

ИЗВЕСТИЯ

ТИМИРЯЗЕВСКОЙ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ
АКАДЕМИИ

Научно–теоретический журнал
Российского государственного аграрного университета —
МСХА имени К.А. Тимирязева

Сообщаются результаты экспериментальных, теоретических и методических исследований в различных областях сельскохозяйственной науки и практики, выполненных в разных природно–экономических зонах страны

Основан в 1878 году
6 номеров в год

Выпуск

3

май–июнь

Москва
Издательство РГАУ-МСХА
2026

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР: д.с.-х.н., д.э.н., академик РАН, проф. **В.И. Трухачев**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

д.с.-х.н., профессор **С.Л. Белопухов**; доктор наук, PhD, профессор **Р. Валентини** (Италия);
д.б.н., профессор **И.И. Васенев**; д.э.н., профессор **Р.С. Гайсин**;
д.э.н., профессор **А.В. Голубев**; д.с.-х.н., профессор **С.А. Грикшас**;
д.с.-х.н., профессор **Ж. Дананлов** (Болгария); д.б.н., профессор **Ф.С. Джалилов**;
профессор **Д.А. Джукич** (Сербия); д.с.-х.н., профессор, академик РАН **Н.Н. Дубенок**;
д.в.н., профессор **Г.П. Дюльгер**; д.б.н., профессор **А.А. Иванов**;
д.б.н., профессор, академик РАН **В.И. Кирюшин**; д.б.н., профессор **В.Н. Корзун** (Германия);
д.в.н., профессор **Р.Г. Кузьмич** (Беларусь); д.б.н., профессор **Я.В. Кузяков** (Германия);
д.с.-х.н., профессор **Н.Н. Лазарев**; д.с.-х.н., профессор **В.И. Леунов**;
д.с.-х.н., профессор, академик РАН **В.М. Лукомец**; д.б.н., профессор **А.Г. Маннапов**;
д.б.н., профессор, академик НАНУ и НААНУ **Д.А. Мельничук** (Украина);
к.э.н., PhD MSU, **Р.А. Мигунов**; к.с.-х.н. **Г.Ф. Монахос**; д.с.-х.н., профессор **С.Г. Монахос**;
д.б.н., профессор **В.Д. Наумов**; д.т.н., профессор, академик РАН **В.А. Панфилов**;
д.б.н., профессор **С.Я. Попов**; д.х.н., профессор **Н.М. Пржевальский**;
д.с.-х.н., профессор **А.К. Раджабов**; д.с.-х.н., профессор **Г.В. Родионов**;
д.б.н., профессор **В.С. Рубец**; д.э.н., профессор, чл.-корр. РАН **Н.М. Светлов**;
д.б.н., профессор **М.И. Селионова**; к.б.н., доцент **О.В. Селицкая**;
д.б.н., профессор **А.А. Соловьев**; д.б.н., профессор **И.Г. Тараканов**;
д.б.н., профессор **С.П. Торшин**; д.в.н., профессор **С.В. Федотов**;
д.б.н., профессор **Л.И. Хрусталева**; д.с.-х.н., профессор **В.А. Черников**;
д.э.н., профессор **С.А. Шелковников**; д.т.н., профессор **И.Н. Шило** (Беларусь);
д.с.-х.н., профессор **А.В. Шитикова**; д.с.-х.н., профессор **А.С. Шуварики**;
д.с.-х.н., профессор, академик РАН **Ю.А. Юлдашбаев**

Редакция

Научный редактор – **А.В. Лебедев**

Редактор – **В.И. Марковская**

Перевод на английский язык – **Н.А. Сергеева**

Компьютерная верстка – **А.С. Лаврова**

Журнал входит в перечень

ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК

Журнал включен в базы данных BIOSIS (WoS), RSCI (WoS),

CA(pt), CrossRef, AGRIS, РИНЦ, ядро РИНЦ

Правила оформления научных статей для опубликования в журнале «Известия ТСХА» размещены в Интернете (<https://izvestiia.timacad.ru/jour/about/submissions#authorGuidelines>)

Плата с аспирантов за публикацию статей не взимается

IZVESTIYA

of

Timiryazev Agricultural Academy

Academic Journal
of Russian Timiryazev State Agrarian University

The journal publishes the results of experimental,
theoretical and procedural research in different areas
of agricultural science and practice carried out
in various natural and economic zones of the country

Founded in 1878
Six issues per year

Issue

3

May–June

Moscow
Publishing house of Russian Timiryazev State Agrarian University
2026

EDITOR-IN-CHIEF: Prof. **Vladimir I. Trukhachev**,
DSc (Ag), DSc (Econ), Full Member of RAS

EDITORIAL BOARD

Prof. **Sergey L. Belopukhov**, DSc (Ag); Prof. **Riccardo Valentini**, DSc, PhD (Italy);
Prof. **Ivan I. Vasenev**, DSc (Bio); Prof. **Rafkat S. Gaysin**, DSc (Econ);
Prof. **Aleksei V. Golubev**, DSc (Econ); Prof. **Styapas A. Grikshas**, DSc (Ag);
Prof. **Zhivko Danailov**, DSc (Ag) (Bulgaria); Prof. **Fevzi S. Dzhalilov**, DSc (Bio);
Prof. **Dragutin A. Djukic** (Serbia); Prof. **Nikolai N. Dubenok**, DSc (Ag), Full Member of RAS;
Prof. **Georgy P. Dulger**, DSc (Vet); Prof. **Aleksei A. Ivanov**, DSc (Bio);
Prof. **Valerii I. Kiryushin**, DSc (Bio), Full Member of RAS; Prof. **Victor N. Korzun**, DSc (Bio) (Germany);
Prof. **Rostislav G. Kuzmich**, DSc (Vet) (Belarus); Prof. **Yakov V. Kuzyakov**, DSc (Bio) (Germany);
Prof. **Nikolay N. Lazarev**, DSc (Ag); Prof. **Vladimir I. Leunov**, DSc (Ag);
Prof. **Vyacheslav M. Lukomets**, DSc (Ag), Full Member of RAS; Prof. **Alfir G. Mannapov**, DSc (Bio);
Prof. **Dmitrii A. Melnichuk**, DSc (Bio), Member of NASU and NAASU (Ukraine);
Rishat A. Migunov, CSc (Econ), PhD MSU; **Grigory F. Monakhos**, CSc (Ag);
Prof. **Sokrat G. Monakhos**, DSc (Ag); Prof. **Vladimir D. Naumov**, DSc (Bio);
Prof. **Victor A. Panfilov**, DSc (Eng), Full Member of RAS; Prof. **Sergei Ya. Popov**, DSc (Bio);
Prof. **Nikolai M. Przhevalskiy**, DSc (Chem); Prof. **Agamagomed K. Radzhabov**, DSc (Ag);
Prof. **Gennady V. Rodionov**, DSc (Ag); Prof. **Valentina S. Rubets**, DSc (Bio);
Prof. **Nikolai M. Svetlov**, DSc (Econ), Corresponding Member of RAS;
Prof. **Marina I. Selionova**, DSc (Bio); Assoc. Prof. **Olga V. Selitskaya**, CSc (Bio);
Prof. **Alexander A. Soloviev**, DSc (Bio); Prof. **Ivan G. Tarakanov**, DSc (Bio);
Prof. **Sergei P. Torshin**, DSc (Bio); Prof. **Sergei V. Fedotov**, DSc (Vet);
Prof. **Ludmila I. Khrustaleva**, DSc (Bio); Prof. **Vladimir A. Chernikov**, DSc (Ag);
Prof. **Sergey A. Shelkovnikov**, DSc (Econ); Prof. **Ivan N. Shilo**, DSc (Eng) (Belarus);
Prof. **Aleksandra V. Shitikova**, DSc (Ag); Prof. **Anatolii S. Shuvarikov**, DSc (Ag);
Prof. **Yusupzhan A. Yuldashbayev**, DSc (Ag), Full Member of RAS

EDITORIAL STAFF

Scientific editor – **Aleksandr V. Lebedev**

Editor – **Vera I. Markovskaya**

Translation into English – **Natalya A. Sergeeva**

Computer design and making-up – **Anneta S. Lavrova**

The journal is listed in the VAK (Higher Attestation Commission) register
of the top peer reviewed journals and editions

The journal is also included in BIOSIS (WoS), RSCI (WoS), CA(pt), CrossRef, AGRIS,
Russian Index of Science Citation, Core Collection of Russian Index of Science Citation

Article submission guidelines of the journal “Izvestiya of TAA” are available
at <https://izvestiia.timacad.ru/jour/about/submissions#authorGuidelines>

Articles submitted by postgraduates are exempt from the processing charge

АГРОХИМИЯ, ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ

**Влияние биопрепаратов на ассимиляцию азота
яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в стрессовых
условиях выращивания**

**Инга Ивановна Серегина[✉], Сергей Леонидович Белопухов,
Майя Анка**

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

[✉]**Автор, ответственный за переписку:** iseregina@rgau-msha.ru

Аннотация

В статье приведены исследования, посвященные изучению влияния биопрепаратов на ассимиляцию азота растениями яровой мягкой пшеницы при выращивании в стрессовых условиях, возникающих в результате дефицита или избытка влаги в почве. Известно, что в последние годы проявляется тенденция увеличения площадей пахотных земель Российской Федерации, подверженных действию засух, а также периодическому затоплению и переувлажнению, что наносит существенный ущерб сельскохозяйственному производству. В данном аспекте вопросы поиска стратегий снижения негативного действия стрессовых реакций, вызванных воздействием недостатка влаги в почве или ее переувлажнения, имеют большое практическое и экологическое значение и высокую актуальность. Целью исследований являлось изучение влияния биопрепаратов на ассимиляцию азота в растениях яровой пшеницы двух разных сортов при моделировании стрессовых условий водообеспечения. Растения яровой пшеницы сортов Злата и Радмира выращивали в вегетационных условиях с использованием модификации почвенная культура. Для исследований использовали почву урбанозем типичный легкосуглинистый, взятую с полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Установлено адаптивное действие биопрепаратов при дефиците влаги в почве на процессы поступления азота в растения и размеры ассимиляции азота в зерне пшеницы, что обуславливает способность яровой мягкой пшеницы противостоять неблагоприятным условиям окружающей среды. Выявлено положительное действие изучаемых препаратов на процессы поступления и ассимиляции азота в растениях яровой мягкой пшеницы сортов Злата и Радмира. Эффективность биопрепаратов в различных стрессовых условиях водного обеспечения зависела от их химического состава и способа применения. Показано, что наибольшая адаптивная способность биопрепаратов проявилась в условиях засухи в критический период развития растений пшеницы обоих сортов. Применение биопрепаратов обеспечило лучшие условия для поступления азота в растения и активизацию процессов ассимиляции азота в растениях. Это способствует проявлению адаптационных реакций в растениях, обуславливая способность яровой пшеницы противостоять неблагоприятным условиям окружающей среды.

Ключевые слова

яровая мягкая пшеница, биопрепараты, содержание азота в зерне пшеницы, вынос азота с урожаем зерна, ассимиляция азота

Благодарности

Исследования выполнены за счет средств программы развития университета в рамках Программы стратегического академического лордства «Приоритет 2030».

Для цитирования

Серегина И.И., Белопухов С.Л., Анка М. Влияние биопрепаратов на ассимиляцию азота яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в стрессовых условиях выращивания // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 3. С. 5–19.

AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE, ECOLOGY

Effect of biopreparations on nitrogen assimilation in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) under stressful growing conditions

Inga I. Seregina[✉], Sergey L. Belopukhov, Maya Anka

Russian State Agrarian University –
Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

[✉]Corresponding author: seregina.i@inbox.ru

Abstract

The article presents studies on the effect of biopreparations on nitrogen assimilation in spring soft wheat plants grown under stressful conditions resulting from either water deficit or excess soil moisture. It is known that recent years have seen a tendency towards an increase in the area of arable land in the Russian Federation affected by droughts, as well as periodic flooding and waterlogging, which significantly damage agricultural production. In this regard, the search for strategies to mitigate the negative effects of stress responses induced by either water deficit or waterlogging is of great practical and environmental significance and remains highly relevant. The aim of the study was to investigate the effect of biopreparations on nitrogen assimilation in two different spring wheat varieties under simulated water supply stress conditions. Spring wheat plants of the varieties Zlata and Radmira were grown under controlled vegetation conditions using a modified soil culture technique. The soil used was typical light loamy urbanozem, collected from the field experimental station of the Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. An adaptive effect of biopreparations was established under water deficit conditions, influencing nitrogen uptake by plants and the extent of nitrogen assimilation in wheat grain, thereby enhancing the ability of spring soft wheat to withstand adverse environmental conditions. A positive effect of the studied preparations on nitrogen uptake and assimilation processes in spring soft wheat plants varieties Zlata and Radmira was revealed. The effectiveness of biopreparations under various water supply stress conditions depended on their chemical composition and application method. It was shown that the greatest adaptive capacity of biopreparations was manifested under drought conditions during the critical period of plant development in both wheat varieties. The application of biopreparations provided optimal conditions for nitrogen uptake by plants and enhanced nitrogen assimilation processes, thereby promoting adaptive responses in plants and increasing the ability of spring wheat to withstand adverse environmental conditions.

Keywords

spring soft wheat, biopreparations, nitrogen content in wheat grain, nitrogen yield, nitrogen assimilation

Acknowledgments

The research was carried out with the support of the University Development Program as part of the “Priority 2030” Strategic Academic Leadership Program.

For citation

Seregina I.I., Belopukhov S.L., Anka M. Effect of biopreparations on nitrogen assimilation in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) under stressful growing conditions. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(3):5–19.

Введение Introduction

В период вегетации растений могут происходить неконтролируемые изменения метеорологических условий, приводящие к снижению продуктивности растений. По результатам оценки климатических показателей и наблюдения среднесезонных данных установлено, что изменения климата, проявляющиеся повышением среднегодовых температур, возникают вследствие дисбаланса парниковых газов в атмосфере. Помимо этого, происходит уменьшение осадков или их отсутствие в течение вегетационного периода. Все эти процессы являются причиной повышения температуры воздуха, помимо снижения влажности почвы, что в свою очередь приводит к стрессовым реакциям растений, отрицательно действуя на их рост, и, следовательно, к снижению их продуктивности. Проблема низкой влажности почв широко распространена во всем мире, а на территории Российской Федерации более половины посевных площадей подвержено явлениям недостаточного и нестабильного увлажнения. Наиболее сильные засухи, связанные с изменением природных факторов, наблюдались в 1972, 2000, 2003, 2009 и 2010 гг., вызывая существенные колебания состояния почвы, в том числе ее микробиологической активности, а также доступности необходимых для растений питательных веществ. В случаях, когда растение в течение длительного времени страдает от острой нехватки почвенной влаги, происходят значительные потери урожайности сельскохозяйственных культур [1–8].

Наряду с территориями, подверженными недостатку влаги в почве, довольно часто земли сельскохозяйственного назначения подвергаются переувлажнению и затоплению. Многие исследования выявили угнетение роста и развития растений, выращиваемых в условиях переувлажнения почвы, и потери продуктивности этих растений. По оценкам Международной организации ФАО [9], около 20% посевных площадей в Российской Федерации ежегодно подвергаются заметному снижению урожайности ввиду проблем частичного или полного затопления, и это наблюдается в регионах Сибири, на Северо-западе и Дальнем Востоке. Большие территории Нечерноземной зоны часто характеризуются нестабильностью условий водообеспечения. При этом посевы сельскохозяйственных культур этой зоны в отдельные годы испытывают стресс, вызванный засухой различной продолжительности, а также стресс, вызванный переувлажнением почв или даже затоплением [1, 8, 10].

По данным Росгидромета, в Нечерноземной зоне периодичность избыточного увлажнения и переувлажнения во время вегетации растений составляет 25–40%, засушливых условий – 12–20% [1, 10]. Исследования показывают, что почти 1/3 площадей пахотных земель подвержена действию засух. В последние годы проявляется тенденция их увеличения, что наносит существенный ущерб сельскохозяйственному производству [1, 4]. В данном аспекте вопросы поиска стратегий снижения негативного действия стрессовых реакций, вызванных воздействием недостатка влаги в почве или ее переувлажнения, остаются актуальными.

Еще в середине прошлого столетия было изучено неблагоприятное действие биотических факторов окружающей среды на растительные организмы, в результате чего в растениях проявляются индивидуальные или многозадачные адаптивные механизмы. В научных исследованиях отмечено, что активизация адаптивных механизмов

в растениях может происходить при участии различных антиоксидантов, составляющих антиоксидантную систему растений [11]. К антиоксидантам относят различные ферменты растений, фенольные соединения, микроэлементы, физиологически активные вещества и т.д., оказывающие существенное влияние на синтез активных форм кислорода, реакции перекисного окисления липидов в клетках и тканях растений, что способствует реализации адаптивных способностей растений и повышению их устойчивости к стрессовым воздействиям [11, 12].

В настоящее время наиболее значимым аспектом современной науки является поиск агротехнических методов повышения устойчивости производства продукции растениеводства. Оценка эффективности отдельных приемов выращивания выполняется относительно не только уровня урожайности, но и интенсивности процессов поступления и ассимиляции азота сельскохозяйственными культурами.

Одним из технологических приемов сельскохозяйственного производства для повышения адаптивности растений является применение биопрепаратов, которые отличаются небольшим расходом действующего вещества при использовании, а также характеризуются разнообразным составом [13]. Биопрепараты растительного или микробного состава могут применяться в качестве защиты растений, а также для стимулирования роста растений или регулирования отдельных сигнальных систем в клетках растений, создавая их адаптивный статус определенного уровня, что позволяет снизить негативное действие неблагоприятных условий выращивания [12, 14]. Применение биопрепаратов стимулирует ростовые процессы растений, что способствует ускорению перехода растений в следующую фенологическую фазу. В результате воздействия биопрепаратов в качестве стимуляторов роста растения избегают негативного воздействия периодически возникающих водных стрессов, что обуславливает не только увеличение устойчивости растений, но и сохранение репродуктивной сферы яровой пшеницы. Все эти механизмы позволяют сохранить урожайность растений или снизить стрессовое воздействие на процессы ее формирования [13, 15].

Цель исследований: изучение влияния биопрепаратов на содержание азота в зерне и вынос азота с урожаем зерна яровой пшеницы разных сортов в стрессовых условиях водного обеспечения.

Методика исследований

Research method

Объектом исследований являлась яровая мягкая пшеница сортов Злата и Радымира. Исследования проводили в 2023–2024 гг. Растения выращивали в почвенной культуре вегетационных исследований в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Методика исследований соответствовала общепринятым требованиям [16]. Почва урбанозем типичный легкосуглинистый характеризуется следующими агрохимическими показателями: содержание органического вещества – 2,8% [17]; pH_{KCl} – 4,8 [18]; Нг – 2,5 мг-экв/100 г почвы [19]; S – 19,8 мг-экв/100 г почвы [20]; V – 88,8%. Обеспеченность основными элементами питания: N_{штг} – 92,5 мг/кг почвы [21, 22]; P₂O₅ – 70 мг/кг почвы (III класс) [23]; K₂O – и 27 мг/кг почвы (1 класс) [23]. Агрохимический анализ почвы проводили по общепринятым методикам [24].

В исследованиях создавали стрессовые условия водного обеспечения растений путем регулирования полива: оптимальное водообеспечение, дефицит влаги в почве и переувлажнение почвы. Условия оптимального водообеспечения моделировали путем полива сосудов по массе до ПВ 60% в течение всего вегетационного периода. Условия дефицита влаги почве создавали прекращением полива в фазу выхода в трубку. Условия переувлажнения создавали в результате переизбытка влаги в почве при поливе.

Продолжительность периодов стрессовых воздействий составляла 5 суток. В качестве биопрепаратов использовали Бидукс [25] и органоминеральный биопрепарат [26]. Биопрепараты вносили двумя способами: предпосевной обработкой семян (ПОС) и опрыскиванием вегетирующих растений (ОВР) растворами с концентрацией 1 мг биопрепарата на 1 л воды. Контролем являлись варианты без применения биопрепаратов. Посев яровой мягкой пшеницы осуществлялся по 30 шт. семян в каждый сосуд. После достижения растениями фазы кущения проводили прореживание до 20 шт.

При закладке опыта вносили удобрения, предоставленные АО ФосАгро, азофоску (15:15:15) и аммонийную селитру (35%) для создания условий минерального питания из расчета $N_{150}P_{100}K_{100}$ [16].

Схема опытов представлена в таблице 1.

После уборки урожая в зерне пшеницы определяли содержание общего азота и рассчитывали вынос азота с урожаем зерна по принятым методикам [16].

Статистическая обработка полученных данных произведена с использованием однофакторного метода дисперсионного анализа [16].

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Результаты влияния биопрепаратов на содержание и вынос азота с урожаем яровой пшеницы в различных условиях водного обеспечения представлены на рисунках 1а, 1б, 2а, 2б.

Показано, что при оптимальном водообеспечении растений содержание азота в зерне пшеницы сортов Злата и Радмира возрастало при использовании биопрепаратов. При применении обработки семян перед посевом и при опрыскивании растений препаратом Биодукс содержание азота в зерне пшеницы сорта Злата возросло в 1,05 и 1,06 раза соответственно по сравнению с контролем (рис. 1а). Использование ОМБ способствовало увеличению содержания азота в 1,06 и 1,12 раза соответственно.

Условия окружающей среды, особенно водный режим почвы, оказывали существенное влияние на размеры поглощения азота растениями и эффективность его ассимиляции при формировании продуктивности. Недостаток, так же, как и избыток влаги в почве, вызывал изменение физиологических процессов, обуславливая при этом проявление окислительных реакций, что приводило к уменьшению процессов усвоения элементов питания растениями.

В условиях краткосрочного засушливого периода содержание азота в зерне увеличилось во всех вариантах опыта. В контрольном варианте показано увеличение содержания общего азота в 1,06 раза по сравнению с вариантом, где для растений создавали благоприятный водный режим выращивания. В то же время в условиях засухи произошло снижение массы зерна, что было показано в ранее опубликованной работе [27]. Изучаемые биопрепараты обеспечили возрастание содержания азота в 1,04 и 1,09 раза при применении препарата Биодукс и в 1,30 и 1,18 раза при применении препарата ОМБ.

В условиях краткосрочного переувлажнения почвы применением препарата Биодукс содержание азота составило 2,88% при обработке семян и 2,58% при опрыскивании вегетирующих растений против 2,35% в контрольном варианте. При использовании ОМБ содержание азота в зерне пшеницы составило 2,46 и 2,62% соответственно.

Таким образом, содержание азота в зерне пшеницы сорта Злата в стрессовых условиях выращивания зависело от технологии применения биопрепаратов. При дефиците влаги в почве наибольшее содержание азота в зерне пшеницы наблюдалось при опрыскивании растений в период вегетации органоминеральным биопрепаратом.

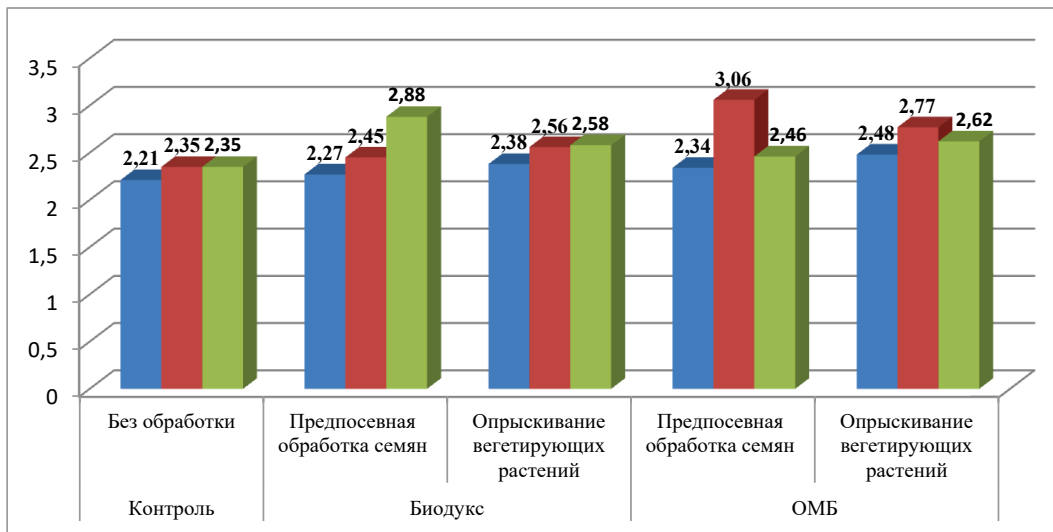
Таблица 1

Схема опытов (2023–2024 гг.)

Table 1

Experimental design (2023–2024)

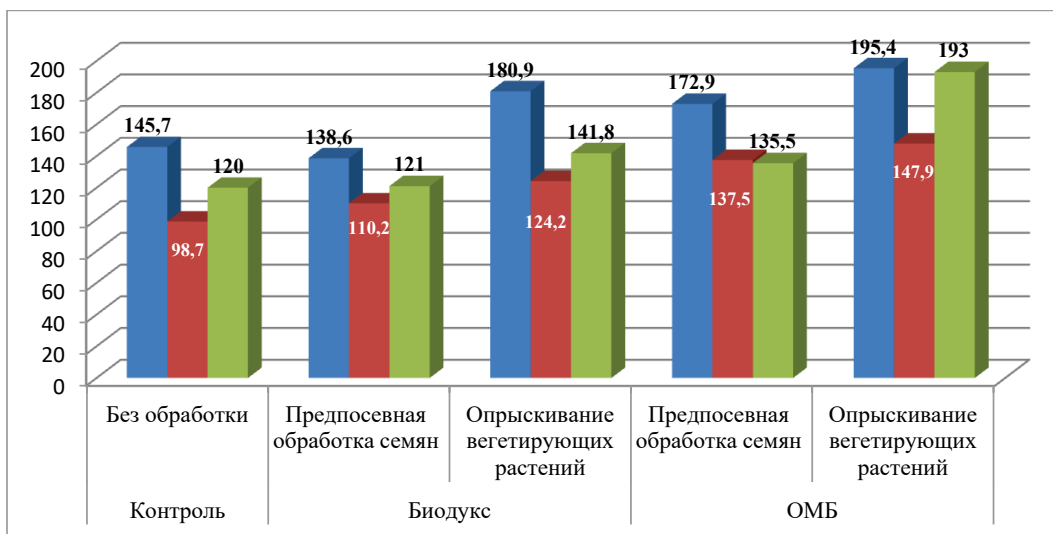
№	Применение биопрепаратов	Способ применения биопрепаратов	Условия водообеспечения
1	Без обработки (контроль)		оптимальные
2	Биодукс	предпосевная обработка семян (ПОС)	оптимальное
3	Органоминеральный биопрепарат (ОМБ)	предпосевная обработка семян (ПОС)	оптимальное
4	Биодукс	опрыскивание вегетирующих растений (ОВР)	оптимальное
5	Органоминеральный биопрепарат (ОМБ)	опрыскивание вегетирующих растений (ОВР)	оптимальное
6	Без обработки (контроль)		дефицит влаги в почве
7	Биодукс	предпосевная обработка семян (ПОС)	дефицит влаги в почве
8	Органоминеральный биопрепарат (ОМБ)	предпосевная обработка семян (ПОС)	дефицит влаги в почве
9	Биодукс	опрыскивание вегетирующих растений (ОВР)	дефицит влаги в почве
10	Органоминеральный биопрепарат (ОМБ)	опрыскивание вегетирующих растений (ОВР)	дефицит влаги в почве
11	Без обработки (контроль)		переувлажнение
12	Биодукс	предпосевная обработка семян (ПОС)	переувлажнение
13	Органоминеральный биопрепарат (ОМБ)	предпосевная обработка семян (ПОС)	переувлажнение
14	Биодукс	опрыскивание вегетирующих растений (ОВР)	переувлажнение
15	Органоминеральный биопрепарат (ОМБ)	опрыскивание вегетирующих растений (ОВР)	переувлажнение



■ Оптимальное водное обеспечение: НСР₀₅ ПОС – 0,12; НСР₀₅ ОВР – 0,10.
 ■ Дефицит влаги в почве: НСР₀₅ ПОС – 0,08; НСР₀₅ ОВР – 0,13.
 ■ Переувлажнение почвы: НСР₀₅ ПОС – 0,13; НСР₀₅ ОВР – 0,12.

Рис. 1а. Содержание азота, %, в зерне пшеницы сорта Злата в разных условиях водного обеспечения

Figure 1a. Nitrogen content (%) in grain of wheat variety Zlata under different water supply conditions



■ Оптимальное водное обеспечение: НСР₀₅ ПОС – 7,6; НСР₀₅ ОВР – 8,7.
 ■ Дефицит влаги в почве: НСР₀₅ ПОС – 5,8; НСР₀₅ ОВР – 6,2.
 ■ Переувлажнение почвы: НСР₀₅ ПОС – 6,3; НСР₀₅ ОВР – 7,6.

Рис. 1б. Вынос азота, мг/сосуд, с урожаем зерна, мг/сосуд, пшеницы сорта Злата в разных условиях водного обеспечения

Figure 1b. Nitrogen yield (mg/vessel) of wheat variety Zlata (mg/vessel) under different water supply conditions

В условиях краткосрочного переувлажнения почвы наибольшее накопление азота в зерне пшеницы показано при использовании препарата Биодукс путем обработки семян перед посевом, что, вероятно, обусловлено положительным влиянием биопрепарата на развитие корневой системы.

