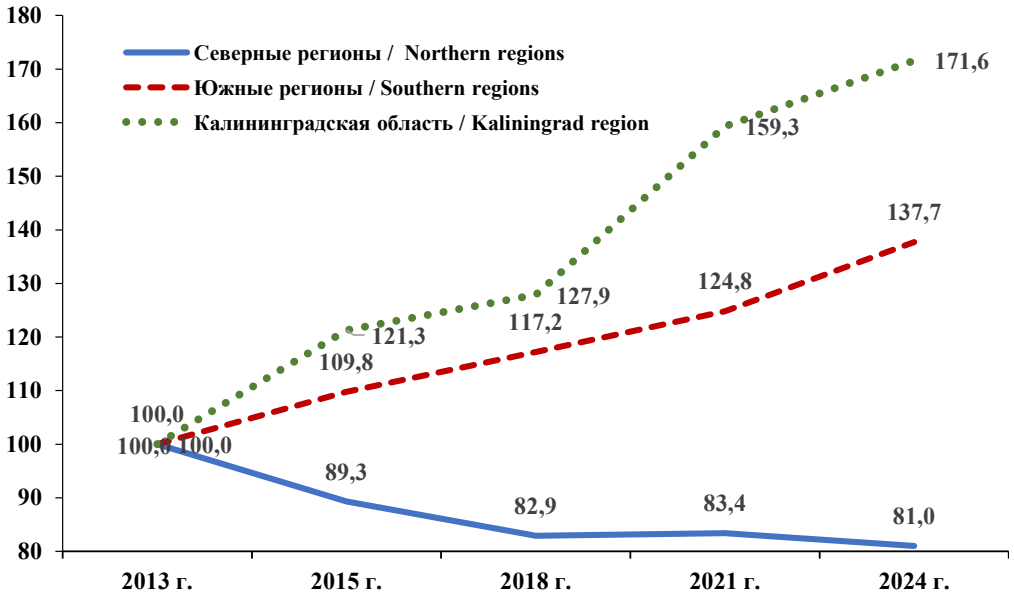

Рис. 2. **Темпы изменения объемов производства продукции сельского хозяйства по группам регионов Северо-Запада в период 2013–2024 гг. /**

Fig. 2. **The rates of change in the volume of agricultural production by region groups in the North-West in the period of 2013–2024**

В связи с региональными условиями агропромышленного производств, в Калининградской области сформировался особый тип динамики производства продукции сельского хозяйства. В данном регионе постшоковый период восстановительного роста пришелся на 2001–2006 гг., сформировав высокий стартовый уровень для следующего периода, что привело в нем к снижению коэффициентов устойчивости динамики производства продукции сельского хозяйства. Диверсифицированное агропромышленное производство полуэксклавного типа с высоким внутренним спросом на продовольственные товары, в значительной степени ориентированное на экспорт, сумело быстрее, чем в других регионах Северо-Запада адаптироваться к усиливающейся турбулентности внешней среды.

Коэффициенты устойчивости динамики объемов производства продукции сельского хозяйства в натуральном выражении в целом по Северо-Западу (табл. 4) в значительной степени подтверждают те же закономерности, что и данные таблицы 3, рассчитанные в сопоставимых ценах, но с некоторыми исключениями.

Таблица 4 – **Коэффициенты устойчивости динамики объемов производства продукции сельского хозяйства Северо-Запада в 2001–2024 гг. (в натуральном выражении) /**
Table 4 – **Coefficients of stability of the dynamics in volume of agricultural production in the North-West in 2001–2024 (in physical terms)**

Вид продукции / Type of products	*2001–2006 гг.*	*2007–2012 гг.*	*2013–2018 гг.*	*2019–2024 гг.*
Зерновые и зернобобовые / Cereals and legumes	-0,49	0,20	-0,09	-0,26
Картофель / Potato	-1,00	0,49	-0,77	0,31
Овощи / Vegetables	-0,94	0,54	-0,77	-0,60
Крупный рогатый скот на убой / Cattle for slaughter	-0,77	-0,96	-0,24	0,03
Птица на убой / Poultry for slaughter	-1,00	1,00	0,94	0,09
Свиньи на убой / Pigs for slaughter	-0,94	1,00	1,00	0,31
Молоко / Milk	1,00	-0,83	1,00	1,00
Яйца / Eggs	0,43	0,94	-0,14	0,83

Источник: разработка авторов на основе данных Росстата / Source: authors' development based on Rosstat data

По всем продуктам, кроме молока и яиц, по которым восстановительный период от последствий внутренней турбулентности произошел ранее, в 2001–2006 гг. отмечали устойчивый спад производства из-за прошлых шоков. В постшоковый восстановительный период (2007–2012 гг.) по всем видам продукции (кроме крупного скота на убой и яиц) был характерен рост с разной степенью устойчивости, в том числе по птице и свиньям на убой – с максимальной, а яйцам – весьма высокой устойчивостью. С формированием внешней турбулентности (2013–2018 гг.) по большинству видов продукции устойчивый рост сменился на спад. В 2019–2024 гг. у половины видов продукции показатели устойчивости динамики еще более ухудшились. Максимальная степень устойчивости роста сохранилась только в производстве молока, высокая устойчивость роста восстановилась в производстве яиц.

Управление национальными рисками. Под влиянием внутренней и внешней турбулентности, а также совокупности других факторов, за анализируемый период произошли существенные структурные сдвиги в производстве основных видов продукции сельского хозяйства между регионами Северо-Запада. Северные регионы утратили свои позиции по всем видам продуктов. Калининградская область существенно увеличила удельный вес в производстве продукции растениеводства, а южные регионы – продукции животноводства (табл. 5).

Таблица 5 – **Структурные сдвиги в производстве основных видов продукции сельского хозяйства между регионами Северо-Запада РФ в период 2001–2006 гг., процентных пунктов** /
Table 5 – **Structural shifts in the production of the main types of agricultural products between the regions of the North-West of the Russian Federation in the period between 2001–2006, percentage points**

Вид продукции / Type of products	*Северные регионы / Northern regions*	*Южные регионы / Southern regions*	*Калининградская область / Kaliningrad region*	*Северо-Запад / North-West*
Зерновые и зернобобовые / Cereals and legumes	-1,5	-18,6	20,1	0,0
Картофель / Potato	-13,1	6	7,1	0,0
Овощи / Vegetables	-5,2	0,1	5,1	0,0
Крупный рогатый скот на убой / Cattle for slaughter	-7,2	6,6	0,6	0,0
Птица на убой / Poultry for slaughter	-8,5	9,7	-1,2	0,0
Свиньи на убой / Pigs for slaughter	-11,2	10,8	0,4	0,0
Молоко / Milk	-3,1	1,5	1,6	0,0
Яйца / Eggs	-11,1	10,4	0,7	0,0

Источник: разработка авторов на основе данных Росстата / Source: authors' development based on Rosstat data

Произошедшие структурные сдвиги сформировали ряд потенциальных рисков, которые в условиях усиления турбулентности могут привести к нежелательным экономическим, социальным и экологическим последствиям для устойчивого развития агропромышленного производства. Отмечается чрезмерная поляризация регионов Северо-Запада в размещении производства продукции птицеводства и свиноводства. В 2024 г. в Ленинградской области было сконцентрировано производство 58 % птицы на убой и 75 % яиц, а в Псковской области – 74 % свиней на убой. При этом данная продукция в северных регионах практически перестала производиться, что весьма опасно с позиций продовольственной безопасности. При дальнейшем усилении турбулентности возникает вероятность нарушения цепочек поставок продуктов питания в северные регионы. Для страхования данного риска следовало бы производить здесь в объеме потребности местного населения свежее мясо птицы и свинину, а также диетическое яйцо.

В свою очередь локализация производства продукции птицеводства и свиноводства на ограниченных территориях всего в нескольких агропромышленных организациях создает риски возникновения эпизоотий и критического загрязнения окружающей среды, которые должны страховаться.

Следует отметить, что управление большинством национальных рисков лежит в плоскости долгосрочных стратегий и программ, реализуемых в настоящее время в Российской Федерации и регионах. Тем не менее, в «Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынка сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия»[12] необходимо пересмотреть подходы к системе мер поддержки. В частности, требуется исключить излишнюю поляризацию объемов бюджетной поддержки сельского хозяйства между агрохолдингами, крупными, средними и малыми сельхозорганизациями, а также между регионами.

В группе северных регионов Северо-Запада хозяйствующим субъектам (прежде всего малым и средним) необходимо предусмотреть целевое субсидирование в форме компенсации затрат, связанных с экстремальными природно-климатическими условиями, в части производства продукции АПК для местного (внутрирегионального) потребления. В Калининградской области бюджетные средства целесообразно направить на поддержание лидирующих позиций в объеме экспорта продукции АПК. В группе южных регионов Северо-Запада следовало бы применить механизм субсидирования, исключающий поляризацию бюджетной поддержки сельского хозяйства между крупным и малым агробизнесом.