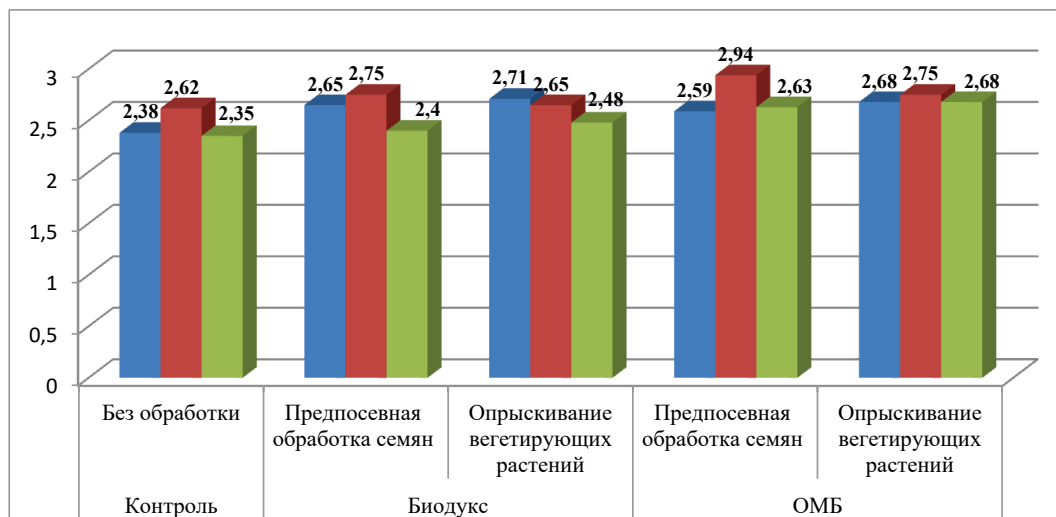
Для комплексной оценки размеров ассимиляции азота растениями пшеницы в различных условиях выращивания изучено влияние изучаемых биопрепаратов на вынос азота с урожаем зерна яровой пшеницы сорта Злата (рис. 1б). Было выявлено, что в условиях оптимального водообеспечения при применении биопрепаратов в большинстве вариантов вынос азота с зерном возрастал. Использование препарата Биодукс оказало положительное действие на размеры выноса азота с зерном пшеницы только при опрыскивании растений в течение вегетации. Получено возрастание выноса азота с зерном в 1,24 раза по сравнению с контролем. В отличие от препарата Биодукс при использовании ОМБ получено положительное увеличение выноса азота при использовании обоих способов его внесения: в 1,19 раза при обработке семян и в 1,34 раза при опрыскивании растений.

В условиях воздействия стрессовых факторов, обусловленных водным режимом почвы, установлено изменение выноса азота с урожаем в 1,49 раза при засухе и в 1,21 раза при переувлажнении. Резкое снижение размеров выноса азота с урожаем зерна в условиях водного стресса обусловлено уменьшением массы зерна, а также снижением размеров поступления азота в растения и нарушением синтетических процессов азота внутри растения. Применение биопрепаратов снижало негативное действие водного стресса и оказывало положительное действие на растения, что, вероятно, обусловлено стимулированием ростовых процессов и процессов поступления азота в растения. В условиях дефицита влаги в почве вынос азота возрос при использовании препарата Биодукс путем обработки семян в 1,12 раза, при опрыскивании растений – в 1,26 раза. При использовании ОМБ отмечено возрастание выноса азота в 1,39 и 1,50 раза соответственно по сравнению с контрольным вариантом.

При переувлажнении почвы прибавка выноса азота с урожаем зерна составила при опрыскивании вегетирующих растений препаратом Биодукс 18%, при обработке семян органоминеральным биопрепаратом – 13%, при опрыскивании растений ОМБ произошло возрастание выноса в 1,61 раза. Таким образом, наибольшие размеры выноса азота с урожаем выявлены при использовании опрыскивания растений в период вегетации как в оптимальных условиях обеспечения растений влагой, так и в стрессовых условиях водного режима.

Продуктивность и эффективность агрохимических средств зависят не только от условий выращивания, но и от сортовой специфики изучаемых культурных растений. Результаты исследований по изучению влияния биопрепаратов и условий водообеспечения на содержание азота в зерне и вынос азота с урожаем зерна пшеницы сорта Радмира представлены на рисунках 2а, б.

При выращивании растений пшеницы сорта Радмира при оптимальном поливе в течение всего вегетационного периода содержание азота в зерне составило 2,38–2,71% (рис. 2а). Использование обработки семян препаратом Биодукс в условиях оптимального полива привело к увеличению содержания азота в зерне пшеницы в 1,11 раза, при опрыскивании растений в период вегетации – в 1,14 раза. Меньшей оказалась отзывчивость растений на использование ОМБ. Увеличение содержания азота в зерне пшеницы произошло в 1,09 и 1,13 раза соответственно. В стрессовых условиях дефицита влаги растения пшеницы сорта Радмира оказались более устойчивыми, и содержание азота даже увеличилось в 1,10 раза по сравнению с вариантом, где растения выращивали при оптимальном поливе, что обусловлено сортовыми особенностями растений пшеницы сорта Радмира.



■ Оптимальное водное обеспечение: НСР₀₅ ПОС – 0,12; НСР₀₅ ОВР – 0,13.
■ Дефицит влаги в почве; НСР₀₅ ПОС – 0,14; НСР₀₅ ОВР – 0,13.
■ Переувлажнение почвы НСР₀₅ ПОС – 0,13; НСР₀₅ ОВР – 0,14.

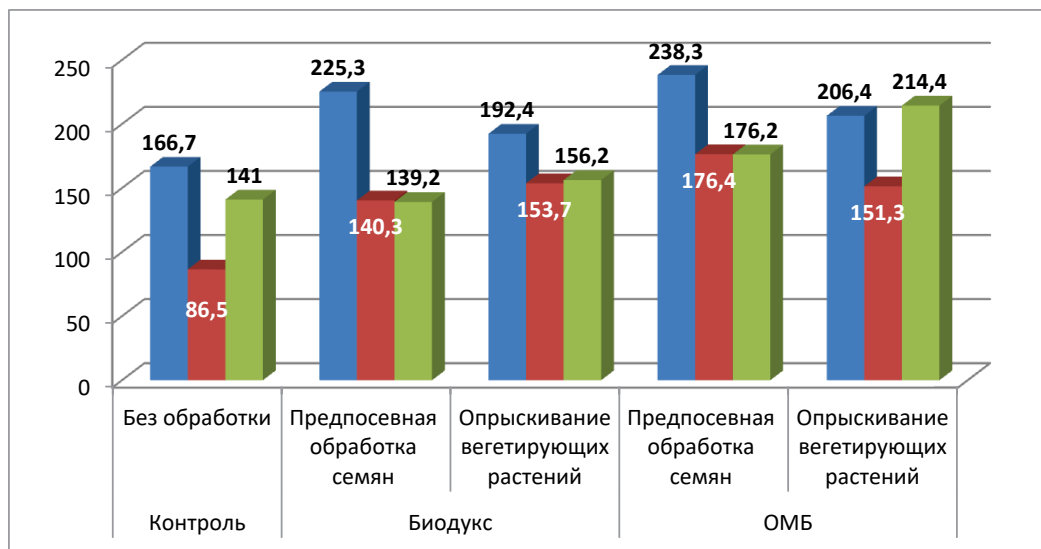
Рис. 2а. Содержание азота, %, в зерне пшеницы сорта Радмира в разных условиях водного обеспечения

Figure 2a. Nitrogen content (%) in grain of wheat variety Radmira under different water supply conditions

В условиях краткосрочной почвенной засухи адаптивная роль биопрепаратов проявлялась в меньшей степени по сравнению с пшеницей сорта Злата. Было выявлено увеличение содержания азота в зерне пшеницы сорта Радмира при обработке семян препаратом Биодукс в 1,05 раза, при использовании обработки семян препаратом ОМБ – в 1,12 раз, при фолитарной обработке растений – в 1,05 раза по сравнению с контролем. При избыточном увлажнении почвы использование препарата Биодукс обеспечило увеличение содержания азота в зерне пшеницы при опрыскивании растений в 1,06 раза, использование препарата ОМБ при обработке семян – в 1,12 раза, при опрыскивании растений – в 1,14 раза.

Следует отметить, что при выращивании пшеницы сорта Радмира в условиях почвенной засухи наибольшее действие проявили препараты при обработке семян перед посевом, что, вероятно, обусловлено положительным действием на развитие корневой системы. В условиях переувлажнения почвы наибольшее действие препараты проявили при фолитарной обработке, что, вероятно, обусловлено существенным их действием на ростовые функции.

Величина размера выноса основных элементов питания с урожаем растений пшеницы обусловлена, с одной стороны, формированием урожайности растений, с другой стороны – интенсивностью поступления и ассимиляции питательных элементов в растениях. Как следует из результатов, представленных на рисунке 2б, в оптимальных условиях водообеспечения препарат Биодукс способствовал увеличению выноса азота с урожаем зерна в 1,35 раза при обработке семян, при фолитарной обработке – в 1,15 раза выше контрольного варианта. Использование органоминерального биопрепарата обеспечило возрастание размеров выноса в 1,43 и 1,24 раза соответственно.



■ Оптимальное водное обеспечение: НСР₀₅ ПОС – 11,5; НСР₀₅ ОВР – 10,4.
■ Дефицит влаги в почве: НСР₀₅ ПОС – 7,5; НСР₀₅ ОВР – 7,1.
■ Переувлажнение почвы: НСР₀₅ ПОС – 7,8; НСР₀₅ ОВР – 9,2.

Рис. 2б. Вынос азота с урожаем зерна, мг/сосуд, пшеницы сорта Радмира в разных условиях водного обеспечения

Figure 2b. Nitrogen yield (mg/vessel) of wheat variety Radmira under different water supply conditions

В неблагоприятных условиях недостаточного и избыточного увлажнения почвы во всех контрольных и опытных вариантах у растений наблюдалось снижение выноса азота с урожаем по сравнению с растениями, произраставшими в режимах оптимального увлажнения почвы. В условиях низкой влажности почвы вынос азота составил от 86,5 до 176,4 мг/сосуд. Биопрепарат Биодукс способствовал повышению выноса азота в 1,62 раза при обработке семян, в 1,78 раза – при фоллиарной обработке. В то же время препарат ОМБ также был эффективен при обоих способах его применения. Возрастание выноса азота в растениях показано в 2,04 и 1,75 раза соответственно. Полученная прибавка выноса азота обусловлена увеличением массы зерна в данных вариантах опыта, а также стимулированием процессов ассимиляции азота в растениях. В условиях переувлажнения почвы значения выноса выросли при опрыскивании растений препаратом Биодукс в 1,11 раза, при обработке семян органоминеральным биопрепаратом – в 1,24 раза, при фоллиарной обработке растений – в 1,52 раза в сравнении с контролем.

Таким образом, изучаемые препараты оказали положительное действие на процессы поступления и ассимиляции азота в растениях яровой пшеницы сортов Злата и Радмира. Наибольшее стимулирующее действие проявил органоминеральный биопрепарат как при обработке семян, так и при внесении путем фоллиарной обработки вегетирующих растений. Показано, что наибольшая адаптивная эффективность биопрепаратов появилась в условиях засухи в критический период развития растений пшеницы обоих сортов. Установлено положительное действие на содержание азота в зерне и вынос азота с урожаем зерна пшеницы сортов Злата и Радмира, что было обусловлено улучшением ростовых функций корневой системы и развитием надземной части растений. Применение биопрепаратов обеспечило лучшие условия

для поступления азота в растения и активизацию процессов ассимиляции азота в растениях. Это вызывает проявление адаптационных реакций в растениях, обуславливая способность яровой пшеницы противостоять неблагоприятным условиям окружающей среды.

Выводы

Conclusions

Проведенные исследования выявили высокую эффективность биопрепаратов в стрессовых условиях водного обеспечения почвы. Выявлено, что содержание азота в зерне пшеницы сортов Злата и Радмира в стрессовых условиях выращивания зависело от технологии применения биопрепаратов и обеспеченности растений влагой. При дефиците влаги в почве наибольшее содержание азота в зерне пшеницы наблюдалось при опрыскивании вегетирующих растений органоминеральным биопрепаратом. В условиях краткосрочного переувлажнения почвы наибольшее накопление азота в зерне пшеницы показано при использовании препарата Биодукс путем обработки семян перед посевом, что, вероятно, обусловлено положительным влиянием биопрепарата на развитие корневой системы. Отмечено, что при выращивании пшеницы сорта Радмира в условиях почвенной засухи наибольшее действие проявили препараты при обработке семян перед посевом, что, вероятно, обусловлено положительным действием на развитие корневой системы. В условиях переувлажнения почвы наибольшее действие препараты проявили при foliarной обработке. Это обусловлено, вероятно, существенным их действием на ростовые функции, что позволило растениям снизить депрессию процессов формирования урожайности [5, 27].

Установлено, что изучаемые препараты оказали положительное действие на процессы поступления и процессы ассимиляции азота в растениях яровой пшеницы сортов Злата и Радмира. Наибольшее стимулирующее действие проявил органоминеральный биопрепарат как при обработке семян, так и при внесении путем foliarной обработки вегетирующих растений. Показано, что наибольшая адаптивная эффективность биопрепаратов появилась в условиях засухи в критический период развития растений пшеницы обоих сортов. Применение биопрепаратов обеспечило лучшие условия для поступления азота в растения и активизации процессов ассимиляции азота в растениях. Это обуславливает проявление адаптационных реакций в растениях, что определяет способность яровой пшеницы противостоять неблагоприятным условиям окружающей среды.

Список литературы

1. *Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год*. Москва: Росгидромет, 2021. 104 с.
2. Дорохов А.С., Бельшикина М.Е. Агроклиматическая характеристика регионов Нечерноземной зоны Российской Федерации и оценка пригодности для возделывания современных раннеспелых сортов сои // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021. № 3 (55). С. 35–39. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-3-34-39>
3. Клещенко А.Д., Савицкая О.В. Оценка возможности использования спутниковой информации для мониторинга засух на территории южных регионов России // *Гидрометеорологические исследования и прогнозы*. 2024. № 3 (393). С. 142–157. <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2024-2-142-157>

4. Кононова Н.К. Характеристика экстремальных засух конца XX века // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2017. Т. 3 (13). Вып. 1. 2017. С. 35–65. EDN: YVJFFC
5. Серёгина И.И., Верниченко И.В., Ниловская Н.Т., Шумилин А.О. Продуктивность и устойчивость яровой пшеницы в условиях окислительного стресса при применении селена // *Агрохимия*. 2015. № 3. С. 56–63. EDN: UYHKWB
6. Тимошенкова Т.А. Водный режим листового аппарата *Triticum durum* как показатель при селекции на засухоустойчивость // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2023. № 5 (103). С. 38–45. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-103-5-38-45>
7. Черенкова Е.А., Кононова Н.К. Анализ опасных атмосферных засух 1972 и 2010 гг. и макроциркуляционных условий их формирования на территории Европейской части России // Труды ГГО. 2002. № 565. С. 165–187. EDN: PGPFHV
8. Черенкова Е.А. Опасная атмосферная засуха на Европейской части России в условиях современного летнего потепления // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2017. № 2. С. 130–143. <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2017-2-130-143>
9. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Rome, 2019:178. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24108.95368>
10. Кошкин Е.И., Андреева И.В., Вагун И.В. Продукционный процесс и фиторемедиационный потенциал растений рапса при различных уровнях 146 загрязнения дерново-подзолистой почвы тяжелыми металлами // *Агрохимия*. 2010. № 12. С. 52–57. EDN: NBREUJ
11. Полесская О.Г. *Растительная клетка и активные формы кислорода*. М.: Изд-во КДУ, 2007. 137 с. EDN: QKPSZP
12. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрыпник Л.Н. *Природные антиоксиданты (экологический аспект)*. Калининград: Изд-во БФУ им. И. Канта, 2011. 111 с. <https://doi.org/10.13140/2.1.3703.6486>
13. Кузьминых А.Н., Долгушева И.Я. Влияние стимуляторов роста на урожайность и качество зерна яровой пшеницы // *Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки»*. 2020. Т. 6, № 2. С. 175–179. <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2020-6-2-175-179>
14. Павлова О.В., Марченкова Л.А., Чавдарь Р.Ф., Орлова Т.Г. и др. Посевные качества семян и ростовые процессы на ранних этапах органогенеза озимой пшеницы в зависимости от обработки их биопрепаратами // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2023. № 1. С. 36–43. <https://doi.org/10.268970021-342X-2023-1-36-43>
15. Мартынов А.А., Боме Н.А., Юркова В.А., Базюк Д.А. Полевая оценка эффекта обработки семян яровой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) биологическими препаратами // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2023. № 1. С. 44–56. <https://doi.org/10.268970021-342X-2023-1-44-56>
16. Кобзаренко В.И., Волобуева В.Ф., Серёгина И.И., Ромодина Л.В. *Агрохимические методы исследований*. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 309 с. EDN: IOLQXK
17. ГОСТ 26213-2021. Почвы. Метод определения органического вещества. М., 2021. 11 с.
18. ГОСТ 26483-85. Почвы. Определение рН солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, обменных анионов, содержания нитратов, обменного аммония и подвижной серы методами ЦИНАО. М., 2023. 8 с. (актуализация 01.07.2023 г.)
19. ГОСТ 26212-2021. Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО. М., 2021. 9 с.

20. ГОСТ 27821-2020. *Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена*. М., 2020. 11 с. (актуализация 01.07.2023 г.)
21. ГОСТ 26107-84. *Почвы. Методы определения общего азота*. М., 2020. 9 с. (актуализация 01.07.2023 г.)
22. *Методические указания по определению щелочно-гидролизуемого азота в почве по методу Корнфилда*. М.: ЦИНАО, 1985. 9 с.
23. ГОСТ Р 54650-2011. *Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО*. М., 2023. 10 с. (актуализация 01.07.2023 г.)
24. Кидин В.В., Дерюгин И.П., Кобзаренко В.И. и др. *Практикум по агрохимии*. М.: КолосС, 2008. 599 с.
25. *Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации*. 2024. 803 с. URL: <https://direct.farm/content/76e/76eb9f0dc7f341da9c9753ba5f9f8693899871.pdf> (дата обращения: 12.06.2025)
26. Патент № 2814256 С1 (Российская Федерация), МПК C05F 17/00, C05G 1/06. Жидкое органоминеральное гуминовое удобрение / В.И. Трухачев, С.Л. Белопухов, И.И. Серегина и др., 2024. EDN: RJTCGC
27. Анка М., Серёгина И.И., Буддыгин А.И. Урожайность и содержание белковых соединений в зерне яровой пшеницы при использовании препарата Биодукс и органоминерального биопрепарата // *Плодородие*. 2025. № 1 (142). С. 55–58. <https://doi.org/10.25680/S19948603.202>

References

1. *Report on the climate features in the Russian Federation for 2020*. Moscow, Russia: Rosgidromet, 2021:104. (In Russ.)
2. Dorokhov A.S., Belyshkina M.E. Agroclimatic characteristics of regions of the Non-Black soil zone of the Russian Federation and suitability estimation for cultivation of modern early soybean varieties. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2021;(3(55)):35-39. (In Russ.) <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2021-3-34-39>
3. Kleshchenko A.D., Savitskaya O.V. Assessment of the possibility of using satellite information for monitoring droughts in the southern regions of Russia. *Hydrometeorological Research and Forecasting*. 2024;(3(393)):142-157. (In Russ.) <https://doi.org/10.37162/2618-9631-2024-2-142-157>
4. Kononova N.K. Characteristics of extreme droughts of the late twentieth century. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov*. 2017;3(13)(1):35-65. (In Russ.)
5. Seregina I.I., Vernichenko I.V., Nilovskaya N.T., Shumilin A.O. The productivity and resistance of spring wheat under conditions of oxidative stress when using selenium. *Agrohimia*. 2015;(3):56-63. (In Russ.)
6. Timoshenkova T.A. The water regime of the *Triticum durum* leaf apparatus – as an indicator in the selection for drought resistance. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2023;(5(103)):38-45. (In Russ.) <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2023-103-5-38-45>
7. Cherenkova E.A., Kononova N.K. Analysis of a severe atmospheric drought in 1972 and 2010 and macrocirculation conditions of its formation over the European part of Russia. *Proceedings of the Voeikov Main Geophysical Observatory*. 2002;(565):165-187. (In Russ.)
8. Cherenkova E.A. Dangerous atmospheric drought in European Russia under recent summer warming. *Fundamentalnaya i prikladnaya klimatologiya*. 2017;2:130-143. (In Russ.) <https://doi.org/10.21513/2410-8758-2017-2-130-143>

9. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Rome, 2019:178. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24108.95368>
10. Koshkin E.I., Andreeva I.V., Vagun I.V. Productivity and phytoremediation capacity of *Brassica napus* on soddy-podzolic soil at different contamination with heavy metals. *Agrohimia*. 2010;(12):52-57. (In Russ.)
11. Poleskaya O.G. *Plant cell and active forms of oxygen*. Moscow, Russia: KDU Publisher, 2007:137. (In Russ.)
12. Chupakhina G.N., Maslennikov P.V., Skrypnik L.N. *Natural antioxidants (Ecological aspect)*. Kaliningrad, Russia: Immanuel Kant Baltic Federal University, 2011:111. (In Russ.) <https://doi.org/10.13140/2.1.3703.6486>
13. Kuzminykh A.N., Dolgusheva I.Ya. Influence of growth stimulants on spring wheat yield and grain quality. *Vestnik of Mari State University. Chapter: Agriculture. Economics*. 2020;6(2):175-179. (In Russ.) <https://doi.org/10.30914/2411-9687.2020-6-2-175-179>
14. Pavlova O.V., Marchenkova L.A., Chavdar R.F., Orlova T.G. et al. Seed quality and growth processes at early stages of winter wheat organogenesis depending on their biological treatment. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2023;(1):36-43. (In Russ.) <https://doi.org/10.268970021-342X-2023-1-36-43>
15. Martynov A.A., Bome N.A., Yurkova V.A., Bazyuk D.A. Field assessment of the result of biological treatment of seeds of spring soft wheat (*Triticum aestivum* L.). *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2023;(1):44-56. (In Russ.) <https://doi.org/10.268970021-342X-2023-1-44-56>
16. Kobzarenko V.I., Volobueva V.F., Seregina I.I., Romodina L.V. *Agrochemical research methods*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2015:309. (In Russ.)
17. GOST 26213-2021 *Soils. Methods for determination of organic matter*. Moscow, Russia, 2021:11. (In Russ.)
18. GOST 26483-85 *Soils. Preparation of salt extract and determination of its pH by CINA method*. Moscow, Russia, 2023:8. (updated July 1, 2023). (In Russ.)
19. GOST 26212-2021 *Soils. Determination of hydrolytic acidity by Kappen method modified by CINA*. Moscow, Russia, 2021:9. (In Russ.)
20. GOST 27821-2020 *Soils. Determination of base absorption sum by Kappen method*. Moscow, Russia, 2020:11. (updated July 1, 2023). (In Russ.)
21. GOST 26107-84 *Soils. Methods for determination of total nitrogen*. Moscow, Russia, 2020:9. (updated July 1, 2023). (In Russ.)
22. *Guidelines for determining alkaline-hydrolyzable nitrogen in soil by the Kornfeld method*. Moscow, USSR: TsINAO, 1985:9. (In Russ.)
23. GOST R54650-2011 *Soils. Determination of mobile phosphorus and potassium compounds by Kirsanov method modified by CINA*. Moscow, Russia, 2023:10. (updated July 1, 2023). (In Russ.)
24. Kidin V.V., Deryugin I.P., Kobzarenko V.I. et al. *Agrochemistry workshop*. Moscow, Russia: KolosS, 2008:599. (In Russ.)
25. *State catalog of pesticides and agrochemicals permitted for use in the Russian Federation*. 2024:803. (In Russ.) URL: <https://direct.farm/content/76e/76eb9f0dc7f341da9c9753ba5f9f8693899871.pdf> (accessed June 12, 2025).
26. Patent, No. 2814256 C1 (Russian Federation): IPC C05F 17/00, C05G 1/06. Liquid organomineral humic fertilizer. V.I. Trukhachev, S.L. Belopukhov, I.I. Seregina et al., 2024. (In Russ.)
27. Anka M., Seregina I.I., Buldygin A.I. Yield and protein content in spring wheat grain using bioduksu and organomineral biopreparation. *Plodorodie*. 2025;(1(142)):55-58. (In Russ.) <https://doi.org/10.25680/S19948603.202>

Сведения об авторах

Инга Ивановна Серегина, д-р биол. наук, профессор, профессор кафедры агрономической, биологической химии и радиологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: iseregina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2400-4159>

Сергей Леонидович Белопухов, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры химии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; sbelopuhov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4473-4466>

Майя Анка, аспирант кафедры агрономической, биологической химии и радиологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; mayaaanka12@gmail.com

Information about the authors

Inga I. Seregina, DSc (Bio), Professor, Professor at the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: iseregina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2400-4159>

Sergey L. Belopukhov, DSc (Ag), Professor, Professor at the Department of Chemistry, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: sbelopuhov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4473-4466>

Anka M., postgraduate student of the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: mayaaanka12@gmail.com

БОТАНИКА, ПЛОДОВОДСТВО

**История развития цветочного оформления и благоустройства
в Архангельской агломерации**

**Ольга Сергеевна Залывская[✉], Наталья Рудольфовна Сунгурова,
Андрей Алексеевич Валекжанин, Александра Александровна Карбасова**

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
Архангельск, Россия

[✉]Автор, ответственный за переписку: o.zalyvskaya@narfu.ru

Аннотация

Статья посвящена анализу истории развития цветоводства и благоустройства в Архангельской агломерации. Начало применения декоративных растений в благоустройстве городов на Европейском Севере датируется концом XIX в. Исторические этапы развития цветочного оформления подчиняются развитию общества, экономики, освоению северных территорий. Интродукция цветочных растений является одним из способов оптимизации озеленения и декорирования северных городов. Научная составляющая введения новых цветочных культур основана на привлечении их из более южных регионов одновременно с уточнением приемов возделывания для открытого грунта. Помимо интродукции видов и созданных ранее сортов декоративных растений, ассортимент цветочных культур в настоящее время постоянно пополняется новыми сортами за счет селекционной работы. Развитие цветочного оформления в Архангельской агломерации в течение долгого времени сдерживалось отсутствием декоративных питомников. Работа научных лабораторий садоводства и озеленения способствует пополнению коллекции видов, пригодных на Севере. Цель данной работы – осветить историю развития цветочного оформления и благоустройства в Архангельской агломерации. Выявлено, что в настоящее время система цветочного оформления в исследуемом регионе интенсивно развивается. Применяются все типы цветников: в регулярном стиле различные – типы клумб, рабаток, бордюров, партеров, арабески; в пейзажном стиле – миксбордеры, группы, каменистые горки, а также контейнерное оформление и солитерные посадки. Используются все группы цветочных культур: однолетние и многолетние декоративно-лиственные и декоративно-цветущие, двулетние, ковровые, а также раннецветущие луковичные и другие первоцветы. Начиная с середины XX в. на Севере получают развитие зимние сады.

Ключевые слова

цветоводство, история развития цветочного оформления, Европейский Север, Архангельская агломерация, цветочные культуры

Для цитирования

Залывская О.С., Сунгурова Н.Р., Валекжанин А.А., Карбасова А.А. История развития цветочного оформления и благоустройства в Архангельской агломерации // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 3. С. 20–34.

History of the development of floral design and landscaping in the Arkhangelsk agglomeration

Olga S. Zalyvskaya✉, Natalia R. Sungurova,
Andrey A. Valekzhanin, Aleksandra A. Karbasova

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Russia

✉Corresponding author: o.zalyvskaya@narfu.ru

Abstract

The article analyzes the history of the development of floriculture and landscaping in the Arkhangelsk agglomeration. The introduction of ornamental plants in urban landscaping in the European North dates back to the late 19th century. The historical stages of floral design development follow the evolution of society, the economy, and the exploration of northern territories. The introduction of flowering plants is one of the ways to optimize greening and decoration of northern cities. The scientific basis for introducing new flower crops involves their importation from more southern regions, along with the refinement of cultivation techniques for open ground. In addition to the introduction of species and previously bred varieties of ornamental plants, the range of flower crops is currently being continuously expanded through breeding efforts. For a long time, the development of floral design in the Arkhangelsk agglomeration was constrained by the lack of ornamental nurseries. The work of research laboratories in horticulture and landscaping contributes to the enrichment of the collection of species suitable for northern conditions. The aim of this study is to highlight the history of the development of floral design and landscaping in the Arkhangelsk agglomeration. It has been revealed that the floral design system in the study region is currently developing intensively. All types of flower beds are used: in the regular style, various types of flower beds, rabatok, borders, stalls, arabesques; in the landscape style, mixborders, groups, rocky slides, as well as container gardening and solitary plantings. All groups of flower crops are used: annual and perennial ornamental foliage and ornamental flowering plants, biennials, carpet plants, as well as early-flowering bulbous plants and other primroses. Since the mid-20th century, winter gardens have been developing in the North.