В целом, для повышения инвестиционной активности субъектов агропромышленного производства необходимо постепенно снижать учетную ставку Центробанка и процентные ставки коммерческих банков на фоне реализации налоговых, кредитных и грантовых механизмов поддержки инвестиционного процесса в аграрном секторе. Причем в северных регионах с отсутствием условий для ведения крупномасштабного сельскохозяйственного производства инвестиционную активность можно повысить за счет грантовой поддержки стартапов субъектам малого и среднего бизнеса и прямого финансирования инвестиционных проектов, как это уже практикуют в Республике Коми. Для ликвидации зависимости сельского хозяйства от импортных поставок следовало бы включить в «Доктрину продовольственной безопасности Российской Федерации»[13] показатели самообеспечения племенным материалом, ветеринарными препаратами, сырьем для производства средств защиты растений и т. п. [16]. Необходимо также увеличить субсидии отечественным производителям племенного и семенного материала, указанных препаратов, а также отечественной селекции и научно-исследовательским работам в этой сфере.

На Северо-Западе требуется сосредоточить внимание на государственной поддержке современного селекционно-семеноводческого центра мощностью 6,5 тыс. тонн семенного картофеля в год, построенного в Новгородской области на базе КФХ Д. П. Павлюка, а также селекционно-генетического центра «Бугры»

[12]Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия. Утв. постановлением Правительства РФ от 14.07.2012 г. №717. [Электронный ресурс]. URL: https://base.garant.ru/70210644/ (дата обращения 05.03.2026).
[13]URL: http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106

Ленинградской области для разведения крупного рогатого скота посредством производства эмбрионов по стандартам мирового уровня. Ввод в эксплуатацию данных Центров запланирован на 2026 г. Ожидаемо создание селекционно-семеноводческого центра для разведения и выращивания семенного картофеля в Республике Коми в рамках проекта «Арктический картофель».

Управление рисками, сдерживающими устойчивое развитие сельских территорий, необходимо осуществлять посредством внесения корректив в «Стратегию пространственного развития России до 2030 года с прогнозом до 2036 года»[14] в части расширения «Единого перечня опорных населенных пунктов Российской Федерации»[15] и включения в него не только центров муниципальных районов (округов), но и внутрирайонных (внутриокружных) центров второго порядка. Кроме того, в данный документ необходимо внести раздел страхования рисков от отрицательного воздействия на сельские территории центр-ориентированных мероприятий Стратегии. В условиях реализации стратегии поляризованного развития территории России необходимо полноценное финансирование Госпрограммы «Комплексное развитие сельских территорий»[16].

Заключение. Функционирование агропромышленного производства Северо-Запада, как и других субъектов Федерации, происходит под воздействием объективных экономических законов, определяющих особенности территориального разделения труда, сложившейся специализации, степени реализации сравнительных и конкурентных преимуществ регионов. Усиление турбулентности внешней среды показало, что процесс устойчивого развития агропромышленного производства в условиях Северо-Запада оказался достаточно уязвимым к глобальным и национальным рискам. Проведенная экспертная оценка позволила выявить значимость и особенности влияния рисков с точки зрения угроз для устойчивости функционирования агропромышленного производства регионов в текущий период и на перспективу.

Выделенные четыре периода с разной степенью влияния турбулентности и рисков на устойчивость развития агропромышленного производства Северо-Запада иллюстрируют значительную степень дифференциации между группами регионов в парадигме «рост/спад производства». Одновременно следует отметить, что межрегиональные структурные сдвиги в производстве птицы и свиней на откорм, а также яиц внутри Северо-Запада усилили избыточную поляризацию и территориальную локализацию в данных отраслях.

Все вышеизложенное определяет актуальность постоянного анализа и учета в государственной и региональной аграрной политике высокой степени неопределенности внешней среды из-за нарастания ее турбулентности, что будет способствовать реализации системы мер по эффективному управлению рисками.