Keywords

floriculture, the history of the development of floral design, European North, Arkhangelsk agglomeration, flower crops

For citation

Zalyvskaya O.S., Sungurova N.R., Valekzhanin A.A., Karbasova A.A. History of the development of floral design and landscaping in the Arkhangelsk agglomeration. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(3):20–34.

Введение Introduction

Благоустройство северных городов остается актуальным в научной сфере. Исторический аспект озеленения постоянно рассматривается рядом авторов [1–3]. Существует ряд публикаций, рассматривающих проблему озеленения и цветочного оформления в нашей стране в целом [4–8].

Первые сведения об использовании декоративных растений на Европейском Севере, в частности, на Кольском полуострове, относятся к концу XIX в. С развитием в Мурманской области апатитовой, никелевой промышленности и строительством новых городов значительно пополнился ассортимент декоративно-цветочных растений: переселяясь на новое место, люди везли с собой растения. В 1931 г. основан самый северный в мире Полярно-альпийский ботанический сад, деятельность которого связана с интродукцией растений: деревьев, кустарников, многолетних и однолетних травянистых растений разного хозяйственного значения. Результатом данных исследований явилось создание ассортиментов горшечных, срезочных растений, декоративных многолетников и однолетников для озеленения городов и поселков Мурманской области. Научные исследования Ботанического сада по переселению растений в Заполярье дали положительные результаты. Потребовались десятилетия упорного труда и поисков ученых, экспедиционных работ в горах Алтая, Саян, Кавказа, проведения массового интродукционного эксперимента, обмена семенами с ботаническими садами нашей страны и зарубежными. Тема по комнатному цветоводству, связанная с интродукцией оранжерейных тропических и субтропических растений, включена в план научных исследований Полярно-альпийского ботанического сада в 1955 г. Впоследствии коллекция оранжерейных растений стала расти, в том числе за счет лаборатории декоративного садоводства и озеленения, которая занималась интродукцией растений тропической и субтропической флоры и разработкой научных основ декоративного садоводства и озеленения на Крайнем Севере [9].

Применение в цветниках разнообразного ассортимента растений не ограничивается местной флорой. Интродукция цветочных растений является одним из способов оптимизации озеленения и декорирования северных городов. Научная составляющая введения новых цветочных культур основана на привлечении их из Средней полосы одновременно с уточнением приемов возделывания для открытого грунта северных мест.

Начиная с середины XX в. на Севере получают развитие зимние сады. Цветоводство закрытого грунта – одна из отраслей цветоводства, обслуживающая фитодизайн, в том числе интерьерное озеленение.

Имеются публикации о развитии цветоводства на Кольском полуострове, расположенном на северо-западе Европейской части России и являющемся частью Европейского Севера в пределах Мурманской области [9]. В то же время обширные и специализированные публикации по истории развития цветоводства в Архангельской области и агломерации нам не встретились.

Цель исследований: осветить историю развития цветочного оформления и благоустройства в Архангельской агломерации.

Материалы и методы

Materials and methods

Материалом для исследований послужили источники литературы, тематика которых касается истории развития благоустройства в Архангельской губернии, озеленения в Архангельской области и цветочного оформления Архангельской агломерации.

Исследуемая агломерация включает в себя города Архангельск, Северодвинск, Новодвинск и поселки (Уемский, Боброво, Талаги и др.) Приморского района Архангельской области. Методу инвентаризации подверглись все цветники обозначенных городов и поселков в течение 2002–2024 гг. В те же годы нами выполнены микроклиматические и погодные наблюдения. Натурные исследования включали в себя анализ ассортимента цветочных культур жилых, промышленных, магистральных территорий.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Исторический аспект благоустройства в Архангельском регионе. История создания и обустройства на архангельском Севере городских садов и парков описана в литературе скудно. Отчасти это связано с тем, что в 1779 г. в результате пожара уничтожен архив Архангельской губернской канцелярии. Общий дендрологический план, схемы усадебного озеленения города не сохранились. Остались до наших дней планировка улиц и сети водопроводов, некоторые сведения о закладке садов и бульваров. Благоустройство в те времена состояло из осушения земель, мощения улиц, устройства мостовых, поскольку половодья происходили ежегодно [3, 10].

В 1772 г. Архангельскую губернию посетил русский естествоиспытатель Иван Лепехин. В своих «Дневных записках путешествия доктора и Академии наук адъютанта Ивана Лепехина по разным провинциям Российского государства» академик подробно описывает природу Архангельской области, рассказывает о промышленных предприятиях и промыслах местных жителей, увлеченно пишет о Сольвычегодске, Устюге, о Соловецких островах и о других местах, особое внимание уделяя Архангельску. Он оценивает благоустройство как удовлетворительное, к минусам относит болотистые места, а к плюсам – деревянное мощение.

В конце XIX в. воспоминания об Архангельске оставил писатель и чиновник Министерства внутренних дел Константин Случевский: «Архангельск, несомненно, город будущего; к нему тянут водные пути России, к нему пойдет железная дорога по очень простой причине: Северное море – наше море, которое нам запретить не могут, а мы без открытого, незапираемого моря существовать не можем и не должны. К нему должны тянуться не только северные окраины, к нему должна тянуться Россия».

Подробные воспоминания о дореволюционном Архангельске оставил Василий Немирович-Данченко, писатель и журналист, путешественник. Архангельск для него – город контрастов. В центре открыто множество торговых лавок, а на окраинах царит разруха. На фотографиях хорошо видно, что парадная часть города аккуратно благоустроена, древесные насаждения в виде массивов и солитеров занимают большую площадь в городе, однако цветочное оформление отсутствует, поскольку в то время, как правило, цветники разбивали в палисадниках жилых домов (рис. 1). В то же время Иван Степанович Мелехов, ученый и патриот своей малой родины, в воспоминаниях пишет: «...На Севере формировалась высокая духовная и материальная культура... Привлекательны были подступы к Соловецкому кремлю, его окружающая территория – и не только своей богатой природой, а и чистотой, благоустроенностью...» [11].

Старинный архангельский Север – прежде всего город-порт, торгово-экономическая мощь страны. Впоследствии, со строительством города Санкт-Петербурга, такое значение его стало ослабевать, что сказалось, тем не менее, на благоустройстве и озеленении положительно.

По письменным документам, которые сохранились в областном архиве, в те времена в Архангельске располагались несколько «зеленых зон»: Александровский сад, Гагаринский сквер, городской бульвар, Михайловский сквер (бульвар), английский, губернаторский, гимназический, семинарский сады. Одним из любимых мест отдыха горожан был Мосеев остров, благоустроенный для прогулок. Сады, цветники и палисадники находились также и возле частных домов, особенно в Немецкой слободе – территории проживания иностранных купцов. Они привозили со своей малой родины древесные и кустарниковые породы, а также цветочные культуры. Так появились тополя, сирень, розы. Евгения Фрезер, потомок таких иммигрантов,



Рис. 1. Архангельск – центральная часть

Figure 1. Arkhangelsk – central part

в своей книге «Дом над Двиной» пишет, что посадочный материал везли из Северной Шотландии, родины ее предков, их обертывали рогожей или мешковиной [12].

Малые сады имелись близ многих организаций. Так, у Госбанка в банковском переулке садик находился внутри квартала. В каждом саду имелся пруд, большой или поменьше. На месте главпочтамта был разбит городской сад, зимой там устраивался каток. В каждом саду имелся пруд, большой или поменьше.

Судя по фотографиям XIX в. (рис. 2), посадки около частных домов имелись, и появились они благодаря иностранцам. В то же время по всей России, а особенно в центральной части, уже наблюдался размах садово-паркового строительства: дворцово-парковые ансамбли Ораниенбаум, Петергоф, Павловск, Царское село, Гатчина, Летний сад.



Рис. 2. Архангельск – вид на береговую часть

Figure 2. Arkhangelsk – view of the coastal area

Первые сады близ жилых домов, кроме немецкой слободы, стали устраивать по приказу губернатора, с целью создать естественную преграду распространению огня, так как город Архангельск был полностью деревянным. Сады также несли на себе разнообразную функцию: в некоторых из них проводились массовые культурные мероприятия, играл духовой оркестр, и вход осуществлялся по билетам.

Первый общественный сад был устроен в 1820–1823 гг. Александровским он назывался в честь императора Александра I, который посещал г. Архангельск в 1819 г. и сам подписал распоряжение об этом. Сад заложили на болотистом месте в центре города, участок выкупили у купеческой вдовы за 4 тыс. руб., что было довольно дорого. Сейчас на месте данного сада располагается городской стадион.

В 1889 г. устроен был сквер близ домика Петра Великого. В письме городскому главе губернатор Архангельска сообщает: «В желании наиболее облагородить ту местность городской набережной реки Двины, я намереваюсь пустопорожнюю окружающую этот исторический памятник площадку обратить в сквер, к распланированию и устройству которого лично моими средствами по моему распоряжению уже приступлено...» [3]. Сквер был назван Галицынским в честь его организатора, в настоящее время его называют Петровским.

Архангельск первого двадцатилетия XX в. имел великолепный вид с Северной Двины. Особую красоту ему придавали церкви, подчеркивавшие выразительный профиль города [11].

С начала XX в. известен сад Евгении Евгеньевны Гернет (Шольц, Поповой), который располагался в центре города и создавался по образу и подобию английских садов, где предлагался посадочный материал ягодных культур и цветов. Хроники свидетельствуют: «Сад Е.Е. Поповой был поистине необыкновенным. Двор отделяла живая изгородь, усыпанная желтыми цветами. По краям лужаек находились ирисы, нарциссы, камыш. Сирень всех оттенков росла в огромных количествах. Многие растения были привезены из Сибири, степей, много редких и красивых цветов дали прибрежные леса великого озера Байкал» [12].

Современное состояние цветочного оформления в Архангельской агломерации. Исследуемый район – полицентрическая городская агломерация на севере Европейской части России, включающая в себя города Архангельск, Северодвинск, Новодвинск и поселки (Уемский, Боброво, Талаги и др.) Приморского района, расположена в устье Северной Двины по обоим ее берегам. Население агломерации насчитывает более 600 тыс. чел., из них 355,8 тыс. – в г. Архангельске, 189,7 тыс. – в г. Северодвинске, 39,9 тыс. – в г. Новодвинске; остальную часть составляют жители пригородов и близлежащих поселков. В агломерации сосредоточена большая часть экономических и людских ресурсов Архангельской области, здесь расположены крупные судостроительные, судоремонтные, лесодеревоперерабатывающие, целлюлозно-бумажные, гидролизные предприятия, оказывающие влияние на урбоэкосистему [13, 14].

Проведенные нами в течение 2002–2024 гг. [13] исследования показывают, что на территории агломерации наблюдается короткий теплый период: с мая по сентябрь. Период с температурами выше +15°C длится всего около 30 дней (первая декада июля – первая декада августа). Продолжительность безморозного периода составляет 186 дней – с 27 апреля до 24 октября. Период времени с температурой +5°C и выше составляет 138 дней. В августе наблюдается медленное понижение температуры. Поздневесенние заморозки зафиксированы в июне, раннеосенние – в августе. Для климата агломерации характерна частая смена теплых и холодных воздушных масс различного происхождения, сопровождаемая сильными ветрами. Ветры дуют постоянно, в среднем лишь 39 дней в году наблюдается

штиль. Северо-западное и юго-западное направления ветра совпадают с направлением улиц в городах Северодвинск и Новодвинск, вызывая «эффект продувания», что является неблагоприятным фактором. В год выпадает 300–800 мм осадков, среднегодовая сумма осадков всех видов составляет около 613 мм. В среднем за год отмечается 201 день с осадками, распределяемыми неравномерно. Высокая влагообеспеченность является положительным фактором при культивировании цветочных растений.

Начиная с XX в. социум меняется, происходят изменения также в цветоводстве и в цветочном оформлении (рис. 3).

На фотографии на переднем плане видна организованная рабатка, состоящая из трех видов цветочных культур с рисунком в виде прямоугольников, в центре фотографии отмечена малая архитектурная форма, и далее рабатка продолжена.



А



Б

Рис. 3. Аллея Проспекта Ударников г. Архангельска, бывший городской бульвар, 1937 г.

Figure 3. Alley of Udarnikov Avenue in Arkhangelsk, former city boulevard, 1937

Данный технологический разрыв обеспечивает надлежащий уход за цветником и движение пешеходов. Также на снимке выделяются рядовые посадки деревьев, малые архитектурные формы (статуи, скамьи, ограждения), дорожки и тропинки для пешеходов в двух направлениях.

В настоящее время система цветочного оформления в Архангельской агломерации интенсивно развивается. Применяются все типы цветников: в регулярном стиле – различные типы клумб, рабаток, бордюров, партеров, арабески; в пейзажном стиле – миксбордеры, группы, каменистые горки, а также контейнерное оформление и солитерные посадки (рис. 4). Используются все типы цветочных культур: однолетние и многолетние декоративно-лиственные и декоративно-цветущие, двулетние, ковровые, а также раннецветущие луковичные и другие первоцветы (рис. 5).



Рис. 4. Фрагменты цветников в г. Архангельске

Figure 4. Fragments of flower beds in Arkhangelsk



Рис. 5. Первоцветы на Севере

Figure 5. Primroses in the North

При оформлении цветников соблюдаются принципы гармоничного и контрастирующего сочетания оттенков растений. Эмоциональную составляющую цветочного оформления на Севере трудно переоценить, длительная зима и более чем полугодовой ахроматический ландшафт достаточно эффективно уравнивается все возрастающим ассортиментом травянистых декоративных растений. При этом озеленением охвачены не только центральные площади и скверы, но также отдаленные районы агломерации и жилые внутриквартальные застройки (рис. 6). Однако на фоне положительной динамики в системе цветочного оформления в целом некоторые аспекты требуют более тщательного подхода, а именно уходов за цветочными культурами, своевременного демонтажа цветников и замены ассортимента культур в течение вегетационного периода. Грамотный подход к подбору ассортимента с учетом климатических и почвенных особенностей региона диктует необходимость применения как раннецветущих, так и поздне-декоративных культур, а также использование в цветниках малых архитектурных форм.

Среди культур общественных пространств преобладают летние, в жилых районах – многолетние. В целом цветочное оформление является разнообразным и соответствует современным требованиям к благоустройству городов. Ассортимент включает в себя и сорта, созданные с участием указанных в таблице видов.

Выделение луковичных культур в отдельную группу декоративных цветочных растений в Архангельской агломерации обусловлено тем, что их цветение приходится



Рис. 6. Балконное цветочное оформление, 2025 г.

Figure 6. Balcony floral design, 2025

на начало весны, когда жители северных городов набирают психологическое и физиологическое утомление от длительной зимы. В это время гиацинты, нарциссы, птицемлечник, сциллы, тюльпаны, рябчики, декоративные луки и другие луковичные культуры становятся ярким акцентом как в малых садах, так и в парках городов агломерации.

С организацией питомников рекомендуемый видовой состав цветочных культур на Севере расширяется. С научной стороны присоединились работы по размножению растений. Питомники в Архангельской агломерации, занимающиеся выращиванием

Таблица 1

Система цветочного оформления в Архангельской агломерации

Table 1

Floral design system in the Arkhangelsk agglomeration

Типы цветников в пейзажном стиле	Миксбордер, группа, каменистая горка
Типы цветников в регулярном стиле	Клумба, рабатка, бордюр, арабески
Основные виды цветочных растений:	
Декоративно-лиственные	Кохия венечная (<i>Kochia scoparia</i> L.), молочай кипарисовый (<i>Euphorbia cyparissias</i> L.), хоста белоокаймленная (<i>Hosta albomarginata</i> (Hook.) хоста волнистая (<i>Hosta undulata</i> (Otto & A. Dietr.), фалярис тростниковый (<i>Phalaris arundinacea</i> L.), циннерария приморская (<i>Cineraria maritima</i> L.).
Декоративно-цветущие	Агератум Гаустона (<i>Ageratum houstonianum</i> Mill.), астра однолетняя (<i>Aster chinensis</i> L.), бальзамин садовый (<i>Impatiens balsamina</i> L.), бархатцы прямостоячие (<i>Tagetes erecta</i> L.), бархатцы отклоненные (<i>Tagetes patula</i> L.), сальвия красная (<i>Salvia coccinea</i> L.), бегония клубневая (<i>Begonia x tuberhybrida</i> Voss), виола трехцветная (<i>Viola tricolor</i> L.), ирис сибирский (<i>Iris sibirica</i> L.), календула лекарственная (<i>Calendula officinalis</i> L.), лобелия эринус (<i>Lobelia erinus</i> L.), лилия тигровая (<i>Lilium lancifolium</i> Thunb), рудбекия красивая (<i>Rudbeckia speciose</i> L.), петуния ампельная (<i>Petunia pendula</i> Juss.), ромашка аптечная (<i>Matricaria chamomilla</i> L.), табак душистый (<i>Nicotiana suaveolens</i> L.), хризантема садовая (<i>Chrysanthemum hortorum</i> L.), эхинацея пурпурная (<i>Echinacea purpurea</i> L.).
Луковичные растения	Мелколуковичные: мускари кистевидный (<i>Muscari botryoides</i> Mill.), крокусы (<i>Crocus</i> spp. L.), пролески (<i>Scilla</i> L. spp.), подснежник (<i>Galanthus</i> L.) Среднелуковичные: нарциссы (<i>Narcissus</i> spp.), тюльпаны (<i>Tulipa</i> L. spp.) Крупнолуковичные: гиацинты (<i>Hyacinthus orientalis</i> L.), хионодокса (<i>Chionodoxa</i> L.)

Цветочные культуры для каменистых гор	Армерия альпийская (<i>Armeria alpina</i> Willd.), чабрец, или тимьян ползучий (<i>Thymus serpyllum</i> L.), астра альпийская (<i>Aster alpinus</i> L.), бадан толстолистный (<i>Bergenia crassifolia</i> Fritsch), бурачок скальный (<i>Aurinia saxatilis</i> Desv.), дороникум восточный (<i>Doronicum orientale</i> Hoffm.), иберис вечнозеленый (<i>Iberis sempervirens</i> L.), колокольчик карпатский (<i>Campanula carpatica</i> Jacq.), колокольчик средний (<i>Campanula medium</i> L.), колокольчик широколистный (<i>Campanula latifolia</i> L.), лиатрис колосковая (<i>Liatris spicata</i> Willd.), лилейник гибридный (<i>Diplazium hybridum</i> W.H. Wagner & D.D. Palmer hybrida hort.), обриета культурная (<i>Aubrieta</i> × <i>cultorum</i> Bergmans), очиток белый (<i>Sedum album</i> L.), рябчик императорский (<i>Fritillaria imperialis</i> L.), флокс шиловидный (<i>Phlox subulata</i> L.), чистец шерстистый (<i>Stachys byzantina</i> K. Koch), яснолька Биберштейна (<i>Cerastium biebersteinii</i> DC.).
--	--

и дорастиванием посадочного материала для обеспечения населения и производства, составляют хотя и небольшую, но играющую определенную роль в экономике региона сферу. Среди них выделяются ООО «Тепличное», «Садовод», «Терра29». Имеются также отдельные питомники, выход продукции которых намного меньше, но и они вносят существенный вклад в озеленение отдельных территорий.

С открытием в Северном (Арктическом) федеральном университете имени М.В. Ломоносова инженерной специальности «Садово-парковое и ландшафтное строительство», а впоследствии – бакалавриата и магистратуры по направлению «Ландшафтная архитектура», система цветочного оформления на архангельском Севере получила новый импульс в развитии. Так, по результатам оценки цветочного оформления общественных пространств г. Архангельска, на основе анализа конкурсных закупок по посадке и уходу за цветниками выявлено преобладание в ассортименте однолетников разнообразной цветовой гаммы и рекомендовано введение многолетних цветочных растений и луковичных раннецветущих культур [15].

Общественный интерес отражается также и на научных разработках в области цветоводства на Северо-Западе и, в частности, в Архангельской области. На сегодняшний день разнообразие цветочных культур северных городов обеспечивается интродуцированными растениями, прошедшими испытание как в научных лабораториях, так и в озеленительных посадках [16–20].

Выводы Conclusions

История развития цветочного оформления в частности, и благоустройства в целом, подчиняется развитию социума, экономики, освоению северных территорий. Начало применения декоративных растений на архангельском Севере датируется концом XIX в.

Интродукция цветочных растений является одним из способов оптимизации озеленения и декорирования в Архангельской агломерации. Научная составляющая

введения новых цветочных культур основана на привлечении их из более южных регионов одновременно с уточнением приемов возделывания для открытого грунта. Помимо интродукции видов и созданных ранее сортов декоративных растений, ассортимент цветочных культур в настоящее время постоянно пополняется новыми сортами за счет селекционной работы. В исследуемом регионе применяются следующие типы цветников: в регулярном стиле – клумбы; бордюры, арабески, партеры, рабатки, в пейзажном стиле – миксбордеры, группы, солитеры.

В Архангельской агломерации рекомендованы к применению такие типы цветочных культур, как декоративно-цветущие, декоративно-лиственные, мелколуковичные, среднелуковичные, крупнолуковичные. Широко применяются цветочные культуры также для каменистых горок и рокариев.

Список источников

1. Зорин Д.А. Интродукция *Vaccinium angustifolium* ait. в Удмуртии // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2022. № 4. С. 26–32. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2022-4-26-322>
2. Соломонова Е.В., Трусев Н.А., Тюкавина О.Н. Особенности роста и развития плодов бузины красной (*Sambucus racemosa* L.) в условиях Московского региона // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 5. С. 20–33. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2025-5-20-33>
3. Петрик В.В., Малаховец П.М., Попова Н.Е., Васильева Н.Н. История озеленения города Архангельска // *Вестник ИРГСХА*. 2011. № 44-7. С. 96–101. EDN: NYFBYR
4. Бочкова И.Ю. *Цветоводство*. М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2009. 31 с.
5. Кочарян К.С. *Эколого-экспериментальные основы зеленого строительства в крупных городах Центральной части России (на примере Москвы)*. М.: Наука, 2000. 184 с.
6. Кудрявец Д.Б., Петренко Н.А. *Атлас декоративных растений*. М.: КРОН-ПРЕСС, 1996. 128 с.
7. Ботяновский И.Е., Бурова Э.А., Грищик Л.Ф., Федорук А.Т. *Справочник цветовода (цветочно-декоративные растения открытого грунта)*. Минск: Ураджай, 1985. 208 с.
8. Аксенов Е.С., Аксенова Н.А. *Декоративные растения. Т. 2. Травянистые растения*. М.: АБФ, 2000. 608 с.
9. Иванова Л.А., Святковская Е.А., Тростенюк Н.Н. *Северное цветоводство*. Апатиты: Изд-во Кольского научного центра РАН, 2023. 358 с. <https://doi.org/10.37614/978.591137.437.2>
10. Васильева Н.Н. Из истории озеленения города Архангельска // *История будущего: Сборник трудов Всемирного конгресса, г. Санкт-Петербург, 10-12 июня 2015 г.* Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 2015. С. 336. EDN: VADLKJ
11. Мелехов И.С. *О родном Севере*. Архангельск: АИЛИЛХ, 1993. 112 с.
12. Фрезер Е. *Дом над Девиной*. Архангельск: Правда Севера, 1998. 472 с.
13. Залывская О.С., Бабич Н.А. *Интродукция арборифлоры в северные широты*. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2024. 214 с.
14. Бабич Н.А., Антонов А.М., Сунгурова Н.Р., Залывская О.С. *Региональный словарь-справочник по лесному семеноводству*. Архангельск:

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова, 2023. 184 с.

15. Валекжанин А.А., Сунгурова Н.Р. Оценка цветочного оформления общественных пространств г. Архангельска на основе анализа конкурсных закупок по посадке и уходу за цветниками // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2025. № 3 (80). С. 63–72. <https://doi.org/10.34655/bgsha.2025.80.3.007>

16. Бибикова В.Ф., Бабилов Ю.А. *Цветоводство для Северо-Западной зоны*. Минск: Высшая школа, 1984. 153 с.

17. Лебедев А.В. *Культурные ландшафты дворянских усадеб биосферного резервата «Кологривский лес»*. Кологрив: Государственный природный заповедник «Кологривский лес», 2026. 183 с.

18. Константинова А.А., Ергина Ю.Н., Залывская О.С. Характеристика цветочного оформления в городе Архангельске // *Международный студенческий научный вестник*. 2017. № 5. С. 90

19. Горобченко Э.В., Залывская О.С. Влияние стимуляторов на размножение цветочных культур // *Вестник ландшафтной архитектуры*. 2024. № 38. С. 14-18

20. Залывская О.С. *Цветоводство и цветочное оформление: Учебник для вузов*. Москва: Издательство ЮРАЙТ, 2025. 220 с.

References

1. Zorin D.A. Introduction of *Vaccinium angustifolium* ait. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2022;(4):26-32. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2022-4-26-322>

2. Solomonova E.V., Trusov N.A., Tyukavina O.N. Features of red-berried elder (*Sambucus racemose* L.) fruit growth and development in the Moscow Region, Russia. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025;(5):20-33. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2025-5-20-33>

3. Petrik V.V., Malakhovets P.M., Popova N.E., Vasilyeva N.N. History of landscaping in the city of Arkhangelsk. *Vestnik IrGSHA*. 2011;(44-7):96-101. (In Russ.)

4. Bochkova I.Yu. *Floriculture*. Moscow, Russia: GOU VPO MGUL, 2009:31. (In Russ.)

5. Kocharyan K.S. *Ecological and experimental foundations of green construction in large cities of the Central part of Russia (using Moscow as an example)*. Moscow, Russia: Nauka, 2000:184. (In Russ.)

6. Kudryavets D.B., Petrenko N.A. *Atlas of ornamental plants*. Moscow, Russia: KRON-PRESS, 1996:128. (In Russ.)

7. Botyanovskiy I.E., Burova E.A., Grishchik L.F., Fedoryuk A.T. *Florist's handbook (flower and ornamental plants of open ground)*. Minsk, BSSR: Uradzhay, 1985:208. (In Russ.)

8. Aksenov E.S., Aksenova N.A. *Ornamental plants. V.2 (herbaceous plants)*. Moscow, Russia: ABF, 2000:608. (In Russ.)

9. Ivanova L.A., Svyatkovskaya E.A., Trostenyuk N.N. *Northern floriculture*. Apatity, Russia: Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2023:358. (In Russ.) <https://doi.org/10.37614/978.591137.437.2>

10. Vasilyeva N.N. From the history of greening the city of Arkhangelsk. *Vsemirniy kongress 'History of the Future'. June 10-12, 2015*. St. Petersburg, Russia: Publishing House of Polytechnical University, 2015:336. (In Russ.)

11. Melekhov I.S. *About the native North*. Arhangelsk, Russia: AILILKh, 1993:112. (In Russ.)
12. Frezer E. *House on the Dvina*. Arhangelsk, Russia: Pravda Severa, 1998:472. (In Russ.)
13. Zalyvskaya O.S., Babich N.A. *Introduction of arboriflora to northern latitudes*. Arhangelsk, Russia: Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 2024:214. (In Russ.)
14. Babich N.A., Antonov A.M., Sungurova N.R., Zalyvskaya O.S. *Regional dictionary and handbook of forest seed production*. Arhangelsk, Russia: Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, 2023:184. (In Russ.)
15. Valekzhanin A.A., Sungurova N.R. Assessment of floral arrangement of public spaces of the city of Arkhangelsk based on the analysis of tenders for planting and maintenance of flower beds. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova*. 2025;(3(80)):63-72. (In Russ.) <https://doi.org/10.34655/bgsha.2025.80.3.007>
16. Bibikova V.F., Babikov Yu.A. *Floriculture for the North-West zone*. Minsk, BSSR: Vysshaya shkola, 1984:153. (In Russ.)
17. Lebedev A.V. *Cultural landscapes of noble estates of the Kologrivsky Forest Biosphere Reserve*. Kologriv, Russia: State Nature Reserve "Kologrivsky forest", 2026:183. (In Russ.)
18. Konstantinova A.A., Ergina Y.N., Zalyvskaya O.S. Characteristic floral arrangement in the city of Arkhangelsk. *Mezhdunarodniy studencheskiy nauchniy vestnik*. 2017;(5):90. (In Russ.)
19. Gorobchenko E.V., Zalyvskaya O.S. The effect of stimulants on the reproduction of flower crops. *Vestnik landshafinoy arkhitektury*. 2024;(38):14-18. (In Russ.)
20. Zalyvskaya O.S. *Floriculture and flower design: a textbook for universities*. Moscow, Russia: LLC "Publishing House Yurayt", 2025:220. (In Russ.)

Сведения об авторах

Ольга Сергеевна Залывская, д-р с.-х. наук, доцент, профессор кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»; 163002, Российская Федерация, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 17; e-mail: o.zalyvskaya@narfu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7520-6295>

Наталья Рудольфовна Сунгурова, д-р с.-х. наук, доцент, профессор кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»; 163002, Российская Федерация, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 17; e-mail: n.sungurova@narfu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8464-4596>

Андрей Алексеевич Валежанин, аспирант кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»; 163002, Российская Федерация, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 17; e-mail: a.valekzhanin@edu.narfu.ru

Александра Александровна Карбасова, учебный мастер кафедры ландшафтной архитектуры и искусственных лесов, Федеральное государственное бюджетное

образовательное учреждение высшего образования «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»; 163002, Российская Федерация, г. Архангельск, Набережная Северной Двины, 17; e-mail: a.karbasova@narfu.ru

Information about the authors

Olga S. Zalyvskaya, DSc (Ag), Associate Professor, Professor at the Department of Landscape Architecture and Artificial Forests, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov; 17 Naberezhnaya Severnoy Dviny, Arhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: o.zalyvskaya@narfu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7520-6295>

Natalia R. Sungurova, DSc (Ag), Associate Professor, Professor at the Department of Landscape Architecture and Artificial Forests, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov; 17 Naberezhnaya Severnoy Dviny, Arhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: n.sungurova@narfu.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8464-4596>

Andrey A. Valekzhanin, postgraduate student of the Department of Landscape Architecture and Artificial Forests, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov; 17 Naberezhnaya Severnoy Dviny, Arhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: a.valekzhanin@edu.narfu.ru

Aleksandra A. Karbasova, Academic Master at the Department of Landscape Architecture of Artificial Forests, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov; 17 Naberezhnaya Severnoy Dviny, Arhangelsk, 163002, Russian Federation; e-mail: a.karbasova@narfu.ru

БОТАНИКА, ПЛОДОВОДСТВО

**Эффективность применения современных регуляторов роста
для получения разветвленных однолетних саженцев яблони**

**Галина Юрьевна Упадышева¹, Михаил Тарьевич Упадышев^{2✉},
Сергей Сергеевич Макаров²**

¹Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства
и питомниководства, Москва, Россия

²Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ **Автор, ответственный за переписку:** upad8@mail.ru

Аннотация

В статье представлены результаты полевых исследований, направленных на выращивание в питомнике разветвленных однолетних саженцев яблони. Цель исследований – выявить оптимальный вариант применения регуляторов роста растений и удобрений в питомнике для получения разветвленных однолетних саженцев яблони. Исследования проводили в 2024 и 2025 гг. в научно-производственном питомнике ФГБНУ ФНЦ Садоводства в Ступинском районе Московской области. Объектом исследований были однолетние растения яблони сортов Десертное Кичины, Чеховское и Лобо, привитые на клоновом подвое 54–118. Растения были получены способом летней окулировки вприклад. Для химических обработок использовали регуляторы роста Гиббера, ВР (25 мг/л), Сальдо, ВР (25 мг/л) и Эпллин, ВРП (0,6 г/л). Для улучшения минерального питания в ряде вариантов применяли некорневое внесение комплексного удобрения Акварин 5 Плюс (5 г/л). Первую обработку окулянтов проводили в конце июня при высоте 60 см, далее – раз в 10 дней. Кратность применения в зависимости от варианта – от 1 до 3 раз. В качестве эталонного варианта была взята трехкратная обработка препаратом Эпллин. Контроль – без обработки регуляторами роста. Увеличение высоты растений яблони происходило за счет увеличения числа обработок регуляторами роста и удобрением Акварин 5 Плюс. Максимальная высота растений и диаметр штамба отмечены в варианте с трехкратным применением регуляторов роста и удобрения. Наибольший положительный эффект по увеличению количества разветвлений и их длины (в 9,5 раза по сравнению с контролем) у всех изучаемых сортов был получен в варианте с трехкратной обработкой препаратами Гиббера и Сальдо. Одновременное некорневое внесение удобрения Акварин 5 Плюс способствовало увеличению средней длины побегов в среднем по изученным сортам в 1,3 раза. Сорт Лобо характеризовался высокой способностью к образованию дополнительных побегов, сорт Десертное Кичины – средней способностью, сорт Чеховское – слабой способностью к побегообразованию. Выход разветвленных однолетних растений под действием регуляторов роста у сортов Лобо и Десертное Кичины составлял 100%, у сорта Чеховское – 77,8%.

Ключевые слова

яблоня, клоновый подвой, сорт, питомник, однолетний саженец, регулятор роста

Благодарности

Исследования выполнены в соответствии с государственным заданием ФГБНУ ФНЦ Садоводства «Разработка технологий повышения уровня реализации генетического потенциала селекционных форм и управления качеством многолетних агроценозов на основе биологизированных методов управления продукционным процессом и оптимизации минерального питания» (FGUW-2024–0003).

Для цитирования

Упадышева Г.Ю., Упадышев М.Т., Макаров С.С. Эффективность применения современных регуляторов роста для получения разветвленных однолетних саженцев яблони // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 3. С. 35–46.

BOTANY, POMICULTURE

Efficiency of modern growth regulators for producing branched one-year apple tree seedlings

Galina Yu. Upadysheva¹, Mikhail T. Upadyshev^{2✉}, Sergey S. Makarov²

¹Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, Moscow, Russia

²Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

✉ Corresponding author: upad8@mail.ru

Abstract

The article presents the results of field studies aimed at producing branched one-year apple tree seedlings in a nursery. The aim of the study was to identify the optimal application of plant growth regulators and fertilizers in the nursery for producing one-year apple tree seedlings. The studies were conducted in 2024 and 2025 at the research and production nursery of the Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery in the Stupinsky District, Moscow Region. The objects of the study were one-year apple plants of the varieties Desertnoe Kichiny, Chekhovskoe, and Lobo, grafted onto the clonal rootstock 54–118. The plants were obtained by summer chip-budding. For chemical treatments, the growth regulators Gibbera, WP (25 mg/L), Saldo, WP (25 mg/L), and Epplin, WSP (0.6 g/L) were used. To improve mineral nutrition, in some variants foliar application of the complex fertilizer Aquarin 5 Plus (5 g/L) was applied. The first treatment of buds was carried out at the end of June when plants reached a height of 60 cm, followed by applications every 10 days. The frequency of application ranged from 1 to 3 times depending on the variant. A three-fold treatment with Epplin Epplin was taken as a reference option. The control received no growth regulator treatment. Increased apple tree height was achieved by increasing the number of treatments with growth regulators and the fertilizer Aquarin 5 Plus. The maximum plant height and trunk diameter were recorded in the variant with three-time application of growth regulators and fertilizer. The greatest positive effect in increasing the number of branches and their length (9.5-fold compared to the control) in all studied varieties was obtained in the variant with three-time application of Gibbera and Saldo. Simultaneous foliar application of Aquarin 5 Plus fertilizer contributed to an increase in average shoot length by 1.3-fold across the studied varieties. The variety Lobo was characterized by a high ability to form additional shoots, the variety Dessertnoye Kichiny by a moderate ability, and the variety Chekhovskoe by a low ability to form shoots. The yield of branched one-year plants under the influence of growth regulators was 100% for the varieties Lobo and Desertnoe Kichiny, and 77.8% for the variety Chekhovskoe.

Keywords

apple tree, clonal rootstock, variety, nursery, one-year seedling, growth regulator

Acknowledgments

The research was carried out within the framework of the state assignment to the Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, project “Development of technologies for increasing the realization of the genetic potential of selection forms and managing the quality of perennial agrocenoses using biologized methods of production process management and mineral nutrition optimization” (FGUW-2024–0003).

For citation

Upadysheva G.Yu., Upadyshev M.T., Makarov S.S. Efficiency of modern growth regulators for producing branched one-year apple tree seedlings. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(3):35–46.

Введение Introduction

Для закладки интенсивных садов яблони необходимо использовать разветвленные стандартные саженцы. От качества посадочного материала зависят скороплодность насаждений и окупаемость затрат [1–3]. С экономической точки зрения более выгодно по сравнению с традиционными двухлетними саженцами закладывать насаждения однолетними разветвленными саженцами. Однако большинство сортов яблони не обладают способностью к образованию преждевременных побегов в однолетнем возрасте или образует их крайне мало. Стимулировать этот процесс можно путем механического воздействия на растения (прищипка, удаление верхушечных листьев, пинцировка верхушки) или обработками регуляторами роста [4–7]. Высокое качество подвойного материала, сбалансированное минеральное питание и оптимизация водного режима также способствуют формированию кронированных однолеток во втором поле питомника [8–11]. В Южном регионе Российской Федерации увеличения количества боковых побегов у однолеток удастся достичь заменой традиционной окулировки весенней прививкой длинными черенками [12, 13].

В большинстве исследований максимальное количество боковых побегов длиной более 15 см было получено при совместном использовании механических приемов и обработок химическими препаратами [14, 15]. При этом выход разветвленных однолетних саженцев удавалось увеличить до 80% – в основном у сортов яблони, склонных к образованию преждевременных побегов, и при оптимальных внешних условиях [16]. Для опрыскиваний использовали, как правило, импортные регуляторы роста (Arbolin, Promalin, Thidiazuron, Cycilanilide) [17, 18]. В настоящее время актуальным является испытание отечественных аналогичных препаратов, способных стимулировать образование разветвлений у окулянтов. В опытах с яблоней, проведенных в Краснодарском крае, при применении отечественного препарата Сальдо отмечалось увеличение количества боковых побегов у однолеток яблони в 4,4 раза в среднем по двум сортам [19]. Наши исследования по стимулированию образования боковых побегов у однолеток черешни показали эффективность препарата Эпллин [17]. Механическое удаление у окулянта верхушки или верхних листьев на больших площадях питомника требует значительных затрат ручного труда, что повышает стоимость посадочного материала. Поэтому актуальными являются исследования, направленные на разработку усовершенствованных методов использования отечественных регуляторов роста и удобрений для получения разветвленных однолеток плодовых культур.

Цель исследований: выявить оптимальный вариант применения регуляторов роста растений и удобрений в питомнике в целях получения разветвленных однолетних саженцев яблони.

Методика исследований

Research method

Полевые исследования проводились в 2024 и 2025 гг. в питомнике ССЦ ФГБНУ ФНЦ Садоводства (Московская обл., Ступинский район, п. Михнево) согласно «Программе и методике сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур» [20].

Объектом исследований были однолетние растения 3 сортов яблони (Чеховское, Десертное Кичины, Лобо), привитые на клоновом подвое 54–118. Растения были получены способом летней окулировки вприклад.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая, среднеокультуренная, тяжелого гранулометрического состава.

Агротехнический уход включал в себя ежегодное внесение основного минерального удобрения в дозе $N_{90}P_{90}K_{90}$ перед высадкой подвоев в первое поле питомника, механизированную обработку междурядий, прополки и рыхление в рядах вручную, капельный полив и мероприятия по защите растений согласно разработанному для питомника плану.

С целью получения кронированных однолеток было проведено в период активного роста опрыскивание регуляторами роста растений, относящимися к гиббереллинам и цитокининам (Эпллин, Гиббера, Сальдо). Для улучшения минерального питания в вариантах № 4–6 применяли некорневое внесение водорастворимого комплексного удобрения Акварин 5 Плюс ($N_{18}-P_{18}-K_{18} + 2,0 \text{ MgO} + 1,5 \text{ S} + \text{MЭ} + \text{GA} + \text{СК}$), которое наряду с макроэлементами содержит микроэлементы и ФАВ. Кратность применения – от 1 до 3 раз, каждые 10 дней. Первую обработку окулянтов регуляторами роста и некорневое внесение удобрений проводили в конце июня, когда высота составляла около 60 см, далее – 1 раз в 10 дней. В качестве эталонного варианта была взята трехкратная обработка препаратом Эпллин, который рекомендован для широкого использования в питомниках и показал хорошие результаты в наших предыдущих исследованиях [16].

Схема опыта включала в себя 6 вариантов:

I – контроль 1 (без обработки и внесения удобрений);

II – контроль 2 (эталон, Эпллин, 0,6 г/л, 3-кратно);

III – Гиббера, ВР (25 мг/л) + Сальдо, ВР (15 мг/л), 3-кратно;

IV – Гиббера, ВР (25 мг/л) + Сальдо, ВР (15 мг/л) + Акварин 5 Плюс, 1-кратно;

V – Гиббера, ВР (25 мг/л) + Сальдо, ВР (15 мг/л) + Акварин 5 Плюс, 2-кратно;

VI – Гиббера, ВР (25 мг/л) + Сальдо, ВР (15 мг/л) + Акварин 5 Плюс, 3-кратно.

Повторность – трехкратная, в повторности 5 растений. Статистическая обработка произведена методом дисперсионного анализа с использованием программы Statistica 10.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Погодные условия осенне-зимнего периода 2024–2025 гг. были благоприятными для приживаемости заокулированных глазков яблони и их перезимовки. Приживаемость глазков изучаемых сортов была выше 80%, сохранившиеся глазки весной активно тронулись в рост. В третьей декаде июня при достижении окулянтами высоты 60 см были проведены некорневая обработка регуляторами роста и подкормка удобрениями. Как показали исследования, обработка регуляторами роста и некорневое внесение удобрения вызвали у окулянтов яблони изменения в линейном росте и способствовали

образованию боковых побегов. В опытных вариантах I–III наблюдались снижение линейного роста и увеличение радиального роста по сравнению с контролем: высота в среднем по 3-м сортам составила 108–119 см (в контроле – 120,5 см), диаметр штамба – 1,2–1,3 см (в контроле – 1,1 см) (табл. 1).

Увеличение высоты растений яблони происходило за счет увеличения количества обработок регуляторами роста и удобрением Акварин 5 Плюс. Максимальная высота растений в среднем по трем сортам отмечена в варианте с трехкратным применением регуляторов роста и удобрения. Растения наибольшей высоты отмечены у сорта Лобо в варианте с 3-кратной обработкой препаратами Гиббера, ВР (25 мг/л) + Сальдо,

Таблица 1

Биометрические показатели однолетних растений яблони в зависимости от применения регуляторов роста и удобрений (в среднем за 2 года)

Table 1

Biometric indicators of one-year apple plants depending on the application of growth regulators and fertilizers (average over two years)

Сорт яблони (фактор А)	Вариант обработки (фактор В)						Среднее по фактору А
	Контроль 1 (без обработки)	Контроль 2 (эталон Эпллин)	Гиббера + Сальдо 3-кратно	Гиббера + + Сальдо + + Акварин 1-кратно	Гиббера + + Сальдо + + Акварин 2-кратно	Гиббера + + Сальдо + + Акварин 3-кратно	
Средняя высота саженцев, см							$HCP_{05} a = F_{\phi} < F_T$
Десертное Кичины	120,6	126,5	113,0	115,0	115,0	120,4	118,4
Чеховское	120,0	109,0	104,2	116,3	120,0	126,1	115,9
Лобо	121,0	98,5	106,3	111,4	123,1	139,8	116,7
Среднее по фактору В $HCP_{05} b = 5,5$	120,5	111,3	107,9	114,2	119,4	128,8	×
$HCP_{05} ab = 15,2$ для сравнения частных случаев							
Средний диаметр штамба, см							$HCP_{05} a = F_{\phi} < F_T$
Десертное Кичины	1,1	1,2	1,2	1,1	1,2	1,2	1,15
Чеховское	1,1	1,3	1,2	1,3	1,4	1,4	1,28
Лобо	1,1	1,0	1,2	1,3	1,3	1,4	1,22
Среднее по фактору В $HCP_{05} b = 0,1$	1,1	1,2	1,2	1,23	1,3	1,33	×
$HCP_{05} ab = 0,12$ для сравнения частных случаев							

ВР (15 мг/л) + Акварин 5 Плюс. При этом разница по сравнению с контролем составила 7%, а по сравнению с эталоном – 15,7%. У сортов Десертное Кичины и Чеховское высота растений при трехкратной обработке регуляторами роста и удобрениями существенно не отличалась от контроля.

Аналогичная тенденция отмечена и для диаметра штамба. Наибольший диаметр штамба формировался у растений при трехкратном применении регуляторов роста и удобрения Акварин 5 Плюс. Максимальный диаметр штамба формировался у растений сорта Чеховское в вариантах с двукратным и трехкратным применением регуляторов роста и удобрения, у сорта Лобо – в варианте с трехкратным применением регуляторов роста и удобрения.

У однолетних растений всех сортов в опытных вариантах отмечали увеличение количества разветвлений и суммарной длины побегов. Выявлена специфичная реакция сортов на кратность проведения обработок и внесения удобрений. Максимальное количество разветвлений было получено у сорта Лобо в варианте с трехкратной обработкой препаратами Гиббера и Сальдо (5,9 шт/раст.), что больше в 6 раз по сравнению с контролем и в 2,8 раза – по сравнению с эталоном. В вариантах с одно- и двукратной обработкой и внесением удобрений количество образовавшихся побегов у этого сорта было существенно меньшим, но также превосходило контроль (рис. 1).

Слабее других прореагировал на обработку регуляторами роста сорт Чеховское. У однолеток этого сорта практически не было разветвлений в контрольном и эталонном вариантах, а в опытных вариантах получено 1,1–1,5 шт/раст. Промежуточное положение по эффективности химического воздействия на окулянты занимает

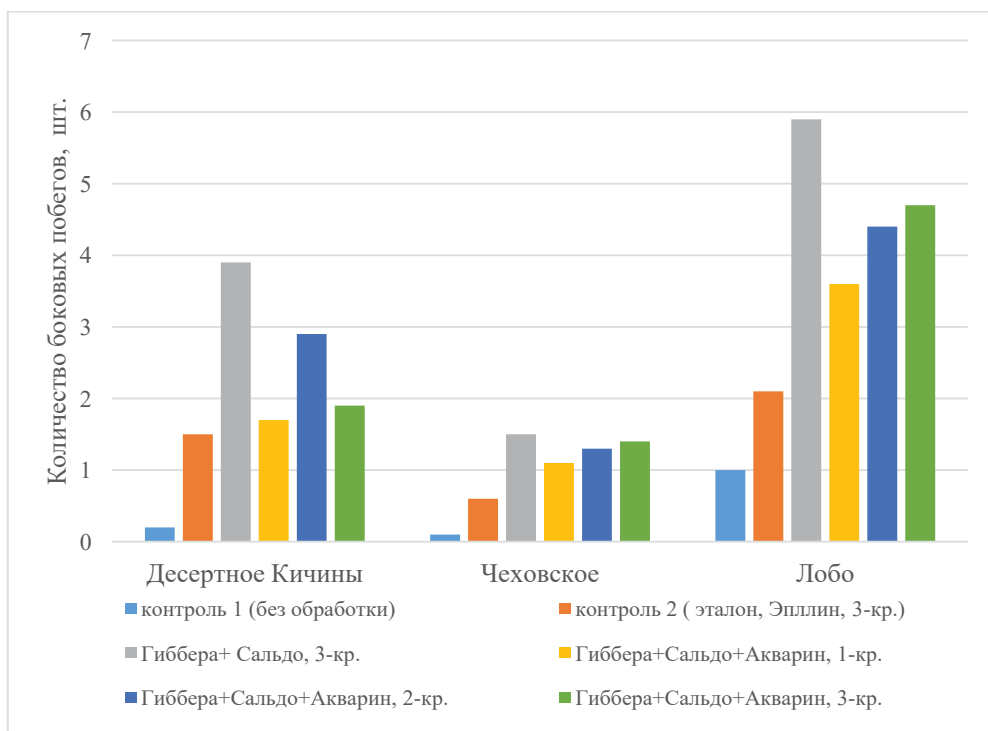


Рис. 1. Количество боковых побегов у растений яблони в зависимости от сорта и обработок регуляторами роста и некорневыми подкормками, шт/раст. (в среднем за 2 года)

Figure 1. Number of lateral shoots in apple plants depending on variety and treatments with growth regulators and foliar feeding, shoots/plant (average over two years)

сорт Десертное Кичины. Лучшим по числу образовавшихся побегов оказался также вариант с трехкратной обработкой препаратами Гиббера и Сальдо, без удобрения (3,9 шт/раст.). Выше эталона был этот показатель в варианте с двукратным применением регуляторов роста и удобрения (2,9 шт/раст.). В остальных опытных вариантах количество побегов было выше контроля, но существенно не отличалось от эталона.

Суммарная длина боковых побегов достигла максимальных значений у сорта Лобо в вариантах с трехкратной обработкой регуляторами роста с внесением или без внесения удобрения (137,8 и 117 см), а минимальным этот показатель был у сортов Чеховское и Десертное Кичины в контрольном и эталонном вариантах (2,0–17,2 см). В среднем по сортам суммарная длина в вариантах с трехкратной обработкой регуляторами роста с внесением или без внесения удобрения превышала контрольный показатель в 4,4–9,5 раза (табл. 2).

Таблица 2

Длина боковых побегов у однолетних растений яблони в зависимости от применения регуляторов роста и удобрений, см (в среднем за 2 года)

Table 2

Length of lateral shoots in one-year apple plants depending on the application of growth regulators and fertilizers, cm (average over two years)

Сорт яблони (фактор А)	Вариант обработки (фактор В)						Среднее по фактору А
	Контроль 1 (без обработки)	Контроль 2 (эталон Эпллин)	Гиббера + + Сальдо, 3-кратно	Гиббера + + Сальдо+ + Акварин, 1-кратно	Гиббера + + Сальдо+ + Акварин, 2-кратно	Гиббера + + Сальдо+ + Акварин, 3-кратно	
Суммарная длина боковых побегов, см							НСР ₀₅ a = 6,2
Десертное Кичины	2,0	11,6	67,0	20,8	21,3	45,5	28,0
Чеховское	0,1	17,2	36,8	24,4	19,6	36,1	20,3
Лобо	22,0	41,4	137,8	61,4	87,0	117,0	77,8
Среднее по фактору В НСР ₀₅ b = 12,5	8,0	22,0	76,4	35,5	42,6	66,2	×
НСР ₀₅ ab = 19,2 для сравнения частных случаев							
Средняя длина бокового побега, см							НСР ₀₅ a = 4,8
Десертное Кичины	10,0	7,7	17,2	12,2	17,3	23,9	13,1
Чеховское	0	3,4	16,3	22,2	15,0	25,7	13,8
Лобо	22,0	19,7	23,4	17,1	19,8	24,8	21,1
Среднее по фактору В НСР ₀₅ b = 5,1	10,7	10,3	19,0	17,2	14,0	24,8	×
НСР ₀₅ ab = 8,3 для сравнения частных случаев							

Средняя длина одного разветвления в контроле составила 10,7 см, что существенно ниже, чем в вариантах с трехкратным применением препаратов и удобрений (19 и 24,8 см соответственно).

В опытных вариантах по сравнению с контролем значительно повысился выход разветвленных однолетних растений, % от общего количества однолеток, полученных в варианте. У сорта Лобо он увеличился с 40 до 100%, у сорта Десертное Кичины – с 12,5 до 100%, у сорта Чеховское – 0 до 77,8% (рис. 2).

Как следует из данных из рисунка 2, без обработки регуляторами роста у сорта Чеховское не удалось получить кронированных однолеток. У сорта Десертное Кичины выход составил менее 15%, в то время как у сорта Лобо было получено 40% однолеток с разветвлениями. Обработка препаратом Эпплин (эталон) способствовала появлению разветвлений у 62,5% однолеток сорта Десертное Кичины, 66,7% однолеток сорта Чеховское и 71,4% однолеток сорта Лобо. Совместное трехкратное применение новых отечественных регуляторов роста Гиббера, ВР и Сальдо, ВР на всех сортах оказалось более эффективным по сравнению с эталоном. Добавление к регуляторам роста удобрения Акварин 5 Плюс Профи имело дополнительный эффект по усилению радиального роста и побегообразования у однолеток сортов Чеховское и Лобо. Уменьшение кратности обработок до 1–2 приводило к снижению биометрических показателей растений у всех сортов.

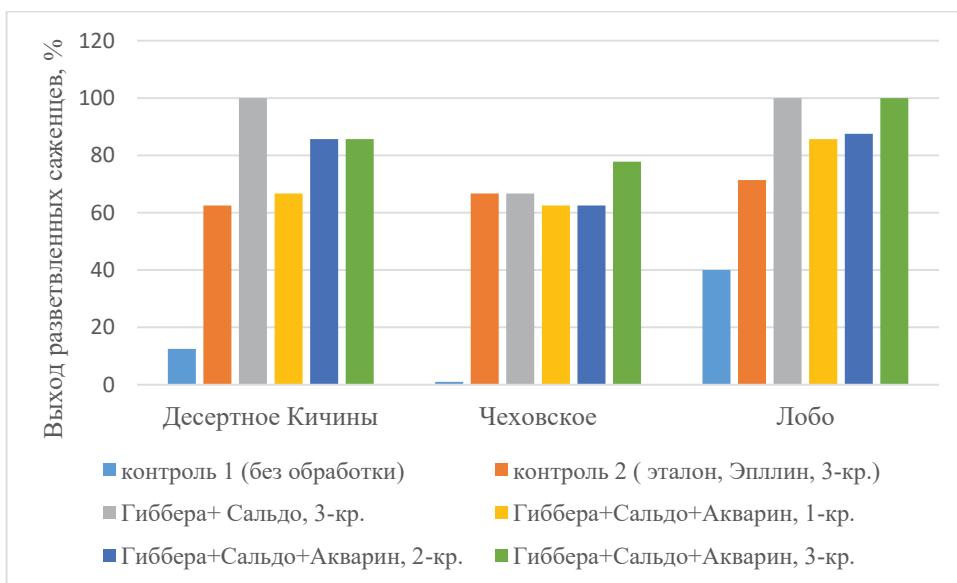


Рис. 2. Выход однолетних разветвленных саженцев яблони в зависимости от обработки регуляторами роста и некорневой подкормки, % (в среднем за 2 года)

Figure 2. Yield of branched one-year apple tree seedlings depending on the treatment with growth regulators and foliar feeding, % (average over two years)

Выводы Conclusions

1. Увеличение высоты растений яблони происходило за счет увеличения числа обработок регуляторами роста и удобрением Акварин 5 Плюс. Максимальная высота и диаметр штамба растений отмечены в варианте с трехкратным применением

регуляторов роста и удобрения. Растения наибольшей высоты отмечены у сорта Лобо в варианте с трехкратной обработкой препаратами Гиббера, ВР (25 мг/л) + Сальдо, ВР (15 мг/л) + Акварин 5 Плюс.

2. Для усиления побегообразования у однолетних растений сортов Чеховское и Лобо целесообразно одновременно с регуляторами роста проводить некорневую подкормку удобрением Акварин 5 Плюс в концентрации 5 г/л.

3. Сорт Лобо характеризовался высокой способностью к образованию дополнительных побегов, сорт Десертное Кичины – средней способностью, сорт Чеховское – слабой способностью к побегообразованию.

4. Оптимальным вариантом применения регуляторов роста растений и удобрений с целью получения разветвленных однолетних саженцев изучаемых сортов является вариант с трехкратной обработкой препаратами Гиббера, ВР (25 мг/л) + Сальдо, ВР (15 мг/л). Выход разветвленных однолетних растений под действием регуляторов роста у сорта Лобо увеличился в 2,5 раза по сравнению с контролем (до 100%), у сорта Десертное Кичины – в 8 раз (до 100%), у сорта Чеховское – от 0% в контроле до 77,8%.

Список источников

1. Куликов И.М., Трунов Ю.В., Соловьев А.В., Борисова А.А. и др. *Основы инновационного развития питомниководства России*. М.: ФГБНУ ВСТИСП, 2018. 188 с. EDN: PDHTNR

2. Муханин И.В., Григорьева Л.В., Ершова О.А., Кожина А.И. Основные требования к посадочному материалу для закладки шпалерно-карликовых садов // *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2011. Т. 6, № 3 (21). С. 150–153. EDN: LKYGFZ

3. Упадышев М.Т., Макаров С.С., Упадышева Г.Ю. Особенности органогенеза и оздоровления клонового подвоя яблони от вирусов путем комплексной терапии *in vitro* // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 1. С. 93–107. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2025-1-93-107>

4. Безух Е.П., Зыков А.В. Приемы стимуляции ветвления однолетних саженцев яблони и груши при их выращивании в малогабаритных пленочных теплицах // *Агро-ЭкоИнженерия*. 2021. № 2 (107). С. 80–88. EDN: JZAUMN

5. Танкевич В.В., Сотник А.И. Отдельные приемы получения разветвленных саженцев груши // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2021. Т. 64. С. 77–82. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2021-64-77-82>

6. Упадышева Г.Ю. Агротехнологические аспекты выращивания разветвленных однолетних саженцев яблони // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2024. Т. 77. С. 81–90. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2024-77-81-90>

7. Prichko T.G., Oplachko R.A., Karpushina M.V. Efficiency of a biological growth regulator in the cultivation of branched seedlings. *BIO Web of Conferences*. 2022;47:08003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224708003>

8. Зыков А.В., Егорова К.И., Юнин В.А. Влияние органического удобрения «Биагум» на рост однолетних саженцев яблони // *Аграрный научный журнал*. 2024. № 7. С. 23–28. <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i7pp23-28>

9. Левшаков Л.В., Волобуева Н.В., Ядыкин С.Г. Применение пинцировки, капельного полива и подкормки микроудобрениями при выращивании саженцев яблони // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2018. Т. 52. С. 71–76. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2018-52-71-76>

10. Савин Е.З., Новиков В.А., Мушинский А.А., Березина Т.В. и др. Опыт выращивания отборных форм клоновых подвоев яблони в условиях Южного Урала // *Аграрный научный журнал*. 2024. № 10. С. 72–81. <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i10pp72-81>
11. Трунов Ю.В., Соловьёв А.В., Седых А.В., Кузин А.И. и др. Повышение качества посадочного материала яблони с использованием некорневых подкормок удобрениями // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2018. Т. 52. С. 87–94. <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2018-52-87-94>
12. Коваленко О.В. Использование агротехнологических приемов для получения разветвленных саженцев черешни в питомнике // *Известия сельскохозяйственной науки Тавриды*. 2022. № 29 (192). С. 117–124. EDN: DPILIF
13. Kopylov V., Burlak V., Kovalenko O., Ryabov V. Spring long stalk grafting as a promising resource-saving way of obtaining branched sweet cherry seedlings. *E3S Web of Conferences*. 2020;176:04006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017604006>
14. Кочкин Д.А., Фоменко Т.Г., Оплачко Р.А. Агротехнические приемы для получения качественных однолетних саженцев яблони // *Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия*. 2023. Т. 37. С. 111–114. <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2023-37-111-114>
15. Красова Н.Г., Галашева А.М., Лупин М.В. Влияние приемов стимуляции роста саженцев яблони на скороплодность сортов в молодом саду // *Вестник российской сельскохозяйственной науки*. 2022. № 2. С. 47–51. <https://doi.org/10.30850/vrsn/2022/2/47-51>
16. Королёв Е.Ю., Красова Н.Г., Галашева А.М. Влияние отдельных агротехнологических приемов на качественные показатели однолетних саженцев яблони // *Вестник аграрной науки*. 2017. № 6 (69). С. 16–22. <https://doi.org/10.15217/issn2587-666X.2017.6.16>
17. Упадышева Г.Ю. Влияние физиологически активных веществ и агротехнических приемов на ветвление однолетних саженцев черешни // *Вестник КрасГАУ*. 2022. № 7 (184). С. 62–68. <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-7-62-68>
18. Robinson T.L., Sazo M.M. Effect of promalin, benzyladenine and cyclanilide on lateral branching of apple threes in the nursery. *Acta Hort*. 2014;1042:293-302. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1042.35>
19. Задорожний А.П. *Разработка технологического цикла ускоренного производства высококачественного посадочного материала для создания скороплодных насаждений яблони в условиях Прикубанской зоны садоводства*: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Краснодар, 2025. 23 с.
20. *Программа и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур*. Орел: ВНИИСПК, 1999. 608 с.