Список литературы

1. Костяев А. И., Никонова Г. Н. Устойчивое развитие агропромышленного производства: подходы, принципы, цели и индикаторы. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2025;26(3):691–706. DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.3.691-706 EDN: WSJEXZ

2. Emery F. E., Trist E. L. The Causal Texture of Organizational Envi-ronments. Human Relations. 1965;18:21–32. DOI: https://doi.org/10.1177/001872676501800103

3. Кормановская И. Р. Устойчивость развития региональных социально-экономических систем в условиях турбулентности. Проблемы современной экономики. 2015;4(56):189–192. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=25523190 EDN: VMNPZN

4. Ansoff I. H., Sullivan P. A. Optimiaing Profitability in Turbulent Envi-ronments: A Formula for Strategic Success. Long Range Planning. 1993;26(5):11–23. URL: https://www.sci-hub.ru/10.1016/0024-6301(93)90073-O

5. Mbabu M. M., Abong'o B. Environmental Turbulence and its impact on Strategy. Greener Journal of Economics and Accountancy. 2025;12(1):1–4. DOI: https://doi.org/10.15580/gjea.2025.1.121724199

[14]URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_495567
[15]Единый перечень опорных населенных пунктов Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: https://russiasmartcity.ru/wp-content/uploads/2025/03/Утвержденный-перечень-ОНП-РФ.pdf (дата обращения 05.03.2026).
[16]URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Post_696-31052019.pdf

6. Reed J. H. Duration matters: the interaction of the degree and the dura-tion of environmental turbulence. Oper Manag Res. 2025;18:1029–1044. DOI: https://doi.org/10.1007/s12063-025-00552-1

7. Щетинина Е. Д., Кучерявенко С. А., Климова Т. Б., Коннова А. В. Система факторов и причин возникновения турбулентности как меры хаотичности и неопределенности развития экономики. Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2016;(7):203–209. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=26223337 EDN: WBVZEV

8. Гусаков В. Проблемы и предложения по устойчивому развитию национальной экономики в период международной турбулентности. Наука и инновации. 2023;1(239):4–10. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=54272255 EDN: CDTVLO

9. Котыньский Ю. Экономика Польши в условиях турбулентности мировой экономики. Мир перемен. 2020;(1):83–97. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=42965198 EDN: RCKQTQ

10. Цветков В. А., Ядгаров Я. С., Сидоров В. А., Соболев Э. В. Турбулентность хозяйственного развития: глобальные риски и неопределенность. Проблемы рыночной экономики. 2023;(1):6–31. DOI: https://doi.org/10.33051/2500-2325-2023-1-6-31 EDN: TAFWLO

11. Никонова Г. Н., Криулина Е. Н., Тарасенко Н. В. Факторы и механизмы преодоления депрессивности в сельском развитии. Вестник АПК Ставрополья. 2016;(S3):124–130. Режим доступа: https://elibrary.ru/item.asp?id=26673393 EDN: WLSAVH

12. Бараева Ю. В., Кабанова Н. А., Рыженкова Н. Е. Классификация экономического риска в сельском хозяйстве. Экономика сельского хозяйства России. 2020;(6):44–49. DOI: https://doi.org/10.32651/206-44 EDN: NSIJQQ

13. Задков А. П. Фактор риска в сельском хозяйстве. Новосибирск: Сибирское отделение РАСХН, 2008. 264 с.

14. Огнивцев С. Б. Устойчивое развитие сельского хозяйства: методология, моделирование и риски. Экономика и управление: проблемы, решения. 2025;8(3(156)):166–173. DOI: https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2025.03.08.018 EDN: CXUJKS

15. Elsner M., Atkinson G., Zahidi S. The Global Risks Report 2025. World Economic Forum, 2025. 104 p. URL: https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2025/

16. Костяев А. И., Никонова Г. Н. О необходимости новой парадигмы продовольственной безопасности России. Никоновские чтения. 2014;(19):5–7. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22704468 EDN: TCVWXR

References

1. Kostyaev A. I., Nikonova G. N. Sustainable development of agro-industrial production: approaches, principles, goals and indicators. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2025;26(3):691–706. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.30766/2072-9081.2025.26.3.691-706

2. Emery F. E., Trist E. L. The Causal Texture of Organizational Envi-ronments. Human Relations. 1965;18:21–32. DOI: https://doi.org/10.1177/001872676501800103

3. Kormanovskaya I. R. Sustainability of development of the regional socio-economic systems in the context of turbulence (Russia, Velikiy Novgorod). *Problemi sovremennoy ekonomiki* = Problems of Modern Economics. 2015;4(56):189–192. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=25523190

4. Ansoff I. H., Sullivan P. A. Optimiaing Profitability in Turbulent Envi-ronments: A Formula for Strategic Success. Long Range Planning. 1993;26(5):11–23. URL: https://www.sci-hub.ru/10.1016/0024-6301(93)90073-O