References

1. Kulikov I.M., Trunov Yu.V., Soloviev A.V., Borisova A.A. et al. *Fundamentals of innovative development of nurseries in Russia*. Moscow, Russia: Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery, 2018:188. (In Russ.)
2. Mukhanin I.V., Grigorieva L.V., Ershova O.A., Kozhina A.I. Basic requirements for planting material for establishing trellis-dwarf orchards. *Vestnik of Kazan State Agrarian University*. 2011;6(3(21)):150-153. (In Russ.)
3. Upadyshev M.T., Makarov S.S., Upadysheva G.Yu. Peculiarities of organogenesis and recovery of apple tree clonal rootstock from viruses using complex in vitro therapy. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025;(1):93-107. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2025-1-93-107>

4. Bezukh E.P., Zykov A.V. Techniques for encouraging the branching of annual apple and pear seedlings during their cultivation in small plastic greenhouses. *AgroEkoInzheneriya*. 2021;(2(107):80-88. (In Russ.)
5. Tankevich V.V., Sotnik A.I. Particular techniques of obtaining branched pear seedlings. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2021;64:77-82. (In Russ.) <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2021-64-77-82>
6. Upadysheva G.Yu. Agro-technological aspects of growing branched annual apple nursery plants. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2024;77:81-90. (In Russ.) <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2024-77-81-90>
7. Prichko T.G., Oplachko R.A., Karpushina M.V. Efficiency of a biological growth regulator in the cultivation of branched seedlings. *BIO Web of Conferences*. 2022;47:08003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20224708003>
8. Zykov A.V., Egorova K.I., Yunin V.A. Influence of organic fertilizer “Biagum” on the growth of annual apple tree seedlings. *The Agrarian Scientific Journal*. 2024;(7):23-28. (In Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i7pp23-28>
9. Levshakov L.V., Volobueva N.V., Yadihin S.G. Application of pinching, drip irrigation and feeding with microfertilizers for growing apple seedlings. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2018;52:71-76. (In Russ.) <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2018-52-71-76>
10. Savin E.Z., Novikov V.A., Mushinskiy A.A., Berezina T.V. et al. Experience in growing selected forms of clonal apple tree rootstocks in conditions of the Southern Urals. *The Agrarian Scientific Journal*. 2024;(10):72-81. (In Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i10pp72-81>
11. Trunov Yu.V., Solovyov A.V., Sedykh A.V., Kuzin A.I. et al. Quality improving of apple planting material by using foliar fertilizers. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2018;52:87-94. (In Russ.) <https://doi.org/10.31676/2073-4948-2018-52-87-94>
12. Kovalenko O.V. The use of agrotechnological techniques for obtaining cherry seedlings with crown in the nursery. *Transactions of Taurida Agricultural Science*. 2022;(29(192)):117-124. (In Russ.)
13. Kopylov V., Burlak V., Kovalenko O., Ryabov V. Spring long stalk grafting as a promising resource-saving way of obtaining branched sweet cherry seedlings. *E3S Web of Conferences*. 2020;176:04006. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017604006>
14. Kochkin D.A., Fomenko T.G., Oplachko R.A. Agricultural techniques for obtaining high-quality annual apple tree seedlings. *Nauchnye trudy Severo-Kavkazskogo federalnogo nauchnogo tsentra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya*. 2023;37:111-114. (In Russ.) <https://doi.org/10.30679/2587-9847-2023-37-111-114>
15. Krasova N.G., Galasheva A.M., Lupin M.V. Influence of methods for stimulating the growth of apple seedlings on the early fruiting of varieties in a young orchard. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2022;(2):47-51. (In Russ.) <https://doi.org/10.30850/vrsn/2022/2/47-51>
16. Korolev E.Yu., Krasova N.G., Galasheva A.M. The influence of some agrotechnological methods on quality indications of one-year-old apple seedlings. *Bulletin of Agrarian Science*. 2017;6(69):16-22. (In Russ.)
17. Upadysheva G.Yu. Physiologically active substances and agricultural practices influence on annual sweet cherry seedlings branching. *Bulletin of KSAU*. 2022;(7(184)):62-68. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2022-7-62-68>
18. Robinson T.L., Sazo M.M. Effect of promalin, benzyladenine and cyclanilide on lateral branching of apple threes in the nursery. *Acta Hort*. 2014;1042:293-302. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2014.1042.35>

19. Zadorozhniy A.P. *Development of a technological cycle for accelerated production of high-quality planting material for creating early-fruited apple tree plantations in the conditions of the Prikuban horticultural zone*: CSc (Ag) thesis. Krasnodar, Russia, 2025:23. (In Russ.)

20. *Program and methods for variety study of fruit, berry, and nut crops*. Orel, Russia: Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding, 1999:608. (In Russ.)

Сведения об авторах

Галина Юрьевна Упадышева, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный селекционно-технологический центр садоводства и питомниководства»; 115598, Российская Федерация, г. Москва, ул. Загорьевская, 4; e-mail: upad64@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9547-9178>

Михаил Тарьевич Упадышев, д-р с.-х. наук, член-корреспондент РАН, профессор кафедры биотехнологии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: upad8@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1069-3771>

Сергей Сергеевич Макаров, д-р с.-х. наук, заведующий кафедрой декоративного садоводства и газоноведения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: s.makarov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0564-8888>

Information about the authors

Galina Yu. Upadysheva, CSc (Ag), Leading Research Associate, Federal Horticultural Research Center for Breeding, Agrotechnology and Nursery; 4 Zagoryevskaya St., Moscow, 115598, Russian Federation; e-mail: upad64@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-9547-9178>

Mikhail T. Upadyshev, DSc (Ag), Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Professor at the Department of Biotechnology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: upad8@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1069-3771>

Sergey S. Makarov, DSc (Ag), Head of the Department of Ornamental Horticulture and Turfgrass Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: s.makarov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-0564-8888>

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

**Популяционно-генетический анализ локусов
высокомолекулярных глютеинов у образцов яровой мягкой пшеницы
различного эколого-географического происхождения**

**Иван Викторович Груздев^{1,2✉}, Евгений Александрович Москалев^{1,2},
Екатерина Сергеевна Полховская^{1,2}, Илья Владимирович Киров^{1,2}**

¹Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной
биотехнологии, Москва, Россия

²Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Московская
область, Россия

✉ Автор, ответственный за переписку: gruzdev82mtz@mail.ru

Аннотация

Приведены результаты идентификации высокомолекулярных субъединиц глютеина и определения аллельного состояния локусов *Glu-1* у 105 образцов яровой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения. В ходе работы идентифицировано 3 аллеля локуса *Glu-A1*, 7 аллелей локуса *Glu-B1* и 2 аллеля локуса *Glu-D1*. Среди идентифицированных аллелей отмечены аллели, оказывающие положительное влияние на показатели технологических свойств зерна и муки мягкой пшеницы. На основе спектра высокомолекулярных глютеинов показано, что 72 образца из числа изученных обладают высоким потенциалом хлебопекарных качеств. Определено распределение частот аллелей локусов *Glu-1* у групп образцов яровой мягкой пшеницы, происходящих из разных географических регионов. Отмечена высокая частота встречаемости аллелей *Glu-A1b* (0,65), *Glu-B1c* (0,68) и *Glu-D1d* (0,64). Отмечено, что в случае аллелей *Glu-A1b* и *Glu-D1d* их высокая частота встречаемости обусловлена, вероятнее всего, их положительным влиянием на хлебопекарные качества. В свою очередь, высказано предположение того, что высокая частота встречаемости аллеля *Glu-B1c* может объясняться его позитивным влиянием на продуктивность или способностью противостоять неблагоприятным факторам среды, поскольку он не обеспечивает высокий потенциал технологических свойств. В результате популяционно-генетического анализа установлено невысокое значение генетического разнообразия по изученным локусам ($H = 0,45-0,48$). Вместе с тем установлен и невысокий показатель внутрипопуляционного разнообразия (μ) по отдельным гомеологичным локусам: в среднем $2,49 \pm 0,05$ аллеля на локус *Glu-A1*; $3,71 \pm 0,14$ аллеля на локус *Glu-B1*; $1,96 \pm 0,01$ аллеля на локус *Glu-D1*. Показано высокое генетическое сходство географических групп изученных образцов яровой мягкой пшеницы по характеру распределения частот аллелей локуса *Glu-D1*. Отмечено, что сходство по локусам *Glu-A1* и *Glu-B1* также является значительным, хотя и выражено в меньшей степени. Обозначена тенденция снижения генетического разнообразия в результате селекционного процесса.

Ключевые слова

яровая мягкая пшеница, популяционная генетика, запасные белки, высокомолекулярные глютеины, электрофорез

Благодарности

Исследования проведены при поддержке Российского научного фонда в рамках гранта № 25–26–00167.

Для цитирования

Груздев И.В., Москалев Е.А., Полховская Е.С., Киров И.В. Популяционно-генетический анализ локусов высокомолекулярных глютенинов у образцов яровой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 3. С. 47–68.

GENETICS, BIOTECHNOLOGY, BREEDING AND SEED PRODUCTION

Population-genetic analysis of high molecular weight glutenin loci in spring common wheat accessions of various ecological and geographical origin

Ivan V. Gruzdev^{1,2}✉, Evgeniy A. Moskaev^{1,2},
Ekaterina S. Polkhovskaya^{1,2}, Ilya V. Kirov^{1,2}

¹All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology, Moscow, Russia

²Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Moscow Region, Russia

✉Corresponding author: gruzdev82mtz@mail.ru

Abstract

The results of high-molecular-weight glutenin subunit identification and allelic state determination of the *Glu-1* loci in 105 spring common wheat accessions of various ecological and geographical origin are presented. A total of three alleles of the *Glu-A1* locus, seven alleles of the *Glu-B1* locus, and two alleles at the *Glu-D1* locus were identified. Among the identified alleles, there are alleles that have a positive effect on the wheat grain and flour technological properties. Based on the high molecular weight glutenin profiles, 72 of the accessions studied were found to possess high baking quality potential. The allele frequency distribution of the *Glu-1* loci among spring common wheat accessions originating from different geographic regions was determined. High frequencies of the *Glu-A1b* (0.65), *Glu-B1c* (0.68), and *Glu-D1d* (0.64) alleles were observed. It is suggested that the high frequency of the *Glu-A1b* and *Glu-D1d* alleles is most likely attributable to their positive effect on baking quality. In turn, it is hypothesized that the high frequency of the *Glu-B1c* allele may be explained by its positive effect on yield or tolerance to adverse environmental factors, since this allele does not confer high potential technological properties. Population genetic analysis revealed relatively low genetic diversity at the loci studied ($H = 0.45–0.48$). At the same time, low intrapopulation diversity (μ) values were also recorded for individual homeologous loci: on average, 2.49 ± 0.05 alleles per *Glu-A1* locus, 3.71 ± 0.14 alleles per *Glu-B1* locus, and 1.96 ± 0.01 alleles per *Glu-D1* locus. High genetic similarity among the geographic groups of spring common wheat accessions was shown with respect to the allele frequency distribution of the *Glu-D1* locus. Similarity at the *Glu-A1* and *Glu-B1* loci was also substantial, although less pronounced. A trend toward reduced genetic diversity as a result of the breeding process was noted.

Keywords

spring common wheat, population genetics, storage proteins, high molecular weight glutenins, electrophoresis

Acknowledgments

The research was carried out with the support of the Russian Science Foundation, grant No. 25–26–00167.

For citation

Gruzdev I.V., Moskalev E.A., Polkhovskaya E.S., Kirov I.V. Population-genetic analysis of high molecular weight glutenin loci in spring common wheat accessions of various ecological and geographical origin. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(3):47–68.

Введение Introduction

Мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) является ключевой культурой в мировом сельском хозяйстве. Главным направлением использования зерна мягкой пшеницы является выпечка хлеба. Качество хлеба в значительной мере определяется целым комплексом запасных белков зерна, важнейшими из которых являются высокомолекулярные субъединицы глютеина (High Molecular Weight Glutenin Subunits, HMW-GS) [1]. Высокомолекулярные глютеины являются весьма полиморфным семейством запасных белков пшеницы. Известно, что они кодируются 3 локусами (*Glu-A1*, *Glu-B1* и *Glu-D1*), расположенными на длинных плечах хромосом первой гомеологичной группы мягкой пшеницы, сочетающей субгеномы А, В и D. Каждый локус включает в себя два ортологичных локуса, кодирующих субъединицы х-типа, обладающих, как правило, большим молекулярным весом, и субъединицы у-типа с меньшим молекулярным весом [2].

Наиболее ценными для хлебопечения являются аллели *Glu-A1a* (субъединица 1Ax1), *Glu-A1b* (субъединица 1Ax2*), *Glu-B1b* (субъединицы 1Bx7+1By8), *Glu-B1f* (субъединицы 1Bx13+1By16), *Glu-B1i* (субъединицы 1Bx17+1By18) и особенно *Glu-D1d* (субъединицы 1Dx5+1Dy10) [3–5]. Между тем в России наиболее распространены являются сорта, несущие аллели *Glu-B1c* (субъединицы 1Bx7+1By9) и *Glu-D1a* (субъединицы 1Dx2+1Dy12), не связанные, по данным литературы, с высокими хлебопекарными качествами. Тем не менее эти сорта обладают хорошим качеством хлеба. К таким сортам, например, относится эталон хлебопекарных качеств – Саратовская 29 [6]. Это обстоятельство может быть объяснено недавним обнаружением аллелей, контролирующих синтез субъединиц: 1Dy12.7 и 1Dy12**, обладающих одинаковой электрофоретической подвижностью с 1Dy12, но в то же время определяющей хлебопекарные качества на уровне сортов, несущих субъединицу 1Dy10 [7, 8].

Однако несмотря на широкое аллельное разнообразие локусов, кодирующих HMW-GS [9–11], как в России [12, 13], так и в мире [14, 15] возделываются сорта, несущие ограниченный набор аллелей, как правило, положительно влияющих на хлебопекарные качества. Между тем проблема неуклонного снижения генетического разнообразия возделываемых сортов пшеницы была озвучена еще два десятилетия назад [16]. В связи с этим важно понимать не только номенклатуру, но и распределение частот аллелей глютеин-кодирующих локусов в разных регионах возделывания пшеницы, чтобы вместе с повышением уровня количественных и качественных характеристик новых сортов сохранялось генетическое разнообразие, являющееся залогом высокой адаптивности и пластичности.

Цель исследований: идентификация и изучение характера распределения аллелей локусов, кодирующих высокомолекулярные субъединицы глютеина у образцов яровой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения.

Методика исследований

Research method

Растительный материал. Идентификацию аллелей локусов, кодирующих высокомолекулярные субъединицы глютенина, проводили у 105 образцов яровой мягкой пшеницы различного географического происхождения (табл. 1). 20 образцов были получены под указанными в таблице 1 номерами из Международного центра улучшения кукурузы и пшеницы (International Maize and Wheat Improvement Center; CIMMYT, Мексика) и имели сложное гибридное происхождение. Также были изучены 53 образца из селекционных учреждений, представляющих различные регионы России, 3 сорта из Белоруссии, 7 сортов из Казахстана, 7 сортов европейской селекции (4 сорта из Польши и по одному сорту из Австрии, Германии и Франции), 14 канадских сортов и 1 сорт из США.

Методика исследований. Высокомолекулярные субъединицы глютенина экстрагировали из измельченных зерновок в соответствии с методикой, описанной Singh с соавт. [17]. HMW-GS фракционировали путем электрофореза в полиакриламидном геле в присутствии додецилсульфата натрия (SDS-PAGE) (концентрирующий – $T = 5\%$; $C = 2,67\%$; разделяющий – $T = 12,8\%$; $C = 0,99\%$ [9]) в пластинках геля размером ($20 \times 18,3 \times 0,1$ см) в течение 19,5 ч при силе тока 20 мА в камере для вертикального электрофореза PROTEAN® II xi производства компании Bio-Rad (США). После электрофореза гели окрашивали Coomassie Brilliant Blue R-250 для последующей визуализации при помощи системы гель-документирования Chemi-Doc Touch (Bio-Rad, США). Субъединицы идентифицировали в соответствии с их молекулярной массой и относительной подвижностью в сравнении HMW-GS сортов яровой мягкой пшеницы Chinese Spring, имеющего композицию высокомолекулярных глутенинов 1AxN/1Bx7+1By8/1Dx2+1Dy12, и Лада, имеющего композицию 1Ax1/1Bx7+1By9/1Dx5+1Dy10 [18]. Номенклатура HMW-GS приведена в соответствии с Payne и Lawrence [19]. Glu-score рассчитывали на основе системы, предложенной Payne [20].

Статистическая обработка данных. Расчет внутрипопуляционного разнообразия, или иначе среднего числа аллелей на locus ($\mu \pm S_{\mu}$), показателя сходства популяций (r) и критерия идентичности (I) производили по Л.А. Животовскому [21–23]. Степень генетического разнообразия (H) определяли по Nei [24].

Вычисления производили в программе MS Excel.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В рамках настоящих исследований с использованием метода SDS-PAGE (рис. 1) проведена идентификация HMW-GS у 105 образцов яровой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения. Результаты идентификации аллелей высокомолекулярных глутенинов изученных образцов яровой мягкой пшеницы, их происхождение и потенциал хлебопекарных качеств приведены в таблице 1.

В ходе исследований у изученных образцов яровой мягкой пшеницы был идентифицирован весь перечень наиболее ценных для хлебопечения аллелей: *Glu-A1a* (субъединица 1Ax1), *Glu-A1b* (1Ax2*), *Glu-B1b* (1Bx7+1By8), *Glu-B1f* (1Bx13+1By16), *Glu-B1i* (1Bx17+1By18) и *Glu-D1d* (1Dx5+1Dy10) [3]. В частности, аллели *Glu-A1a* и *Glu-A1b* идентифицированы у 37 и 73 изученных образцов пшеницы соответственно. Аллель *Glu-D1d* зафиксирован у 73 образцов. Однако лишь небольшое количество образцов несет ценные аллели локуса *Glu-B1*: аллель *Glu-B1b* несут 28 образцов,

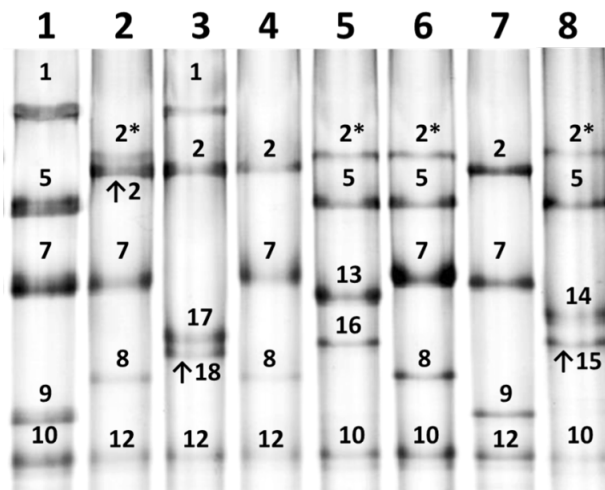


Рис. 1. SDS–PAGE высокомолекулярных субъединиц глютеинов образцов яровой мягкой пшеницы: 1. Лада (st. 1); 2. Агата; 3. Мексиканский образец № 70; 4. Chinese Spring (st. 2); 5. Мексиканский образец № 67; 6. Bluesky; 7. Степная 2; 8. Арабелла

Figure 1. SDS–PAGE of high molecular weight gluten subunits of spring common wheat accessions: 1. Lada (st. 1); 2. Aghata; 3. Mexican sample No. 70; 4. Chinese Spring (st. 2); 5. Mexican sample No. 67; 6. Bluesky; 7. Stepnaya 2; 8. Arabella

аллель *Glu-B1f* – 2 образца, *Glu-B1i* – 3 образца. Вместе с тем в генофонде изученных образцов яровой мягкой пшеницы идентифицированы и менее ценные аллели локусов *Glu-1*. Так, 6 образцов несут аллель *Glu-A1c* (нуль-аллель), 44 образца несут *Glu-D1a* (1Dx2+1Dy12). Кроме того, у части растений Мексиканского образца № 151 и сорта Полюшко идентифицирован аллель *Glu-Ba* (1Bx7), а у двух образцов – аллель *Glu-B1d* (1Bx6+1By8). Несмотря на то обстоятельство, что аллель *Glu-B1c* (1Bx7+1By9), по данным литературы, не является ценным, он обнаружен у наибольшего числа образцов, а именно у 76. Еще у трех образцов идентифицирован аллель *Glu-B1h* (1Bx14+1By15).

Общеизвестно, что пшеница является преимущественно самоопыляемым растением. Соответственно, как правило, все растения сорта пшеницы имеют один генотип и являются гомозиготами. Тем не менее 24 образца (22,9%) из числа изученных представлены двумя или более биотипами с преобладанием одного из них. Следует также отметить, что среди изученных растений встречались отдельные гетерозиготы. В частности, гетерозиготами только по локусам *Glu-A1*, *Glu-B1* или *Glu-D1* являлись отдельные растения сортов Ласка, BW90 и Дарья соответственно. Гетерозиготами сразу по двум локусам (*Glu-A1* и *Glu-B1*) были единичные растения сортов Павлоградка и СКЭНТ-3, а по локусам *Glu-A1* и *Glu-D1* – растения Мексиканского образца № 79. Вместе с тем характер генотипов растений гетерогенных образцов мягкой пшеницы позволяет сделать вывод о том, что подобные аномалии являются следствием отбора в ранних поколениях или редкого возможного перекрестного опыления, а не засорением.

На основе системы, предложенной Payne [20], был рассчитан также Glu-score – показатель, характеризующий с определенной долей условности потенциал хлебопекарных качеств на основе композиции высокомолекулярных глютеинов. Высшим Glu-score (10 баллов) обладают 15 образцов из числа изученных. Еще 41 образец имеют Glu-score в пределах от 9,0 до 9,9. У 16 образцов отмечен Glu-score

Таблица 1

**Образцы яровой мягкой пшеницы, их происхождение,
аллельный состав локусов высокомолекулярных глютеинов и Glu-score**

Table 1

**Origin of spring common wheat accessions, allelic composition
of high molecular weight glutenin loci and Glu-score**

№ п/п	Образец	Происхождение	Аллели локусов			Glu- score
			<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	
st. 1	Лада	Россия, Немчиновка	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	10
st. 2	Chinese Spring	Китай	<i>c</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	6
1	Мексиканский образец № 23	CIMMYT	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	10
2	Мексиканский образец № 35	CIMMYT	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	10
3	Мексиканский образец № 59	CIMMYT	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	10
4	Мексиканский образец № 65	CIMMYT	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	5
5	Мексиканский образец № 66	CIMMYT	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	10
6	Мексиканский образец № 67	CIMMYT	<i>b</i>	<i>f</i>	<i>d</i>	10
7	Мексиканский образец № 70	CIMMYT	<i>a</i>	<i>i</i>	<i>a</i>	8
8	Мексиканский образец № 79	CIMMYT	<i>b, a/b</i>	<i>b, i</i>	<i>a, a/d</i>	8,7
9	Мексиканский образец № 147	CIMMYT	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
10	Мексиканский образец № 150	CIMMYT	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
11	Мексиканский образец № 151	CIMMYT	<i>a, b</i>	<i>f, a</i>	<i>d</i>	9,3
12	Мексиканский образец № 152	CIMMYT	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
13	Мексиканский образец № 153	CIMMYT	<i>b</i>	<i>i</i>	<i>a</i>	8
14	Мексиканский образец № 178	CIMMYT	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
15	Мексиканский образец № 187	CIMMYT	<i>c</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	8
16	Мексиканский образец № 215	CIMMYT	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	7
17	Мексиканский образец № 217	CIMMYT	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9

№ п/п	Образец	Происхождение	Аллели локусов			Glu- score
			Glu- A1	Glu- B1	Glu- D1	
18	Мексиканский образец № 220	СИММУТ	a	c	a	7
19	Мексиканский образец № 221	СИММУТ	b, a	c	d, a	8,3
20	Мексиканский образец № 223	СИММУТ	b	c	a	7
21	Алтайская 99	Россия, Алтай	b	c	a	7
22	Алтайская 100	Россия, Алтай	b	c	d, a	9,3
23	Алтайская 110	Россия, Алтай	a	c	a	7
24	Алтайская 530	Россия, Алтай	c, b	c	a, d	7
25	Алтайская жница	Россия, Алтай	b	c	d	9
26	Тобольская	Россия, Алтай	b	b	d	10
27	ДальГАУ	Россия, Амурская обл.	a	c	d	9
28	Салават Юлаев	Россия, Башкортостан	b	b	d	10
29	Воронежская 16	Россия, Воронеж	b	c	d	9
30	Ирень	Россия, Екатеринбург	b	b	a, d	8,7
31	Надира	Россия, Казань	c, b	c	d	7,7
32	Дарница	Россия, Кемерово	b	c	d	9
33	Свеча	Россия, Киров	b	b, c	a	7,7
34	Мальцевская 110	Россия, Курган	c	c	d	7
35	Радуга	Россия, Курган	b	c	d, a	8,3
36	Гранова	Россия, Курск	a	c	a	7
37	Агата	Россия, Немчиновка	b	b	a	8
38	Злата	Россия, Немчиновка	b	b	d	10
39	Бэль	Россия, Новосибирск	b	c	d	9

№ п/п	Образец	Происхождение	Аллели локусов			Glu- score
			Glu- A1	Glu- B1	Glu- D1	
40	Новосибирская 29	Россия, Новосибирск	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
41	Обская 2	Россия, Новосибирск	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
42	Памяти Вавенкова	Россия, Новосибирск	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
43	Полюшко	Россия, Новосибирск	<i>b</i>	<i>c, a</i>	<i>a</i>	6,7
44	Сибирская 12	Россия, Новосибирск	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	10
45	Удача	Россия, Новосибирск	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>d, a</i>	9,3
46	Геракл	Россия, Омск, Курган	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	7
47	Катюша	Россия, Омск	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
48	Омская 35	Россия, Омск, Курган	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
49	Павлоградка	Россия, Омск	<i>b, a/b</i>	<i>c, c/b</i>	<i>d</i>	9,2
50	Памяти Азиева	Россия, Омск	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	7
51	Светланка	Россия, Омск	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
52	Сibaковская юбилейная	Россия, Омск, Челябинск	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
53	Памяти Коновалова	Россия, Москва (РГАУ–МСХА) и Орел	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
54	Учитель	Россия, Оренбург	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	7
55	Золушка	Россия	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	8
56	Иволга фиолетовая	Россия	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
57	Линия 57	Россия	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	10
58	Кинельская Отрада	Россия, Самара	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
59	Маргарита	Россия, Самара	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
60	Тулайковская 5	Россия, Самара	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	7
61	Тулайковская 108	Россия, Самара	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9

№ п/п	Образец	Происхождение	Аллели локусов			Glu- score
			Glu- A1	Glu- B1	Glu- D1	
62	Тулайковская золотистая	Россия, Самара	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	7
63	Симбирцит	Россия, Самара	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d, a</i>	8,3
64	Экада 45	Россия, Самара	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	10
65	Экада 70	Россия, Средняя Волга	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
66	Экада 109	Россия, Средняя Волга	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
67	Экада 113	Россия, Самара	<i>b</i>	<i>b, c</i>	<i>a</i>	7,7
68	Саратовская 50	Россия, Саратов	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	7
69	Саратовская 74	Россия, Саратов	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	7
70	Фаворит	Россия, Саратов	<i>b, a</i>	<i>c</i>	<i>a, d</i>	7,7
71	Дебют	Россия, Татарстан	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
72	Авиада	Россия, Тюмень	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
73	Тюменская 29	Россия, Тюмень	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	7
74	Дарья	Белоруссия	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>d, a/d</i>	8,7
75	Ласка	Белоруссия	<i>a, a/b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
76	Сударыня	Белоруссия	<i>a, b</i>	<i>c</i>	<i>d, a</i>	8,3
77	Актобе 39	Казахстан	<i>b</i>	<i>d</i>	<i>a</i>	6
78	СКЭНТ-3	Казахстан и Россия	<i>b, a/b</i>	<i>c, c/d</i>	<i>d</i>	8,8
79	Степная 2	Казахстан	<i>c</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	5
80	Степная 51	Казахстан	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d, a</i>	8,3
81	Степная 53	Казахстан	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	7
82	Степная 62	Казахстан	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	7
83	Степная 60	Казахстан	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	7
84	Гранни	Австрия	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	7

№ п/п	Образец	Происхождение	Аллели локусов			Glu- score
			<i>Glu- A1</i>	<i>Glu- B1</i>	<i>Glu- D1</i>	
85	Тризо	Германия	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
86	Бомбона	Польша	<i>b</i>	<i>h</i>	<i>d</i>	–
87	Арабелла	Польша	<i>a</i>	<i>c, h</i>	<i>d</i>	–
88	Мандарина	Польша	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	7
89	Кокса	Польша	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
90	Канюк	Франция	<i>a</i>	<i>h</i>	<i>d</i>	–
91	AC Barrie	Канада	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	10
92	Biggar	Канада	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	8
93	Bluesky	Канада	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	10
94	BW90	Канада	<i>b</i>	<i>b, b/c</i>	<i>d</i>	9,8
95	Glenlea	Канада	<i>b, a</i>	<i>b, c</i>	<i>d</i>	9,7
96	AC Karma	Канада	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>a</i>	7
97	Katepwa	Канада	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
98	Laura	Канада	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	10
99	Laval 19	Канада	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
100	Leader	Канада	<i>b</i>	<i>b</i>	<i>d</i>	10
101	CDC Merlin	Канада	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
102	Oslo	Канада	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	8
103	AC Taber	Канада	<i>a</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9
104	Wildcat	Канада	<i>b</i>	<i>b, c</i>	<i>d</i>	9,7
105	Prodax	США, Миннесота	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	9

Примечание. В случае идентификации нескольких аллелей превалярующий указан первым. Через дробь указаны гетерозиготы.

в интервале от 8,0 до 8,9. Также у 26 образцов Glu-score составил 7–7,9 балла. Мексиканский образец № 65 и Степная 2 характеризуются минимальным Glu-score, отмеченным в ходе данного исследования (5 баллов). Еще у трех образцов не удалось рассчитать Glu-score, поскольку аллель *Glu-B1h* (1Bx14+1By15) не отражен в системе Рауне, однако по отдельным данным он положительно влияет на такой параметр, как растяжимость теста [25]. Таким образом, в ходе исследований изучен материал, характеризующийся широким разнообразием потенциала хлебопекарных качеств, оцененных по Glu-score. Особенно следует отметить, что около $\frac{3}{4}$ образцов (72 образца) обладают потенциалом хороших и отличных хлебопекарных качеств (Glu-score 8 и более).

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что современные возделываемые сорта яровой мягкой пшеницы несут не более дюжины аллелей локусов *Glu-1*. Однако уже десятилетие назад было известно свыше 100 аллелей локусов HMW-GS (21 для *Glu-A1*, 69 для *Glu-B1* и 29 для *Glu-D1*) [26]. К тому же в ходе изучения местных сортов, мутантных форм и линий с интрогессиями из диких видов постоянно увеличивается охарактеризованное аллельное разнообразие локусов HMW-GS [7, 27–30], а современные методы исследований выводят изучение генов высокомолекулярных глютеинов на новый уровень [31, 32].

Вместе с тем для устойчивого развития селекции и сельского хозяйства в целом одной идентификации аллельного состояния генов у отдельных сортов недостаточно. Необходимо отслеживать также показатели генетического разнообразия культур в регионах возделывания для повышения устойчивости агроценозов к неблагоприятным факторам.

Для определения параметров генетического разнообразия изученных нами образцов яровой мягкой пшеницы по локусам высокомолекулярных глютеинов эти образцы были подразделены по географическому принципу на 4 группы: образцы CIMMYT, сорта селекционных учреждений Евразийского экономического союза (ЕАЭС, Россия, Белоруссия и Казахстан), сорта из Европы и сорта из Канады и США. Распределение у изученных образцов аллелей локусов *Glu-1* представлено в таблице 2.

Как следует из данных таблицы 2, аллели локусов *Glu-1* распределены неравномерно у образцов из разных географических групп, однако нельзя не отметить высокую долю аллеля *Glu-B1c* у всех групп и абсолютное доминирование аллеля *d* локуса *Glu-D1*.

Между тем подобное распределение находит возможное объяснение в связи с тем, как влияют аллели глютеин-кодирующих локусов на хлебопекарные качества. Ожидаемо аллель *Glu-A1c* (нуль-аллель) обнаружен только у небольшого числа образцов CIMMYT и ЕАЭС. Аллели локуса *Glu-A1 a* и *b*, связанные с высокими хлебопекарными качествами, идентифицированы во всех группах, причем у европейских сортов преобладает аллель *Glu-A1a*, а в остальных группах – аллель *Glu-A1b*.

Следует отметить, что среди изученных сортов во всех группах идентифицирован аллель *Glu-B1c*, не связанный с высокими хлебопекарными качествами, причем частота его встречаемости довольно высока. По всей видимости, наличие этого аллеля оказывает положительное влияние на продуктивность или способность противостоять биотическим или абиотическим стрессам.

Аллель *Glu-B1b* идентифицирован у всех групп образцов, кроме европейских. В свою очередь, у европейских сортов идентифицирован аллель *Glu-B1h*, отсутствующий у других групп. Наибольшее разнообразие по локусу *Glu-B1* наблюдается у образцов CIMMYT. У них дополнительно идентифицированы аллели *Glu-B1a*, *Glu-B1f*

Таблица 2

Частоты встречаемости аллелей локусов *Glu-1* у изученных образцов яровой мягкой пшеницы различного происхождения

Table 2

Allele frequencies of *Glu-1* loci in the studied spring common wheat accessions of various origins

Локус	Аллель	СИММЫТ	ЕАЭС	Европа	Канада и США	Общая
<i>Glu-A1</i>	a (1Ax1)	0,31	0,21	0,86	0,42	0,30
	b (1Ax2*)	0,59	0,74	0,14	0,58	0,65
	c (null)	0,10	0,05	–	–	0,05
<i>Glu-B1</i>	a (1Bx7)	0,02	0,01	–	–	0,01
	b (1Bx7+1By8)	0,28	0,18	–	0,54	0,24
	c (1Bx7+1By9)	0,50	0,79	0,67	0,45	0,68
	d (1Bx6+1By8)		0,02			0,01
	f (1Bx13+1By16)	0,08	–	–	–	0,02
	h (1Bx14+1By15)	–	–	0,33	–	0,02
	i (1Bx17+1By18)	0,12	–	–	–	0,02
<i>Glu-D1</i>	a (1Dx2+1Dy12)	0,36	0,40	0,29	0,20	0,36
	d (1Dx5+1Dy10)	0,64	0,60	0,71	0,80	0,64

Примечание. Полуужирным шрифтом выделены аллели, ассоциирующиеся с повышенными хлебопекарными качествами.

и *Glu-B1i*, причем два последних положительно влияют на качество сортов пшеницы, необходимое для хлебопечения.

Несмотря на имеющееся в генофонде мягкой пшеницы существенное разнообразие локуса *Glu-D1* [26], у изученных сортов идентифицированы только аллели *d* и *a*. Преобладание аллеля *d* объясняется тем, что, во-первых, он благоприятно влияет на хлебопекарные качества, во-вторых, коэффициент детерминации аллелей субгенома D в хлебопекарных качествах пшеницы, по данным Payne [20], составляет 23,6%. Для сравнения: у субгенома B этот коэффициент составляет 7,7%, а у субгенома A – 28,4%, что подтверждается высокими частотами ценных для хлебопечения аллелей *Glu-A1a* и *Glu-A1b*.

На основе частот встречаемости аллелей локусов, кодирующих HMW-GS (табл. 2), рассчитаны следующие показатели: генетическое разнообразие (*H*) [24] (табл. 3); внутрипопуляционное разнообразие (μ) [22, 23] (табл. 4); показатель сходства (*r*) и критерий идентичности (*I*) [21] (табл. 5, 6).

Генетическое разнообразие (*H*) внутри групп значительно варьируется у изученных образцов по локусам *Glu-A1* и *Glu-B1*, и в меньшей степени – по *Glu-D1* (табл. 3). Так, данный показатель в группе СИММЫТ по локусам *Glu-A1* и *Glu-B1* был

**Генетическое разнообразие по Nei (H) изученных образцов
яровой мягкой пшеницы**

Table 3

Nei's gene diversity (H) of the studied spring common wheat accessions

Группа образцов	Глютеининкодирующие локусы			Среднее
	<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>	
СИММУТ	0,54	0,65	0,46	0,55
ЕАЭС	0,41	0,34	0,48	0,41
Европа	0,25	0,44	0,41	0,37
Канада и США	0,49	0,50	0,32	0,44
ОБЩЕЕ	0,48	0,47	0,45	0,47

наибольшим и составлял 0,54 и 0,65 соответственно. Наименьшие показатели генетического разнообразия отмечены: у Европейских сортов по локусу *Glu-A1*–0,25; у сортов ЕАЭС по локусу *Glu-B1*–0,34; у сортов из Канады и США по локусу *Glu-D1*–0,32. По локусу *Glu-D1* различия оказались наименьшими, так как во всех группах были идентифицированы лишь два аллельных варианта, а именно *d* и *a*. Несмотря на варьирование показателя генетического разнообразия Нея, его значения, рассчитанные для всех изученных образцов, по отдельным локусам примерно одинаковы (0,45–0,48) и находятся на невысоком уровне, что свидетельствует, во-первых, о небольшом количестве идентифицированных аллелей, во-вторых, о превалировании одного из аллелей в каждом локусе.

Показатель внутрипопуляционного разнообразия (μ) для локуса *Glu-D1* (табл. 4) находится практически на одном уровне для всех групп изученных образцов. При этом по локусу *Glu-B1* значительно отличается группа СИММУТ, имеющая по данному показателю высокое значение ($3,99 \pm 0,18$). По локусу *Glu-A1* наблюдалось некоторое отличие групп, особенно группы СИММУТ с высоким показателем ($2,69 \pm 0,08$), и Европейской группы с низким показателем ($1,70 \pm 0,11$). Поскольку показатель внутрипопуляционного разнообразия (μ) характеризует среднее число аллелей, приходящихся на один локус, то можно с уверенностью утверждать, что селекционная работа над пшеницей привела к закреплению в возделываемых сортах в основном ценных аллелей, но также и привела к снижению разнообразия по локусам *Glu-1*.

Для оценки различий между группами изученных образцов яровой мягкой пшеницы различного происхождения был рассчитан коэффициент сходства (r) (табл. 5) и на его основе – критерий идентичности (I) (табл. 6).

Значения показателя r для всех географических групп были довольно высокими, что свидетельствует о сходстве изученных образцов яровой мягкой пшеницы как по аллельному составу локусов высокомолекулярных глютеинов, так и по частоте этих аллелей.

При попарном сравнении отдельных локусов следует подчеркнуть, что наибольшие межпопуляционные различия наблюдаются по локусу *Glu-B1*. Так, минимальным

Таблица 4

**Внутрипопуляционное разнообразие ($\mu \pm S\mu$) изученных образцов
яровой мягкой пшеницы**

Table 4

Intrapopulation diversity ($\mu \pm S\mu$) of the studied spring common wheat accessions

Группа образцов	Глютенинкодирующие локусы		
	<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>
СИММУТ	2,69 $\pm$ 0,08	3,99 $\pm$ 0,18	1,96 $\pm$ 0,03
ЕАЭС	2,39 $\pm$ 0,06	2,33 $\pm$ 0,10	1,98 $\pm$ 0,01
Европа	1,70 $\pm$ 0,11	1,94 $\pm$ 0,05	1,90 $\pm$ 0,06
Канада и США	1,99 $\pm$ 0,16	1,99 $\pm$ 0,31	1,80 $\pm$ 0,06
Общее	2,49 $\pm$ 0,05	3,71 $\pm$ 0,14	1,96 $\pm$ 0,01

Таблица 5

**Показатели сходства (r) групп изученных образцов яровой мягкой пшеницы
различного происхождения по локусам *Glu-1***

Table 5

**Similarity indices (r) of the studied spring common wheat accession groups
of various origins by *Glu-1* loci**

Сравниваемые группы изученных образцов		Глютенинкодирующие локусы		
		<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>
СИММУТ	ЕАЭС	0,99 $\pm$ 0,01	0,87 $\pm$ 0,02	1,00 $\pm$ 0,00
	Европа	0,81 $\pm$ 0,05	0,58 $\pm$ 0,05	0,99 $\pm$ 0,01
	Канада и США	0,95 $\pm$ 0,02	0,87 $\pm$ 0,03	0,98 $\pm$ 0,01
ЕАЭС	Европа	0,74 $\pm$ 0,03	0,72 $\pm$ 0,03	0,99 $\pm$ 0,01
	Канада и США	0,95 $\pm$ 0,02	0,92 $\pm$ 0,02	0,98 $\pm$ 0,01
Европа	Канада и США	0,89 $\pm$ 0,04	0,55 $\pm$ 0,05	0,99 $\pm$ 0,01

было сходство между европейскими образцами, сортами из Канады ($0,55 \pm 0,05$) и образцами СИММУТ ($0,58 \pm 0,05$). По всей видимости, такое отличие европейских образцов связано с наличием у некоторых из них аллеля *Glu-B1h*, не идентифицированного в других группах.

В меньшей степени различия наблюдались по локусу *Glu-A1* и практически не наблюдаются по локусу *Glu-D1*. Вероятно, это связано с небольшим числом идентифицированных аллелей этих локусов.

Критерий идентичности Животовского (*I*) групп изученных образцов яровой мягкой пшеницы различного происхождения по локусам *Glu-1*

Table 6

Zhivotovsky (*I*) identity criterion for studied spring common wheat accession groups of various origins at *Glu-1* loci

Сравниваемые группы изученных образцов		Глютеининкодирующие локусы		
		<i>Glu-A1</i>	<i>Glu-B1</i>	<i>Glu-D1</i>
СИММУТ	ЕАЭС	9,16 (5,99)	57,29 (11,07)	0,66 (3,84)
	Европа	42,36 (5,99)	53,34 (11,07)	0,75 (3,84)
	Канада и США	12,14 (5,99)	31,19 (9,49)	6,51 (3,84)
ЕАЭС	Европа	72,22 (5,99)	41,64 (9,49)	2,18 (3,84)
	Канада и США	21,33 (5,99)	45,07 (7,81)	14,08 (3,84)
Европа	Канада и США	25,46 (3,84)	52,57 (5,99)	1,15 (3,84)

Примечание. В скобках приведено табличное значение χ^2 для 5-процентного уровня значимости.

В полной мере оценить сходство различных групп образцов по локусам HMW-GS позволяет критерий идентичности (*I*) (табл. 6). Его расчет оказался необходимым, поскольку некоторые значения показателя *r* (табл. 5), особенно по локусу *Glu-D1*, значимо не отличаются от единицы.

Величина *I* распределена примерно как величина критерия χ^2 -Пирсона со степенями свободы на одну меньше, чем общее число аллелей в сравниваемых группах. Если значение *I*-критерия меньше значения критерия χ^2 с заданным уровнем значимости, то генотипический состав сравниваемых групп является идентичным; в противном случае между группами имеются достоверные различия [21].

Таким образом, исходя из данных таблицы 6, можно заключить, что по локусу *Glu-D1* группы исследуемых образцов являются сходными, а пары СИММУТ-ЕАЭС, СИММУТ-Европа, ЕАЭС-Европа и Европа-Канада/США достоверно идентичны. Подобные результаты связаны вероятнее всего с тем фактом, что аллель *Glu-D1d* является существенной детерминантой повышенных технологических качеств зерна пшеницы, поэтому его частота в пуле коммерческих сортов высока. Помимо этого, высокую идентичность имеют пары СИММУТ-ЕАЭС и СИММУТ-Канада/США по локусу *Glu-A1*, хотя и рассчитанное значение критерия *I* в этих парах не превышает критическое.

Невысокое генетическое разнообразие и высокое сходство групп изученных образцов по происхождению могут свидетельствовать как об использовании родственного генетического материала при гибридизации, так и об общности подходов к подбору родительских пар. Между тем необходимость создания новых высокопродуктивных сортов неизбежно приведет к увеличению частот ценных аллелей, а повышение доступности методов маркер-опосредованной селекции ускорит этот

процесс. Таким образом, необходимо искать новые источники повышения продуктивности и качества мягкой пшеницы. Современные генетические и биоинформатические подходы позволяют, даже не прибегая к отдаленной гибридизации, обнаруживать в генофонде пшеницы гены, некоторые аллели которых положительно влияют на технологические качества. Так, наиболее важным открытием с точки зрения хлебопекарных свойств зерна пшеницы явилось установление функции гена *wbm* (wheat bread making), обнаруженного при помощи транскриптомного анализа сортов с диаметрально противоположными хлебопекарными качествами в процессе созревания зерновки [33]. Кроме того, недавние исследования транскриптома развивающейся зерновки продемонстрировали экспрессию тысяч ранее не аннотированных генов [34]. Описание функций этих генов и поиск их ценных аллелей наверняка позволят в будущем добиться высоких результатов в селекции на хлебопекарные качества даже при условии невысокого генетического разнообразия по локусам запасных белков.

Выводы

Conclusions

В ходе исследований методом SDS-PAGE у изученных образцов яровой мягкой пшеницы идентифицировано 3 аллеля локуса *Glu-A1*, 7 аллелей локуса *Glu-B1* и 2 аллеля локуса *Glu-D1*. В числе идентифицированных аллелей выделен полный перечень аллелей, детерминирующих высокие хлебопекарные качества. На основе аллельного состояния локусов *Glu-1* дана оценка потенциала хлебопекарных качеств изученных образцов. Отмечено, что подавляющее большинство изученных образцов (72 образца) обладает Glu-score 8 и выше, что свидетельствует об их высоком хлебопекарном потенциале.

Средний уровень генетического разнообразия по Nei (*H*) составил 0,47, что говорит о невысоком генетическом разнообразии по локусам, кодирующим HMW-GS у изученных образцов. Наибольшим внутрипопуляционным разнообразием характеризуется локус *Glu-B1* (в среднем $3,71 \pm 0,14$ аллеля на локус), наименьшим – *Glu-D1* (в среднем $1,96 \pm 0,01$). Наибольшее сходство по трем изученным локусам отмечено между группами изученных образцов по географическому происхождению: CIMMYT-EAЭС, CIMMYT-Канада/США, а также EAЭС-Канада/США. По характеру распределения частот идентифицированных аллелей локуса *Glu-D1* указанные выше пары групп образцов достоверно на 5%-ном уровне значимости являются идентичными.

Список источников

1. Shewry P.R., Lafandra D. Wheat glutenin polymers 1. Structure, assembly and properties. *Journal of Cereal Science*. 2022;106:103486. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103486>
2. Lafandra D., Shewry P.R. Wheat Glutenin polymers 2. The role of wheat glutenin subunits in polymer formation and dough quality. *Journal of Cereal Science*. 2022;106:103487. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103487>
3. Lukow O.M. The HMW glutenin subunit composition of Canadian wheat cultivars and their association with bread-making quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1989;46(4):451-460. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740460407>
4. Branlard G. Genetic diversity of wheat storage proteins and breadwheat quality. *Euphytica*. 2001;119:59-67. <https://doi.org/10.1023/A:1017586220359>

5. Knezevic D., Novoselskaya-Dragovich A.Y., Kudryavtsev A.M., Paunovic A. et al. Protein quality of bread wheat. *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences*, JAFES. 2022;76(6):1-10
6. Утебаев М.У., Боме Н.А., Земцова Е.С., Крадецкая О.О. и др. Разнообразие высокомолекулярных субъединиц глютеина и оценка генетического сходства яровой мягкой пшеницы, созданной в различных селекционных учреждениях // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2021. Т. 182, № 1. С. 99–109. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-1-99-109>
7. Du X., Hu J., Ma X., He J. et al. Molecular characterization and marker development for high molecular weight glutenin subunit 1Dy12** from Yunnan hulled wheat. *Mol. Breed.* 2019;39:4. <https://doi.org/10.1007/s11032-018-0910-2>
8. Peng Y., Yu K., Zhang Y., Islam S. et al. Two novel y-type high molecular weight glutenin genes in Chinese wheat landraces of the Yangtze-River region. *PLoS One*. 2015;10(11): e0142348. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142348>
9. Branlard G., Dardevet M., Amiour N., Igrejas G. Allelic diversity of HMW and LMW glutenin subunits and omega-gliadins in French bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2003;50(7):669-679. <https://doi.org/10.1023/A:1025077005401>
10. Nucia A., Okon S., Tomczynska-Mleko M. Characterization of HMW glutenin subunits in European spring common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2019;66:579-588. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2012.01961.x>
11. Ravel C., Faye A., Ben-Sadoun S., Ranoux M. et al. SNP markers for early identification of high molecular weight glutenin subunits (HMW-GSs) in bread wheat. *Theor. Appl. Genet.* 2020;133:751-770. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03505-y>
12. Utebayev M., Dashkevich S., Kunanbayev K., Bome N. et al. Genetic polymorphism of glutenin subunits with high molecular weight and their role in grain and dough qualities of spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.) from Northern Kazakhstan. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2019;41:1-11. <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2862-5>
13. Galimova A.A., Kuluev A.R., Ismagilov K.R., Kuluev B.R. Genetic polymorphism of high-molecular-weight glutenin subunit loci in bread wheat varieties in the Pre-Ural steppe zone. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2023;27(4):297. <https://doi.org/10.18699/VJGB-23-36>
14. Jia S.H.I., Zhong W.A.N.G., Jianfeng L.I. Study on the Distribution of HMW-GS in New Breeding (Lines) of Xinjiang Spring Wheat. *Xinjiang Agricultural Sciences*. 2022;59(6):1330. <https://doi.org/10.6048/j.issn.1001-4330.2022.06.004>
15. Sonmez M.E., Guleç T., Demir B., Bayraç C. et al. Molecular screening of the landraces from Turkey and modern bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars for HMW-GS, *wbm*, *waxy* genes and *Lr34* gene. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2023;70(3):775-788. <https://doi.org/10.1007/s10722-022-01460-0>
16. Мартынов С.П., Добротворская Т.В., Пухальский В.А. Динамика генетического разнообразия сортов озимой мягкой пшеницы (*Triticum aestivum* L.), районированных на территории России в 1929-2005 гг. // *Генетика*. 2006. Т. 42, № 10. С. 1359-1370
17. Singh N., Shepherd K., Cornish G. A simplified SDS-PAGE procedure for separating LMW subunits of glutenin. *J. Cereal Sci.* 1991;14:203-208. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(09\)80039-8](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(09)80039-8)

18. Груздев И.В., Москалев Е.А., Соловьев А.А., Киров И.В. Популяционно-генетический анализ локусов высокомолекулярных глютеинов яровой тритикале // *Тритикале. Селекция, агротехника и технология использования зерна и кормов: Материалы Международной научно-практической конференции к 85-летию со дня рождения Грабовца Анатолия Ивановича и 120-летию Северо-Донецкой сельскохозяйственной опытной станции*. Ростов-на-Дону: ООО Издательство «Юг», 2024. С. 61–72. <https://doi.org/10.69535/FRARC.2024.16.31.008>
19. Payne P.I., Lawrence G.J. Catalogue of alleles for the complex gene loci, *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1* which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Res. Commun.* 1983;11:29-35
20. Payne P.I., Nightingale M.A., Krattiger A.F., Holt L.M. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. *J. Sci. Food Agric.* 1987;40:51-65
21. Животовский Л.А. Показатель сходства популяций по полиморфным признакам // *Журнал общей биологии*. 1979. Т. 40, № 4. С. 587-602
22. Животовский Л.А. Показатель внутрипопуляционного разнообразия // *Журнал общей биологии*. 1980. Т. 41, № 6. С. 828-836
23. Животовский Л.А. *Популяционная биометрия*. М.: Наука, 1991. 271 с.
24. Nei M. Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1973;70(12):3321-3323. <https://doi.org/10.1073/pnas.70.12.3321>
25. Li Y., An X., Yang R., Guo X. et al. Dissecting and enhancing the contributions of high-molecular-weight glutenin subunits to dough functionality and bread quality. *Molecular Plant*. 2015;8(2):332-334. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2014.10.002>
26. McIntosh R., Hart G., Gale M. Catalogue of gene symbols for wheat (supplement). *Ann. Wheat Genet. News*. 2013;40:362-375. <https://doi.org/10.1111/j.1365-313X.2013.05583.x>
27. Jiang Q.T., Ma J., Wei Y.M., Liu Y.X. et al. Novel variants of HMW glutenin subunits from *Aegilops* section *Sitopsis* species in relation to evolution and wheat breeding. *BMC Plant Biol.* 2012;12:73. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-12-73>
28. Liu S., Zhao S., Chen F., Xia G. Generation of novel high quality HMW-GS genes in two introgression lines of *Triticum aestivum*. *Agropyron. BMC Evol. Biol.* 2007;7:76. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-7-76>
29. Lombardo L.A., Nisi M.M., Salines N., Ghione C.E. Identification of novel high molecular weight glutenin subunit mutants in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cytogenet. Cell Genet.* 2017;51(4):305-314. <https://doi.org/10.3103/S0095452717040028>
30. McIntosh R.A., Dubcovsky J., Rogers W.J., Morris C. Catalogue of gene symbols for wheat: 2022 supplement. *Annual Wheat Newsletter*. 2022;68:68-81
31. Галимова А.А., Кулуев Б.Р. Идентификация новых нуклеотидных последовательностей гена Glu-B1-1, кодирующего глютеины х-типа у мягкой пшеницы // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2023. Т. 27, № 5. С. 433–439. <https://doi.org/10.18699/VJGB-23-52>
32. Polkhovskaya E., Gruzdev I., Moskaev E., Merkulov P. et al. Nanopore Amplicon Sequencing Allows Rapid Identification of Glutenin Allelic Variants in a Wheat Collection. *Agronomy*. 2024;14(1):13. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010013>

33. Furtado A., Bundock P.C., Banks P.M., Fox G. et al. A novel highly differentially expressed gene in wheat endosperm associated with bread quality. *Scientific reports*. 2015;5(1):10446. <https://doi.org/10.1038/srep10446>

34. Polkhovskaya E., Bolotina A., Merkulov P., Dudnikov M. et al. Long-read cDNA sequencing revealed novel expressed genes and dynamic transcriptome landscape of triticale (x *Triticosecale* Wittmack) seed at different developing stages. *Agronomy*. 2023;13(2):292. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020292>

References

1. Shewry P.R., Lafandra D. Wheat glutenin polymers 1. Structure, assembly and properties. *Journal of Cereal Science*. 2022;106:103486. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103486>

2. Lafandra D., Shewry P.R. Wheat Glutenin polymers 2. The role of wheat glutenin subunits in polymer formation and dough quality. *Journal of Cereal Science*. 2022;106:103487. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2022.103487>

3. Lukow O.M. The HMW glutenin subunit composition of Canadian wheat cultivars and their association with bread-making quality. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1989;46(4):451-460. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740460407>

4. Branlard G. Genetic diversity of wheat storage proteins and breadwheat quality. *Euphytica*. 2001;119:59-67. <https://doi.org/10.1023/A:1017586220359>

5. Knezevic D., Novoselskaya-Dragovich A.Y., Kudryavtsev A.M., Paunovic A., et al. Protein quality of bread wheat. *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences, JAFES*. 2022;76(6):1-10.