5. Mbabu M. M., Abong'o B. Environmental Turbulence and its impact on Strategy. Greener Journal of Economics and Accountancy. 2025;12(1):1–4. DOI: https://doi.org/10.15580/gjea.2025.1.121724199

6. Reed J. H. Duration matters: the interaction of the degree and the dura-tion of environmental turbulence. Oper Manag Res. 2025;18:1029–1044. DOI: https://doi.org/10.1007/s12063-025-00552-1

7. Shchetinina E. D., Kucheryavenko S. A., Klimova T. B., Konnova A. V. Sistema faktorov i prichin vozniknoveniya turbulentnosti kak meri khaotichnosti i neopredelennosti razvitiya ekonomiki. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova* = The Bulletin of BSTU named after V. G. Shukhov. 2016;(7):203–209. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=26223337

8. Gusakov V. Problems and proposals for the sustainable development of the national economy in the period of international turbulence. *Nauka i innovatsii* = The Science and Innovations. 2023;1(239):4–10. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=54272255

9. Kotinsky Yu. Polish economy in the context of global economic turbulence. *Mir peremen*. 2020;(1):83–97. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=42965198

10. Tsvetkov V. A., Yadgarov Ya. S., Sidorov V. A., Sobolev E. V. Turbulence of economic development: global risks and uncertainty. *Problemi rinochnoy ekonomiki* = Market economy problems. 2023;(1):6–31. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.33051/2500-2325-2023-1-6-31

11. Nikonova G. N., Kriulina E. N., Tarasenko N. V. Factors and mechanisms to overcome the depressive in rural development. *Vestnik APK Stavropolya* = Agricultural Bulletin of Stavropol Region. 2016;(S3):124–130. (In Russ.). URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=26673393

12. Baraeva Yu. V., Kabanova N. A., Rizhenkova N. E. Classification of economic risk in agriculture. *Ekonomika selskogo khozyaystva Rossii* = Economics of Agriculture of Russia. 2020;(6):44–49. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.32651/206-44

13. Zadkov A. P. The risk factor in agriculture. Novosibirsk: *Sibirskoye otdeleniye RASKHN*, 2008. 264 p.

14. Ognivtsev S. B. Sustainable agricultural development: methodology, modeling and risks. *Ekonomika i upravleniye: problemi, resheniya* = Economics and Management: Problems, Solutions. 2025;8(3(156)):166–173. (In Russ.). DOI: https://doi.org/10.36871/ek.up.p.r.2025.03.08.018

15. Elsner M., Atkinson G., Zahidi S. The Global Risks Report 2025. World Economic Forum, 2025. 104 p. URL: https://www.weforum.org/publications/global-risks-report-2025/

16. Kostyayev A. I., Nikonova G. N. On the need for a new paradigm of food security in Russia. *Nikonovskiye chteniya*. 2014;(19):5–7. (In Russ.). URL: https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22704468

Вклад авторов: Все авторы внесли эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Сведения об авторах

✉**Костяев Александр Иванович**, доктор экон. наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник Института аграрной экономики и развития сельских территорий, ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» (СПб ФИЦ РАН), ш. Подбельского, д. 7, г. Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация, 196608, e-mail: szniesh@gmail.com,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4041-6935, e-mail: galekos@yandex.ru

Никонова Галина Николаевна, доктор экон. наук, профессор, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник Института аграрной экономики и развития сельских территорий, ФГБУН «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр РАН», ш. Подбельского, д.7, г. Санкт-Петербург, Пушкин, Российская Федерация, 196608, e-mail: szniesh@gmail.com, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7605-0237**

Author contributions: All authors made an equal contribution to the preparation of the publication.

Information about the authors

✉**Alexander I. Kostyaev**, DSc in Economics, professor, academician of RAS, chief researcher, Institute of Agricultural Economics and Rural Development, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS), 7 Podbelsky Highway, St. Petersburg, Russian Federation, 196608, e-mail: szniesh@gmail.com,
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4041-6935, e-mail: galekos@yandex.ru

Galina N. Nikonova, DSc in Economics, professor, corresponding member of RAS, chief researcher, Institute of Agricultural Economics and Rural Development, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS), 7 Podbelsky Highway, St. Petersburg, Russian Federation, 196608,
e-mail: szniesh@gmail.com, **ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7605-0237**

✉ – Для контактов / Corresponding author

ISSN 2072-9081 (print) Аграрная наука Евро-Северо-Востока, Том 27, № 3, 2026.
ISSN 2500-1396 (online) Agricultural Science Euro-North-East, Vol. 27, no.3, 2026.