6. Utebayev M.U., Bome N.A., Zemtsova E.C., Kradetskaya O.O. et al. Diversity of high-molecular-weight glutenin subunits and evaluation of genetic similarities in spring bread wheats from different breeding centers. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2021;182(1):99-109. (In Russ.) <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-1-99-109>

7. Du X., Hu J., Ma X., He J. et al. Molecular characterization and marker development for high molecular weight glutenin subunit 1Dy12** from Yunnan hulled wheat. *Mol. Breed*. 2019;39:4. <https://doi.org/10.1007/s11032-018-0910-2>

8. Peng Y., Yu K., Zhang Y., Islam S. et al. Two novel y-type high molecular weight glutenin genes in Chinese wheat landraces of the Yangtze-River region. *PLoS One*. 2015;10(11): e0142348. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0142348>

9. Branlard G., Dardevet M., Amiour N., Igrejas G. Allelic diversity of HMW and LMW glutenin subunits and omega-gliadins in French bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2003;50(7):669-679. <https://doi.org/10.1023/A:1025077005401>

10. Nucia A., Okon S., Tomczynska-Mleko M. Characterization of HMW glutenin subunits in European spring common wheat (*Triticum aestivum* L.). *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2019;66:579-588. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0523.2012.01961.x>

11. Ravel C., Faye A., Ben-Sadoun S., Ranoux M. et al. SNP markers for early identification of high molecular weight glutenin subunits (HMW-GSs) in bread wheat. *Theor. Appl. Genet*. 2020;133:751-770. <https://doi.org/10.1007/s00122-019-03505-y>

12. Utebayev M., Dashkevich S., Kunanbayev K., Bome N. et al. Genetic polymorphism of glutenin subunits with high molecular weight and their role in grain and dough qualities of spring bread wheat (*Triticum*

- aestivum* L.) from Northern Kazakhstan. *Acta Physiologiae Plantarum*. 2019;41:1-11. <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2862-5>
13. Galimova A.A., Kuluev A.R., Ismagilov K.R., Kuluev B.R. Genetic polymorphism of high-molecular-weight glutenin subunit loci in bread wheat varieties in the Pre-Ural steppe zone. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2023;27(4):297. <https://doi.org/10.1007/s11738-019-2862-5>
 14. Jia S.H.I., Zhong W.A.N.G., Jianfeng L.I. Study on the Distribution of HMW-GS in New Breeding (Lines) of Xinjiang Spring Wheat. *Xinjiang Agricultural Sciences*. 2022;59(6):1330. <https://doi.org/10.6048/j.issn.1001-4330.2022.06.004>
 15. Sonmez M.E., Guleç T., Demir B., Bayraç C. et al. Molecular screening of the landraces from Turkey and modern bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars for HMW-GS, *wbm*, *waxy* genes and *Lr34* gene. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2023;70(3):775-788. <https://doi.org/10.1007/s10722-022-01460-0>
 16. Martynov S.P., Dobrotvorskaya T.V., Pukhalskiy V.A. Dynamics of genetic diversity in winter common wheat *Triticum aestivum* L. cultivars released in Russia from 1929 to 2005. *Genetika*. 2006;4(10):1359-1370. (In Russ.)
 17. Singh N., Shepherd K., Cornish G. A simplified SDS-PAGE procedure for separating LMW subunits of glutenin. *J. Cereal Sci.* 1991;14:203-208. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(09\)80039-8](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(09)80039-8)
 18. Gruzdev I.V., Moskalev E.A., Soloviev A.A., Kirov I.V. Population-genetic analysis of high-molecular glutenin loci of spring triticale. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya 'Tritikale. Seleksiya, agrotekhnika i tekhnologiya ispolzovaniya zerna i kormov'. K 85-letiyu so dnya rozhdeniya Grabovtza Anatoliya Ivanovicha i 120-letiyu Severo-Donetskoy selskokhozyaystvennoy opytной stantsii. June 7-8, 2022. Rostov-on-Don, Russia: OOO "Izdatelstvo "Yug", 2024:61-72. (In Russ.)* <https://doi.org/10.69535/FRARC.2024.16.31.008>
 19. Payne P.I., Lawrence G.J. Catalogue of alleles for the complex gene loci, *Glu-A1*, *Glu-B1*, *Glu-D1* which code for high-molecular-weight subunits of glutenin in hexaploid wheat. *Cereal Res. Commun.* 1983;11:29-35.
 20. Payne P.I., Nightingale M.A., Krattiger A.F., Holt L.M. The relationship between HMW glutenin subunit composition and the bread-making quality of British-grown wheat varieties. *J. Sci. Food Agric.* 1987;40:51-65.
 21. Zhivotovskiy L.A. Indicator of population similarity by polymorphic traits. *Journal of General Biology*. 1979;40(4):587-602. (In Russ.)
 22. Zhivotovskiy L.A. Indicator of intrapopulation diversity. *Journal of General Biology*. 1980;41(6):828-836. (In Russ.)
 23. Zhivotovsky L.A. *Population biometrics*. Moscow, Russia: Nauka, 1991:271. (In Russ.)
 24. Nei M. Analysis of gene diversity in subdivided populations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 1973;70(12):3321-3323. <https://doi.org/10.1073/pnas.70.12.3321>
 25. Li Y., An X., Yang R., Guo X. et al. Dissecting and enhancing the contributions of high-molecular-weight glutenin subunits to dough functionality and bread quality. *Molecular Plant*. 2015;8(2):332-334. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2014.10.002>
 26. McIntosh R., Hart G., Gale M. Catalogue of gene symbols for wheat (supplement). *Ann. Wheat Genet. News*. 2013;40:362-375. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3113X.2013.05583.x>
 27. Jiang Q.T., Ma J., Wei Y.M., Liu Y.X. et al. Novel variants of HMW glutenin subunits from *Aegilops* section *Sitopsis* species in relation to evolution and wheat breeding. *BMC Plant Biol*. 2012;12:73. <https://doi.org/10.1186/1471-2229-12-73>

28. Liu S., Zhao S., Chen F., Xia G. Generation of novel high quality HMW-GS genes in two introgression lines of *Triticum aestivum*. *Agropyron. BMC Evol. Biol.* 2007;7:76. <https://doi.org/10.1186/1471-2148-7-76>
29. Lombardo L.A., Nisi M.M., Salines N., Ghione C.E. Identification of novel high molecular weight glutenin subunit mutants in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Cytogenet. Cell Genet.* 2017;51(4):305-314. <https://doi.org/10.3103/S0095452717040028>
30. McIntosh R.A., Dubcovsky J., Rogers W.J., Morris C. Catalogue of gene symbols for wheat: 2022 supplement. *Annual Wheat Newsletter.* 2022;68:68-81.
31. Galimova A.A., Kuluev B.R. Identification of new nucleotide sequences of the Glu-B1-1 gene encoding x-type glutenins in bread wheat. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding.* 2023;27(5):433-439. (In Russ.) <https://doi.org/10.18699/VJGB-23-52>
32. Polkhovskaya E., Gruzdev I., Moskalev E., Merkulov P. et al. Nanopore Amplicon Sequencing Allows Rapid Identification of Glutenin Allelic Variants in a Wheat Collection. *Agronomy.* 2024;14(1):13. <https://doi.org/10.3390/agronomy14010013>
33. Furtado A., Bundock P.C., Banks P.M., Fox G. et al. A novel highly differentially expressed gene in wheat endosperm associated with bread quality. *Scientific Reports.* 2015;5(1):10446. <https://doi.org/10.1038/srep10446>
34. Polkhovskaya E., Bolotina A., Merkulov P., Dudnikov M. et al. Long-read cDNA sequencing revealed novel expressed genes and dynamic transcriptome landscape of triticale (x *Triticosecale* Wittmack) seed at different developing stages. *Agronomy.* 2023;13(2):292. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020292>

Сведения об авторах

Иван Викторович Груздев, канд. биол. наук, научный сотрудник лаборатории маркерной и геномной селекции растений, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 42; исследователь лаборатории системной геномики и мобиломики растений, ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (Национальный исследовательский университет)»; 117303, Российская Федерация, г. Москва, ул. Керченская, 1А, к. 1; e-mail: gruzdev82mtz@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2837-8163>

Евгений Александрович Москалев, аспирант, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 42; исследователь лаборатории системной геномики и мобиломики растений, ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (Национальный исследовательский университет)»; 117303, Российская Федерация, г. Москва, ул. Керченская, 1А, к. 1; e-mail: badsaxson@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0001-8759-1418>

Екатерина Сергеевна Полховская, канд. биол. наук, младший научный сотрудник лаборатории маркерной и геномной селекции растений, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 42; исследователь лаборатории системной геномики и мобиломики растений ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт»; 117303, Российская Федерация, г. Москва, ул. Керченская, 1А, к. 1; e-mail: eynzeynkreyn@gmail.com

Илья Владимирович Киров, д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории маркерной и геномной селекции растений, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии»;

127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 42; ведущий научный сотрудник лаборатории системной геномики и мобиломики растений, ФГАОУ ВО «Московский физико-технический институт (Национальный исследовательский университет)»; 117303, Российская Федерация, г. Москва, ул. Керченская, 1А, к. 1; e-mail: kirovez@gmail.com

Information about the authors

Ivan V. Gruzdev, CSc (Bio), Research Associate at the Laboratory of Marker-Assisted and Genomic Selection of Plants, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology; 42 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; Research Associate at the Laboratory of Plant Systems Genomics and Mobilomics, Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University); 1A Kerchenskaya St., Moscow, 117303, Russian Federation; e-mail: gruzdev82mtz@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-2837-8163>

Evgeniy A. Moskalev, postgraduate student, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology; 42 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; Research Associate at the Laboratory of Plant Systems Genomics and Mobilomics, Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University); 1A Kerchenskaya St., Moscow, 117303, Russian Federation; e-mail: badsaxson@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0001-8759-1418>

Ekaterina S. Polkhovskaya, CSc (Bio), Junior Research Associate at the Laboratory of Marker-Assisted and Genomic Selection of Plants, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology; 42 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; Research Associate at the Laboratory of Plant Systems Genomics and Mobilomics, Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University); 1A Kerchenskaya St., Moscow, 117303, Russian Federation; e-mail: eynzeynkreyn@gmail.com

Ilya V Kirov, DSc (Bio), Leading Research Associate at the Laboratory of Marker-Assisted and Genomic Selection of Plants, All-Russia Research Institute of Agricultural Biotechnology; 42 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; Leading Research Associate at the Laboratory of Plant Systems Genomics and Mobilomics, Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University); 1A Kerchenskaya St., Moscow, 117303, Russian Federation; e-mail: kirovez@gmail.com

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

**Молекулярно-генетический анализ генотипов картофеля
на фитофтороустойчивость**

Нино Нодаровна Догузова, Ирина Олеговна Газданова✉

Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр
Российской академии наук», Владикавказ, Россия

✉ **Автор, ответственный за переписку:** gazdanovaira2020@gmail.com

Аннотация

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур и их адаптация к изменяющимся условиям произрастания являются одними из нескольких средств обеспечения продовольственной безопасности. Картофель является наиболее важной культурой в рационе питания человека и выращивается на всех континентах. Селекционеры призваны сыграть важную роль в обеспечении устойчивого производства картофеля путем выведения новых устойчивых сортов и с повышенной урожайностью с 1 га. Начиная с 1990-х гг. генетика стала играть все более важную роль в селекции растений благодаря внедрению ДНК-маркеров в качестве косвенных вспомогательных средств отбора или для изучения генетического разнообразия. Сегодня основанные на геномике методы селекции растений – такие, как маркерная селекция (MAS) и геномная селекция (GS), ускоряют селекционный процесс многих важнейших культур. Цель работы заключалась в выявлении генов, определяющих резистентность к фитофторозу 30 перспективных картофельных гибридов с использованием ДНК-маркеров. Лабораторный анализ на устойчивость к фитофторозу проведен в лаборатории молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных растений Владикавказского научного центра Российской академии наук. Предварительно селекционный материал был оценен в полевых условиях в соответствии с рекомендациями по селекционному процессу для картофеля. Геномную ДНК выделяли из листьев картофеля в период цветения по СТАВ-методу. По результатам молекулярно-генетического анализа было установлено наличие трех маркеров: R1-1250, R3a-1380 и R3b-378, которые были идентифицированы в 5 различных гибридах картофеля: 3375-1 (Тирас и Бриз), 3403-2 (Аризоны и Фрителлы), 3341-2 (Инноватор и Мираж), 3352-1 (Колетте и Мираж) и 3352-4 (Колетте и Мираж). Наличие всех трех генов указывает на высокую степень устойчивости к фитофторозу. Таким образом, выделение генотипов картофеля с применением молекулярных маркеров позволяет ускорить селекционный процесс при выведении новых устойчивых сортов картофеля.

Ключевые слова

картофель, генотип, болезнь, *Phytophthora infestans*, устойчивость, ДНК-маркеры

Для цитирования

Догузова Н.Н., Газданова И.О. Молекулярно-генетический анализ генотипов картофеля на фитофтороустойчивость // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 3. С. 69–81.

Molecular genetic analysis of potato genotypes for late blight resistance

Nino N. Doguzova, Irina O. Gazdanova✉

Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences,
Vladikavkaz, Russia

✉Corresponding author: gazdanovaira2020@gmail.com

Abstract

Increasing crop yields and enhancing their adaptation to changing growing conditions are among the key strategies for ensuring food security. Potato is one of the most important food crops worldwide and is cultivated on all continents. Plant breeders play a crucial role in ensuring sustainable potato production by developing new resistant varieties with increased yield per hectare. Since the 1990s, genetics has played an increasingly important role in plant breeding through the introduction of DNA markers as indirect selection tools and for the assessment of genetic diversity. Today, genomics-based plant breeding approaches, such as marker-assisted selection (MAS) and genomic selection (GS), accelerate the breeding process for many major crops. The aim of this study was to identify genes conferring late blight resistance in 30 promising potato hybrids using DNA markers. Laboratory analyses for late blight resistance were conducted at the Laboratory of Molecular Genetic Research of Agricultural Plants at the Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. The breeding material was preliminarily evaluated under field conditions in accordance with the recommendations for potato breeding programs. Genomic DNA was extracted from potato leaves during the flowering period using the CTAB method. For molecular genetic analysis of late blight resistance, the following R-gene molecular markers were used: R1-1250, R3a-1380, and R3b-378. The molecular genetic analysis revealed the presence of all three markers R1-1250, R3a-1380, and R3b-378. They were identified in five different potato hybrids. These hybrids included: 3375-1 (Tiras × Breeze), 3403-2 (Arizona × Fritella), 3341-2 (Innovator × Mirage), 3352-1 (Kolette × Mirage), and 3352-4 (Kolette × Mirage). The presence of all three genes indicates a high degree of late blight resistance. Thus, the identification of potato genotypes using molecular markers facilitates the acceleration of the breeding process for developing new resistant potato varieties.

Keywords

potato, genotype, disease, *Phytophthora infestans*, resistance, DNA markers

For citation

Doguzova N.N., Gazdanova I.O. Molecular genetic analysis of potato genotypes for late blight resistance. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(3):69–81.

Введение Introduction

Фитофтороз представляет собой одну из серьезных угроз для картофелеводства на глобальном уровне. Это заболевание вызывается патогеном *Phytophthora infestans*, который способен не только значительно снизить урожайность картофеля, но и полностью уничтожить его в регионах с умеренным климатом. Экономические потери от этой болезни колоссальны и исчисляются миллиардами долларов ежегодно [1, 2]. Это создает серьезные проблемы для сельского хозяйства, так как рост цен

на картофель может привести к ухудшению продовольственной безопасности в странах, где этот продукт является основным. *Phytophthora infestans* отличается от других видов рода *Phytophthora* тем, что это патоген листостебельного аппарата, который производит большое количество спорангиев [3–5]. Эти спорангии могут переноситься по воздуху, особенно в условиях высокой влажности и низкой температуры, что способствует их распространению [6]. Инкубационный период после заражения составляет всего 4–5 дней. При благоприятных условиях для патогена надземная часть картофельного растения может полностью погибнуть всего за 1–2 недели. Без применения химических средств защиты растений добиться хорошего урожая практически невозможно [7–11]. Согласно стандарту, ГОСТ 7176–85, картофель, предназначенный для пищевого употребления, не должен содержать клубней, пораженных фитофторозом. Исключение возможно только в случаях, когда это согласовано с торговыми организациями, и даже в этом случае уровень пораженности не должен превышать 2%. Несмотря на необходимость защиты растений от фитофторы, чрезмерное использование химических фунгицидов может привести к негативным последствиям, что включает в себя ухудшение качества самого картофеля, а также потенциальные риски для здоровья потребителей, которые могут возникнуть ввиду остатков химических веществ на урожае [12].

Для борьбы с этой болезнью у картофеля выработались два основных типа устойчивости: сверхчувствительность и полевая устойчивость. Эти типы устойчивости имеют разные механизмы действия и уровни защиты. Полевая устойчивость, также известная как горизонтальная, или неспецифическая, является полигенной. Это означает, что она контролируется множеством генов, которые действуют в совокупности. Эти гены обеспечивают аддитивный эффект, что позволяет картофелю сохранять устойчивость к различным расам возбудителя фитофтороза на протяжении длительного времени. Полевая устойчивость обеспечивает защиту независимо от того, с какой расой патогена сталкивается растение, что делает ее более универсальной и надежной. С другой стороны, сверхчувствительность, является результатом активации доминантных генов устойчивости, известных как R-гены. Эти гены реагируют на специфические продукты генов авирулентности, которые присутствуют у патогена. В результате такого взаимодействия возникает полная невосприимчивость картофеля к определенным группам рас фитофтороза. Этот механизм взаимодействия между генами растения и патогена имеет специфический характер, и именно поэтому его называют специфической устойчивостью. Например, ген *R1* обеспечивает защиту картофеля от всех рас фитофторы, кроме тех, которые имеют в своем обозначении цифру 1. Это означает, что если раса патогена обозначена как 1, 1.2, 1.3, 1.4 или 1.2.3.4, то сорт картофеля с геном *R1* будет уязвим к данным расам. В то же время ген *R3* обеспечивает защиту от рас 1, 1.3, 1.4 и других, что также подчеркивает важность правильного выбора сортов картофеля в зависимости от присутствующих рас фитофторы в конкретной местности [13].

Таким образом, сорта картофеля, обладающие определенными R-генами или их комбинациями, могут оставаться непораженными фитофторозом до тех пор, пока не возникнут новые расы патогена, которые смогут преодолеть эту защиту. Это подчеркивает важность постоянного мониторинга и исследования новых рас фитофторы, а также необходимость селекции сортов картофеля с высокой устойчивостью для обеспечения стабильных урожаев и снижения потерь от болезни.

Одним из перспективных подходов к решению проблемы повышения устойчивости картофеля к фитофторозу является применение методов молекулярного маркирования. Эти методы позволяют выделять селекционно-ценные гены – в частности, доминантные гены, ответственные за устойчивость к болезням и вредителям.

Разработка молекулярных маркеров для быстрой и точной идентификации устойчивых генотипов картофеля может значительно упростить процесс выявления зараженных растений. Важно помнить, что использование молекулярных маркеров и генетически модифицированных организмов требует строгого соблюдения правил биологической безопасности. Необходимо учитывать потенциальные риски, связанные с внедрением новых технологий в сельское хозяйство. Обширные исследования в области картофелеводства уже выявили наличие доминантных генов, которые могут обеспечить устойчивость растений к фитофторозу. Эти достижения открывают новые горизонты для селекции и позволяют надеяться на создание более устойчивых сортов картофеля, которые смогут противостоять этому опасному патогену.

Таким образом, фитофтороз представляет собой серьезную угрозу для картофелеводства, и борьба с ней требует комплексного подхода, включающего в себя как традиционные методы защиты растений, так и современные молекулярные технологии. Важно продолжать исследования в этой области, чтобы разработать эффективные стратегии, которые помогут минимизировать ущерб от фитофтороза и обеспечить стабильное производство картофеля в будущем [14, 15].

Цель исследований: выявление генов, определяющих устойчивость к фитофторозу, у 30 перспективных картофельных гибридов с использованием ДНК-маркеров.

Методика исследований

Research method

В рамках исследований, проведенных в 2024 г., использовались гибриды картофеля, которые были получены в селекционном питомнике Владикавказского научного центра Российской академии наук. Работа была осуществлена в лаборатории, специализирующейся на молекулярно-генетических исследованиях сельскохозяйственных растений. Выделение растительной ДНК из образцов картофеля является важным этапом для дальнейшего анализа генетического материала. Для выделения ДНК мы использовали листья картофеля, которые были отобраны в период вегетации растений. Этот выбор был обусловлен тем, что именно в этот период листья содержат наибольшее количество генетического материала, необходимого для проведения дальнейших анализов. Геномную ДНК выделяли с использованием классического СТАВ-метода [16]. После этого происходила гомогенизация, которая обеспечивала равномерное распределение клеточных компонентов, и инкубация в том же буфере, что способствовало разрушению клеточных стенок и освобождению ДНК. На следующем этапе мы осуществили очистку полученной смеси с использованием хлороформа, что позволило отделить ДНК от других клеточных компонентов. После этого проводилось осаждение ДНК с помощью смеси изопропанола и 0,5 М ацетата калия, что также способствовало получению чистого образца. В завершение выделенную ДНК растворяли в деионизированной воде, что обеспечивало ее стабильность, и помещали на хранение в морозильную камеру при температуре -20°C , чтобы предотвратить деградацию. Для амплификации выделенной ДНК использовали термоциклер Mini-Amp Plus (MJ Research, США). Стандартная реакционная смесь для проведения ПЦР имела объем 25 мкл и состояла из ключевых компонентов. В ее состав входили также 10X буфер для Taq ДНК-полимеразы (производство ООО «Синтол»), 2,5 мМ смесь дезоксирибонуклеотидов (dNTP) от компании Диаэм, водный раствор хлорида магния 2,5 мМ, который был предоставлен компанией Fermentas. Каждый из праймеров добавлялся в количестве 5 пкмоль – также от компании ООО «Синтол». Кроме того, в реакционную смесь добавляли 0,2 ед. Taq ДНК-полимеразы и 20 нг пробы ДНК,

а также 15 мкл автоклавированной бидистиллированной воды, что обеспечивало необходимую среду для реакции

Условия проведения полимеразной цепной реакции (ПЦР) соответствовали рекомендациям разработчиков праймеров, что указано в таблице 1 [17, 18]. После завершения амплификации мы проводили электрофорез в горизонтальном 1,5%-ном агарозном геле, используя буфер TBE. После электрофореза окрашивали гель бромистым этидием и визуализировали его под ультрафиолетовым светом, что позволяло увидеть отдельные фрагменты ДНК.

В таблице 1 перечислены все использованные в работе ДНК маркеры, относящиеся к R-генам, обеспечивающим устойчивость растений к патогену *Phytophthora infestans*. Эти маркеры играют ключевую роль в селекции и генетическом анализе картофеля, так как они помогают выявить устойчивые к болезням сорта, что является важным аспектом в агрономии и сельском хозяйстве в целом.

Таблица 1

ДНК–маркеры R–генов, контролирующие устойчивость к фитофторозу

Table 1

DNA markers of R–genes controlling late blight resistance

Ген/Мар–кер	Размер мар–кера, п.н.	Темпера–тура отжига, °С	Последовательности праймеров	Источник литературы
R1/R1–1205	1205	65	F: CACTCGTGACATATCCTCACTA R: GTAGTACCTATCTTATTTCTGCAAGAAT	[17]
R3a/R3a–1380	1380	64	F: TCCGACATGTATTGATCTCCCTG R: AGCCACTTCAGCTTCTTACAGTAGG	[17]
R3b/R3b–378	378	64	F: GTCGATGAATGCTATGTTTCTCGAGA R: ACCAGTTTCTTGCAATTCCAGATTG	[18]

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

В рамках исследований был проведен молекулярный скрининг на наличие маркеров генов устойчивости к фитофторозу среди 30 гибридов картофеля, которые были отобраны из питомника и находились на стадии испытаний второго года. Для оценки устойчивости картофеля к фитофторозу в исследованиях были использованы специфические маркеры – такие, как R1/R1–1205, R3a/R3a–1380 и R3b/R3b–378. Эти маркеры указывают на наличие определенных генов устойчивости, которые достаточно широко распространены среди различных генотипов картофеля. По результатам анализа было установлено, что полный набор из трех маркеров (R1–1250/R1, R3a–1380/R3a и R3b–378/R3b) был обнаружен у 5 гибридных линий картофеля: 3375–1 (Тирас × Бриз); 3403–2 (Аризона × Фрителла); 3341–2 (Инноватор × Мираж); 3352–1 (КоLETTE × Мираж); 3352–4 (КоLETTE × Мираж).

Гибриды картофеля, у которых диагностировано наибольшее количество генов устойчивости к фитофторозу, представляют интерес для дальнейшей

селекции как родительские формы. Молекулярный генетический анализ позволил выявить в 11 гибридных комбинациях наличие только некоторых из трех маркеров, что может указывать на различные уровни устойчивости к фитофторе среди исследуемых гибридов: 3403–1 (Аризона × Фрителла), 3380–1 (Аризона × Вымпел), 3340–1 (Тирас × Мираж), 3340–2 (Тирас × Мираж), 3341–1 (Инноватор × Мираж), 3373–1 (Реал × Бриз), 3379–1 (Алуэт × Вымпел), 3352–2 (Колетте × Мираж), 3385–1 (BP808 × Вымпел), 3385–2 (BP808 × Вымпел), 3188–5 (Ариэль × Феррари) (табл. 2, рис. 1–3).

Молекулярно-генетический анализ, направленный на выявление генов, отвечающих за устойчивость среди различных гибридов картофеля, представляет собой важный шаг к повышению эффективности и точности отбора при использовании ДНК-маркеров. Данные исследования имеют огромное значение в контексте современного сельского хозяйства, поскольку устойчивые сорта картофеля играют ключевую роль в снижении распространенности фитофтороза – одного из самых разрушительных заболеваний, поражающих эту культуру. Устойчивость к фитофторозу не только помогает сохранить здоровье растений на различных этапах их роста и развития, но и обеспечивает более высокие и качественные урожаи. Этот подход включает в себя использование как современных генетических и молекулярных методов, так и традиционных методов скрещивания. Такое сочетание открывает новые горизонты в борьбе с фитофторозом и позволяет более эффективно справляться с данной угрозой.

Таблица 2

Результаты молекулярно-генетического анализа гибридов картофеля с помощью ДНК-маркеров

Table 2

Results of molecular genetic analysis of potato hybrids using DNA markers

№	Гибрид	Происхождение	Наличие ДНК-маркеров (маркер/ген) к <i>Phytophthora infestans</i>			Общее количество генов
			R1–1250/R1	R3a–1380/R3a	R3b–378/R3b	
1	3424–1	Королева Анна × Сигнал	–	–	+	1
2	3424–2	Королева Анна × Сигнал	–	–	+	1
3	3375–1	Тирас × Бриз	+	+	+	3
4	3403–1	Аризона × Фрителла	+	–	+	2
5	3403–2	Аризона × Фрителла	+	+	+	3
6	3493–1	Королева Анна × 4614–12	–	–	+	1
7	3493–2	Королева Анна × 4614–12	–	–	+	1
8	3493–3	Королева Анна × 4614–12	–	–	+	1

№	Гибрид	Происхождение	Наличие ДНК-маркеров (маркер/ген) к <i>Phytophthora infestans</i>			Общее количество генов
			R1–1250/R1	R3a–1380/R3a	R3b–378/R3b	
9	3493–4	Королева Анна × 4614–12	–	–	+	1
10	3493–5	Королева Анна × 4614–12	–	–	+	1
11	3493–6	Королева Анна × 4614–12	–	–	+	1
12	3380–1	Аризона × Вымпел	–	+	+	2
13	3380–2	Аризона × Вымпел	–	–	+	1
14	3380–3	Аризона × Вымпел	–	–	+	1
15	3340–1	Тирас × Мираж	+	–	+	2
16	3340–2	Тирас × Мираж	+	–	+	2
17	3341–1	Инноватор × Мираж	+	–	+	2
18	3341–2	Инноватор × Мираж	+	+	+	3
19	3373–1	Реал × Бриз	+	–	+	2
20	3379–1	Алуэт × Вымпел	–	+	+	2
21	3335–1	Садон × Беллароза	–	–	–	
22	3352–1	Колетте × Мираж	+	+	+	3
23	3352–2	Колетте × Мираж	+	–	+	2
24	3352–3	Колетте × Мираж	+	–	–	1
25	3352–4	Колетте × Мираж	+	+	+	3
26	3385–1	ВР808 × Вымпел	+	–	+	2
27	3385–2	ВР808 × Вымпел	+	–	+	2
28	3385–3	ВР808 × Вымпел	–	–	+	1
29	3278–1	Аксения × Кармен	–	–	+	1
30	3188–5	Ариэль × Феррари	–	+	+	2

Примечание. «+» – маркер присутствует; «–» – маркер отсутствует.

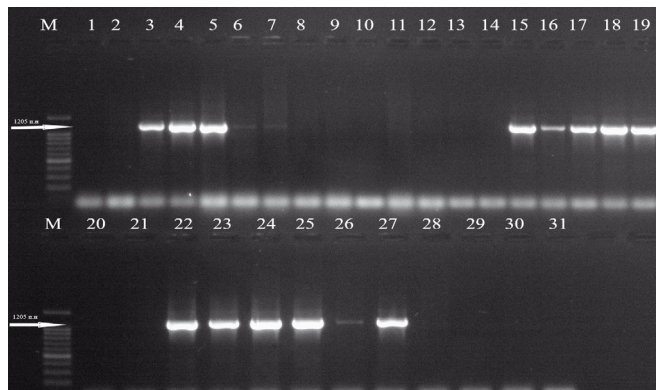


Рис. 1. ПЦР-тест на присутствие гена R (*R1-1250*)

М–маркер 1Kb DNA Ladder (Thermo ScientificTM); 1 – 13424–1; 2 – 3424–2; 3 – 3375–1; 4 – 3403–1; 5 – 3403–2; 6 – 3493–1; 7 – 3493–2; 8 – 3493–3; 9 – 3493–4; 10 – 3493–5; 11 – 3493–6; 12 – 3380–1; 13 – 3380–2; 14 – 3380–3; 15 – 3340–1; 16 – 3340–2; 17 – 3341–1; 18 – 3341–2; 19 – 3373–1; 20 – 3379–1; 21 – 3335–1; 22 – 3352–1; 23 – 3352–2; 24 – 3352–3; 25 – 3352–4; 26 – 3385–1; 27 – 3385–2; 28 – 3385–3; 29 – 3278–1; 30 – 3188–5; 31 – отрицательный контрольный образец

Figure 1. PCR test for the presence of the *R1* gene (*R1-1250*).

М – 1 kb DNA ladder (Thermo ScientificTM); 1 – 13424–1; 2 – 3424–2; 3 – 3375–1; 4 – 3403–1; 5 – 3403–2; 6 – 3493–1; 7 – 3493–2; 8 – 3493–3; 9 – 3493–4; 10 – 3493–5; 11 – 3493–6; 12 – 3380–1; 13 – 3380–2; 14 – 3380–3; 15 – 3340–1; 16 – 3340–2; 17 – 3341–1; 18 – 3341–2; 19 – 3373–1; 20 – 3379–1; 21 – 3335–1; 22 – 3352–1; 23 – 3352–2; 24 – 3352–3; 25 – 3352–4; 26 – 3385–1; 27 – 3385–2; 28 – 3385–3; 29 – 3278–1; 30 – 3188–5; 31 – negative control sample

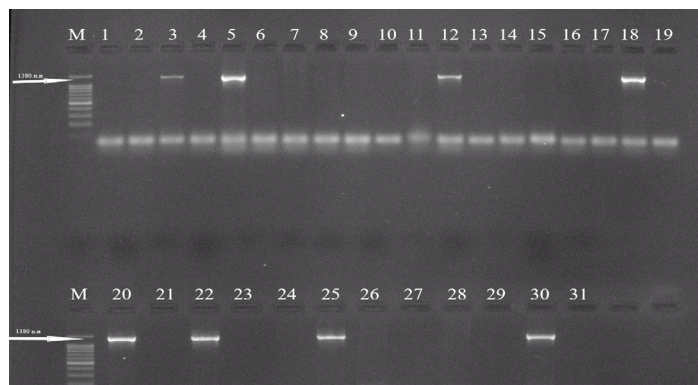


Рис. 2. ПЦР-тест на присутствие гена R3a (*R3a-1380*)

М–маркер 1Kb DNA Ladder (Thermo ScientificTM); 1 – 13424–1; 2 – 3424–2; 3 – 3375–1; 4 – 3403–1; 5 – 3403–2; 6 – 3493–1; 7 – 3493–2; 8 – 3493–3; 9 – 3493–4; 10 – 3493–5; 11 – 3493–6; 12 – 3380–1; 13 – 3380–2; 14 – 3380–3; 15 – 3340–1; 16 – 3340–2; 17 – 3341–1; 18 – 3341–2; 19 – 3373–1; 20 – 3379–1; 21 – 3335–1; 22 – 3352–1; 23 – 3352–2; 24 – 3352–3; 25 – 3352–4; 26 – 3385–1; 27 – 3385–2; 28 – 3385–3; 29 – 3278–1; 30 – 3188–5; 31 – отрицательный контрольный образец

Figure 2. PCR test for the presence of the *R3a* gene (*R3a-1380*).

М – 1 kb DNA ladder (Thermo ScientificTM); 1 – 13424–1; 2 – 3424–2; 3 – 3375–1; 4 – 3403–1; 5 – 3403–2; 6 – 3493–1; 7 – 3493–2; 8 – 3493–3; 9 – 3493–4; 10 – 3493–5; 11 – 3493–6; 12 – 3380–1; 13 – 3380–2; 14 – 3380–3; 15 – 3340–1; 16 – 3340–2; 17 – 3341–1; 18 – 3341–2; 19 – 3373–1; 20 – 3379–1; 21 – 3335–1; 22 – 3352–1; 23 – 3352–2; 24 – 3352–3; 25 – 3352–4; 26 – 3385–1; 27 – 3385–2; 28 – 3385–3; 29 – 3278–1; 30 – 3188–5; 31 – negative control sample

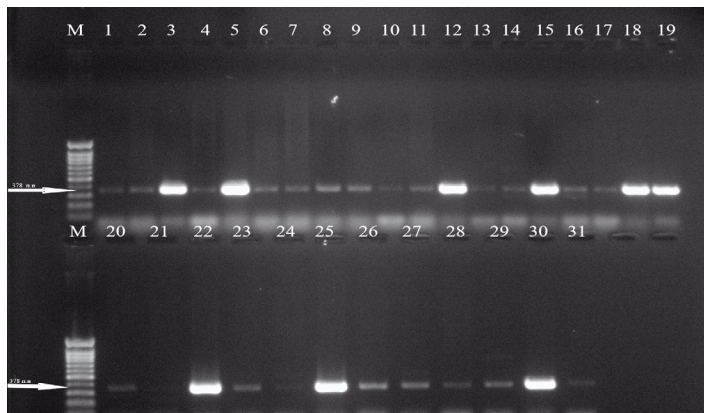


Рис. 3. ПЦР-тест на присутствие гена R3b (R3b-378)

М – маркер 1Kb DNA Ladder (Thermo Scientific™); 1 – 13424-1; 2 – 3424-2; 3 – 3375-1; 4 – 3403-1; 5 – 3403-2; 6 – 3493-1; 7 – 3493-2; 8 – 3493-3; 9 – 3493-4; 10 – 3493-5; 11 – 3493-6; 12 – 3380-1; 13 – 3380-2; 14 – 3380-3; 15 – 3340-1; 16 – 3340-2; 17 – 3341-1; 18 – 3341-2; 19 – 3373-1; 20 – 3379-1; 21 – 3335-1; 22 – 3352-1; 23 – 3352-2; 24 – 3352-3; 25 – 3352-4; 26 – 3385-1; 27 – 3385-2; 28 – 3385-3; 29 – 3278-1; 30 – 3188-5; 31 – отрицательный контрольный образец

Figure 3. PCR test for the presence of the *R3b* gene (*R3b*-378).

М – 1 kb DNA ladder (Thermo Scientific™); 1 – 13424-1; 2 – 3424-2; 3 – 3375-1; 4 – 3403-1; 5 – 3403-2; 6 – 3493-1; 7 – 3493-2; 8 – 3493-3; 9 – 3493-4; 10 – 3493-5; 11 – 3493-6; 12 – 3380-1; 13 – 3380-2; 14 – 3380-3; 15 – 3340-1; 16 – 3340-2; 17 – 3341-1; 18 – 3341-2; 19 – 3373-1; 20 – 3379-1; 21 – 3335-1; 22 – 3352-1; 23 – 3352-2; 24 – 3352-3; 25 – 3352-4; 26 – 3385-1; 27 – 3385-2; 28 – 3385-3; 29 – 3278-1; 30 – 3188-5; 31 – negative control sample

Необходимо подчеркнуть, что дальнейшие исследования и селекция картофеля с акцентом на устойчивость к фитофторозу являются важными направлениями в агрономии и селекции. Это связано с тем, что понимание генетической основы устойчивости к этому заболеванию может привести к созданию новых сортов, которые будут способны противостоять фитофторозу. Это в свою очередь обеспечит стабильные и качественные урожаи, что крайне важно для сельского хозяйства и продовольственной безопасности.

Выводы

Conclusions

Благодаря молекулярно-генетическому скринингу, основанному на использовании ДНК-маркеров, стало возможным выделение генотипов, которые имеют в своем составе комбинацию R-генов, отвечающих за устойчивость картофеля к такому опасному заболеванию, как *Phytophthora infestans*. В ходе проведенных исследований было установлено наличие трех ключевых маркеров: R1-1250, R3a-1380 и R3b-378, которые были идентифицированы в 5 различных гибридах картофеля. Эти гибриды включают в себя 3375-1 (Тирас и Бриз), 3403-2 (Аризона и Фрителлы), 3341-2 (Инноватор и Мираж), 3352-1 (Колетте и Мираж) и 3352-4 (Колетте и Мираж). Наличие всех трех генов указывает на высокую степень устойчивости к фитофторозу. Кроме того, в исследованиях было отмечено, что у 11 гибридов картофеля также обнаружены маркеры R1-1250/R1 и R3b-378/R3b. Среди этих гибридов можно выделить следующие: 3403-1 (Аризона × Фрителла), 3380-1 (Аризона × Вымпел), 3340-1 (Тирас × Мираж),

3340–2 (Тирас × Мираж), 3341–1 (Инноватор × Мираж), 3373–1 (Реал × Бриз), 3379–1 (Алуэт × Вымпел), 3352–2 (Колетте × Мираж), 3385–1 (ВР808 × Вымпел), 3385–2 (ВР808 × Вымпел) и 3188–5 (Ариэль × Феррари). Это свидетельствует о том, что наличие комбинации генов R1, R3a и R3b является наиболее желательным признаком для обеспечения высокой устойчивости картофеля к *Phytophthora infestans*.

Таким образом, результаты проведенных исследований подчеркивают важность использования ДНК-маркеров в селекции картофеля. Они не только позволяют ускорить процесс отбора устойчивых к заболеваниям сортов, но и обеспечивают более надежные результаты благодаря точности молекулярного анализа. Это открывает новые горизонты для селекционеров и агрономов, стремящихся к созданию высокопродуктивных и устойчивых к болезням сортов картофеля, что в свою очередь имеет большое значение для обеспечения продовольственной безопасности и повышения урожайности в условиях изменяющегося климата и растущих угроз со стороны различных заболеваний.

Список источников

1. Королева А.К., Деревягина М.К., Бирюкова В.А., Поливанова О.Б. и др. Оценка устойчивости перспективных гибридов цветного картофеля к фитофторозу // *Аграрный вестник Урала*. 2024. Т. 24, № 3. С. 319–337. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-03-319-337>
2. Sorensen P.L., Christensen G., Karki H.S., Endelman J.B. A KASP Marker for the Potato Late Blight Resistance Gene *RB/Rpi-blb1*. *American Journal of Potato Research*. 2023;100(3):240. <https://doi.org/10.1007/s12230-023-09914-6>
3. Догузова Н.Н., Газданова И.О. Изучение устойчивости к *Phytophthora infestans* селекционного материала картофеля с помощью ДНК-маркеров // *Аграрный научный журнал*. 2024. № 10. С. 19–24. <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i10pp19-24>
4. Клименко Н.С. Генетическое разнообразие сортов картофеля отечественной селекции, изученное с использованием различных типов ДНК-маркеров: Дис. ... канд. биол. наук. Санкт-Петербург, 2022. 225 с. EDN: UFRRVW
5. Рогозина Е.В., Хавкин Э.Е. Межвидовые гибриды картофеля как доноры долговременной устойчивости к патогенам // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2017. Т. 21, № 1. С. 30–41. <https://doi.org/10.18699/VJ17.221>
6. Хавкин Э.Е. Молекулярный диалог растений с патогенами: эволюция, механизмы и практическое использование // *Физиология растений*. 2021. Т. 68, № 2. С. 115–131. <https://doi.org/10.31857/S001533032102007X>
7. Muratova (Fadina) O.A., Beketov M.P., Kuznetsova M.A., Rogozina E.V. et al. South American species *Solanum alandiae* Card. and *S. okadae* Hawkes et Hjerting as potential sources of genes for potato late blight resistance. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(1):73-83. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-1-73-83>
8. Dong S.-M., Zhou S.-Q. Potato late blight caused by *Phytophthora infestans*: From molecular interactions to integrated management strategies. *Journal of Integrative Agriculture*. 2022;21(12):3456-3466. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.08.060>
9. Blatnik E., Horvat M., Berne S., Humar M. et al. Late Blight Resistance Conferred by *Rpi-Smira2/R8* in Potato Genotypes In Vitro Depends on the Genetic Background. *Plants*. 2022;11(10):1319. <https://doi.org/10.3390/plants11101319>
10. Gao L., Bradeen J.M. Contrasting Potato Foliage and Tuber Defense Mechanisms against the Late Blight Pathogen *Phytophthora infestans*. *PLoS One*. 2016;11(7): e0159969. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159969>

11. Sorensen P.L., Christensen G., Karki H.S., Endelman J.B. A KASP Marker for the Potato Late Blight Resistance Gene *RB/Rpi-blb1*. *American Journal of Potato Research*. 2023;100(3):240-246. <https://doi.org/10.1007/s12230-023-09914-6>
12. Wang E.S., Kieu N.P., Lenman M., Andreasson E. Tissue culture and refreshment techniques for improvement of transformation in local tetraploid and diploid potato with late blight resistance as an example. *Plants*. 2020;9(6):695-709. <https://doi.org/10.3390/plants9060695>
13. Фисенко П.В., Мацишина Н.В., Попова Ю.С., Волков Д.И. и др. Изучение устойчивости сортов картофеля к *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, *Synchytrium endobioticum* (Schilb.), *Globodera pallida* (Stone), *Globodera rostochiensis* (Wollenweber), PVY, PVX в Приморском крае // *Аграрная наука*. 2023. № 9. С. 126–132. <https://doi.org/10.32634/08698155-2023-374-9-126-132>
14. Дзедаев Х.Т., Газданова И.О., Бекмурзов Б.В. Биологическая борьба с фитофторозом картофеля, вызываемым *Phytophthora infestans* // *Аграрный вестник Урала*. 2023. Т. 23, № 9. С. 2–10. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-23-09-2-10>
15. Gao L., Bradeen J.M. Contrasting Potato Foliage and Tuber Defense Mechanisms against the Late Blight Pathogen *Phytophthora infestans*. *PLoS One*. 2016;11(7): e0159969. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159969>
16. Song Y.-S., Schwarzfischer A. Development of STS markers for selection of extreme resistance (Rysto) to PVY and maternal pedigree analysis of extremely resistant cultivars. *American Journal of Potato Research*. 2008;85:159-170. <https://doi.org/10.1007/s12230-008-9012-8>
17. Sokolova E., Pankin A., Beketova M., Khavkin E. et al. SCAR markers of the R-genes and germplasm of wild *Solanum* species for breeding late blight-resistant potato cultivars. *Plant Genetic Resources: Characterisation and Utilisation*. 2011;9(2):309-312. <https://doi.org/10.1017/S1479262111000347>
18. Rietman H., Bijsterbosch G., Cano L.M., Lee H.R. et al. Qualitative and quantitative late blight resistance in the potato cultivar Sarpo Mira is determined by the perception of five distinct RXLR effectors. *Molecular Plant-Microbe Interaction*. 2012;25(7):910-919. <https://doi.org/10.1094/MPMI-01-12-0010-R>

References

1. Koroleva A.K., Derevyagina M.K., Biryukova V.A., Polivanova O.B. et al. Resistance assessment of promising colored potato hybrids to late blight. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024;24(3):319-337. (In Russ.) <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-03-319-337>
2. Sorensen P.L., Christensen G., Karki H.S., Endelman J.B. A KASP Marker for the Potato Late Blight Resistance Gene *RB/Rpi-blb1*. *American Journal of Potato Research*. 2023;100:240-246. <https://doi.org/10.1007/s12230-023-09914-6>
3. Doguzova N.N., Gadzanova I.O. Study of resistance to phytophthora infestans of potato breeding material using dna markers. *The Agrarian Scientific Journal*. 2024;(10):19-24. (In Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2024i10pp19-24>
4. Klimenko N.S. *Genetic diversity of domestically bred potato varieties studied using different types of DNA markers*: CSc (Bio) thesis. St. Petersburg, Russia, 2022:225. (In Russ.)
5. Rogozina E.V., Khavkin E.E. Interspecific potato hybrids as donors of durable resistance to pathogens. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2017;21(1):30-41. (In Russ.) <https://doi.org/10.18699/VJ17.221>

6. Khavkin E.E. Molecular dialogue of plants with pathogens: evolution, mechanisms, and practical use. *Fiziologiya rastenij*. 2021;68(2):115-131. 115-131. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S001533032102007X>
7. Muratova (Fadina) O.A., Beketov M.P., Kuznetsova M.A., Rogozina E.V. et al. South American species *Solanum alandiae* Card. and *S. okadae* Hawkes et Hjerting as potential sources of genes for potato late blight resistance. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2020;181(1):73-83. <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2020-1-73-83>
8. Dong S.-M., Zhou S.-Q. Potato late blight caused by *Phytophthora infestans*: From molecular interactions to integrated management strategies. *Journal of Integrative Agriculture*. 2022;21(12):3456-3466. <https://doi.org/10.1016/j.jia.2022.08.060>
9. Blatnik E., Horvat M., Berne S., Humar M. et al. Late Blight Resistance Conferred by Rpi-Smira2/R8 in Potato Genotypes In Vitro Depends on the Genetic Background. *Plants*. 2022;11(10):1319. <https://doi.org/10.3390/plants11101319>
10. Gao L., Bradeen J.M. Contrasting Potato Foliage and Tuber Defense Mechanisms against the Late Blight Pathogen *Phytophthora infestans*. *PLoS One*. 2016;11(7): e0159969. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159969>
11. Sorensen P.L., Christensen G., Karki H.S., Endelman J.B. A KASP Marker for the Potato Late Blight Resistance Gene RB/Rpi-blb1. *American Journal of Potato Research*. 2023;100(3):240-246. <https://doi.org/10.1007/s12230-023-09914-6>
12. Wang E.S., Kieu N.P., Lenman M., Andreasson E. Tissue culture and refreshment techniques for improvement of transformation in local tetraploid and diploid potato with late blight resistance as an example. *Plants*. 2020;9(6):695-709. <https://doi.org/10.3390/plants9060695>
13. Fisenko P.V., Matsishina N.V., Popova Yu.S., Volkov D.I. et al. Study of the structure of potato varieties to *Phytophthora infestans* (mont.) De Bary, *Synchytrium endobioticum* (Schilb.), *Globodera pallida* (Stone), *Globodera rostochiensis* (Wollenweber), PVY, PVX in Primorsky Krai. *Agrarian Science*. 2023;(9):126-132. (In Russ.) <https://doi.org/10.32634/08698155-2023-374-9-126-132>
14. Dzedaev Kh.T., Gazdanova I.O., Bekmurzov B.V. Biological control of *Phytophthora infestans* in potatoes. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023;23(9):2-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-23-09-2-10>
15. Gao L., Bradeen J.M. Contrasting Potato Foliage and Tuber Defense Mechanisms against the Late Blight Pathogen *Phytophthora infestans*. *PLoS One*. 2016;11(7): e0159969. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0159969>
16. Song Y.-S., Schwarzfischer A. Development of STS markers for selection of extreme resistance (Rysto) to PVY and maternal pedigree analysis of extremely resistant cultivars. *American Journal of Potato Research*. 2008;85:159-170. <https://doi.org/10.1007/s12230-008-9012-8>
17. Sokolova E., Pankin A., Beketova M., Khavkin E. et al. SCAR markers of the R-genes and germplasm of wild *Solanum* species for breeding late blight-resistant potato cultivars. *Plant Genetic Resources: Characterisation and Utilisation*. 2011;9(2):309-312. <https://doi.org/10.1017/S1479262111000347>
18. Rietman H., Bijsterbosch G., Cano L.M., Lee H.R. et al. Qualitative and quantitative late blight resistance in the potato cultivar Sarpo Mira is determined by the perception of five distinct RXLR effectors. *Molecular Plant-Microbe Interaction*. 2012;25(7):910-919. <https://doi.org/10.1094/MPMI-01-12-0010-R>

Сведения об авторах

Догузова Нино Нодаровна, научный сотрудник, лаборатория молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных растений, Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр Российской академии наук»; 363110, Российская Федерация, РСО-Алания, Пригородный район, с. Михайловское, ул. Вильямса; e-mail: doguzovanino@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3655-5166>

Газданова Ирина Олеговна, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник, лаборатория молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных растений, Федеральный научный центр «Владикавказский научный центр Российской академии наук»; 363110, Российская Федерация, РСО-Алания, Пригородный район, с. Михайловское, ул. Вильямса; e-mail: gazdanovaira2020@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3000-8615>

Information about the authors

Nino N. Doguzova, Research Associate at the Laboratory of Molecular Genetic Research of Agricultural Plants, Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 1 Vil'yamsa St., Mikhaylovskoe Vlg., Prigorodny District, Republic North Ossetia-Alania, 363110, Russian Federation; e-mail: doguzovanino@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-3655-5166>

Irina O. Gazdanova, Senior Research Associate at the Laboratory of Molecular Genetic Research of Agricultural Plants, Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 1 Vil'yamsa St., Mikhaylovskoe Vlg., Prigorodny District, Republic North Ossetia-Alania, 363110, Russian Federation; e-mail: gazdanovaira2020@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-3000-8615>

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

**Экологически безопасные методы борьбы
с паразитическими нематодами растений**

**Иван Викторович Горбунов[✉], Светлана Николаевна Нековаль,
Арина Константиновна Чурикова**

Федеральный научный центр биологической защиты растений, Краснодар, Россия

[✉]Автор, ответственный за переписку: giv79.79@mail.ru

Аннотация

Фитопаразитические нематоды являются наиболее распространенной группой вредных организмов, которые могут наносить большой ущерб сельскохозяйственным культурам, вызывая значительные потери урожая. В местах поражения растений нематодами нередко развивается вторичная инфекция, вызванная патогенными грибами и бактериями. Кроме того, они выступают в качестве переносчиков вирусов, что усугубляет фитосанитарное состояние агроэкосистем. Традиционные методы борьбы (термотерапия, фумигация) обладают рядом ограничений: краткосрочной эффективностью, токсичностью для человека и окружающей среды, накоплением пестицидов в почве и продукции, а также риском формирования устойчивости у патогенов. Поэтому актуальной является необходимость поиска, изучения и применения экологически безопасных методов защиты растений от фитопаразитических нематод. Цель работы – обобщение и анализ современных отечественных и зарубежных данных о фитопаразитических нематодах как одних из наиболее опасных факторов снижения урожайности сельскохозяйственных культур, а также оценка перспектив применения экологически безопасных биологических и биотехнологических методов защиты растений от них. Современные исследования демонстрируют перспективность применения нематофаговых грибов (*Arthrobotrys*, *Trichoderma*, *Purpureocillium*, *Metarhizium*, *Beauveria*), которые подавляют нематод за счет хищничества, паразитизма или выделения токсинов; бактерий-антагонистов (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Serratia*), которые синтезируют антибиотики, ферменты и токсины, активизируют защитные реакции растений, конкурируют за ресурсы. Важная роль отводится различным агротехническим приемам, с помощью которых можно снизить инвазионную нагрузку и стабилизировать фитосанитарное состояние почвы. Актуальным является также использование растений-антагонистов и фитохимических средств. Таким образом, биологические методы защиты растений от фитопаразитических нематод представляют собой перспективную альтернативу химическим нематодицидам.

Ключевые слова

биологический метод, фитопаразитические нематоды, нематодицидное действие, грибы-нематодициды, бактерии-нематодициды, растения-антагонисты, фитохимические средства

Благодарности

Работа выполнена в рамках КПНИ «Разработка экологически безопасных приемов защиты земляники садовой от основных вредных объектов в различных агроклиматических зонах РФ» и государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме научно-исследовательской работы № ФГРН-2025–0006.

Для цитирования

Горбунов И.В., Нековаль С.Н., Чурикова А.К. Экологически безопасные методы борьбы с паразитическими нематодами растений // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 3. С. 82–97.

AGRONOMY, CROP PRODUCTION, PLANT PROTECTION

Environmentally safe methods for controlling plant-parasitic nematodes

Ivan V. Gorbunov✉, Svetlana N. Nekoval, Arina K. Churikova

Federal Scientific Center for Biological Plant Protection, Krasnodar, Russia

✉Corresponding author: giv79.79@mail.ru

Abstract

Plant-parasitic nematodes are the most widespread group of harmful organisms, capable of causing significant damage to agricultural crops and substantial yield losses. In areas affected by nematodes, secondary infections caused by pathogenic fungi and bacteria often develop; moreover, nematodes serve as vectors of viruses, further aggravating the phytosanitary condition of agroecosystems. Traditional control methods, such as thermotherapy and fumigation, have a number of limitations, including short-term efficacy, toxicity to humans and the environment, accumulation of pesticides in soil and agricultural produce, and the risk of pathogen resistance development. Consequently, there is an urgent need to search for, study, and implement environmentally safe methods for protecting plants against plant-parasitic nematodes. The aim of this study is to synthesize and analyze current domestic and international data on plant-parasitic nematodes as one of the most significant factors reducing crop yields, and to assess the prospects for the application of environmentally safe biological and biotechnological plant protection methods. Recent research highlights the potential of nematophagous fungi (*Arthrobotrys*, *Trichoderma*, *Purpureocillium*, *Metarhizium*, *Beauveria*), which suppress nematodes through predation, parasitism, or toxin production; antagonistic bacteria (*Bacillus*, *Pseudomonas*, *Serratia*), which synthesize antibiotics, enzymes, and toxins, activate plant defense responses, and compete for resources. An important role is also assigned to various agrotechnical practices that can reduce the invasive load and stabilize the phytosanitary condition of the soil. The use of antagonistic plants and phytochemical agents is also relevant. Thus, biological methods for protecting plants against plant-parasitic nematodes represent a promising alternative to chemical nematicides.

Keywords

biological method, plant-parasitic nematodes, nematicidal activity, nematophagous fungi and bacteria, antagonistic plants, phytochemical agents

Acknowledgments

The research was carried out within the framework of the Comprehensive Plan of Scientific Studies “Development of environmentally safe methods for protecting garden strawberries from major harmful objects in various agro-climatic zones of the Russian Federation” and the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation for research project No. FGRN-2025–0006.

For citation

Gorbunov I.V., Nekoval S.N., Churikova A.K. Environmentally safe methods for controlling plant-parasitic nematodes. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(3):82–97.

Введение Introduction

Фитопаразитические нематоды представляют собой микроскопических облигатных паразитов, адаптированных к жизни в ризосфере и обладающих способностью проникать и повреждать корневую систему растений. Их патогенное действие проявляется в нарушении физиологического состояния растений: ухудшается поступление воды и минеральных веществ, замедляется рост, снижается урожайность [1]. Поражение корневой системы фитопаразитическими нематодами сопровождается образованием механических повреждений, которые служат в качестве входных ворот для вторичных инфекционных агентов включая патогенные грибы и бактерии [2]. Дополнительную фитосанитарную угрозу представляют нематоды, способные к трансмиссии вирусных заболеваний. Так, вид *Xiphinema index* Thorne and Allen, 1950, и представители рода *Longidorus* выполняют роль специфических векторов фитопатогенных вирусов, усиливая общее инфекционное давление в агроэкосистеме. Например, нематода *X. index* паразитирует на виноградной культуре, смородине, малине, яблоне, являясь переносчиком такого вируса, как короткоузлие винограда (GFLV) [3]. Среди фитонематод наибольшую агрономическую значимость имеют представители рода *Meloidogyne*, характеризующиеся высокой плодовитостью, коротким жизненным циклом и отсутствием специализированного паразитизма. Поражая большинство видов растений в агроценозе, галловые нематоды таким образом накапливаются в почве [4].

Представителями рода *Meloidogyne* повреждаются корни различных сельскохозяйственных культур: плодово-ягодных, технических, древесных, овощных и др. Наибольший ущерб они наносят в условиях защищенного грунта [5]. Проникновение личинок в корни растений инициирует образование галлов – характерных опухолевидных структур, нарушающих функционирование проводящей системы. В результате нарушаются водообеспечение и минеральное питание, угнетаются процессы фотосинтеза и метаболизма, что приводит к задержке роста, увяданию, и в итоге – к гибели растения. Зараженные нематодами растения более чувствительны к другим неблагоприятным факторам: грибным заболеваниям, дефициту воды, холоду и пр. [6].

В практике фитосанитарного контроля корневых галловых нематод применяются различные подходы включая термическую обработку почвы (пропаривание), а также использование химических нематодицидов [7]. Однако указанные методы обладают рядом существенных ограничений: их эффективность, как правило, является кратковременной и ограничивается одним вегетационным сезоном. Кроме того, их применение повышает себестоимость продукции, а главное – они опасны для здоровья человека и окружающей среды, в частности, это касается химических средств защиты растений. При их систематическом применении наблюдается накопление остаточных количеств пестицидов в почве, водной среде и сельскохозяйственной продукции, что влечет за собой нарушение структуры агробиоценозов и снижение их способности к саморегуляции. Фитопатогенные организмы способны вырабатывать устойчивость к пестицидам, снижается эффективность их использования. Поэтому чтобы получить экологически чистую и безопасную конечную сельскохозяйственную продукцию, важно снижать химическую нагрузку на агроэкосистему. Альтернатива существует: это биологические методы защиты растений, базирующиеся на использовании антагонистических микроорганизмов (бактерий, грибов-хищников), вирусов. Эти средства способны ингибировать развитие фитонематод и одновременно обеспечивать экологическую безопасность продукции [8].

Таким образом, изучение и применение перспективных экологически безопасных методов защиты растений от фитопаразитических нематод являются актуальной проблемой.

Цель исследований: систематизировать и проанализировать отечественные и зарубежные научные источники о биологических методах защиты растений от фитопаразитических нематод с акцентом на применении микроорганизмов и перспективных подходах для экологизированного сельского хозяйства.

Методика исследований

Research method

Для достижения поставленной цели были осуществлены поиск и анализ источников литературы. Отбор информации выполнялся с использованием отечественных и зарубежных научных баз данных (eLibrary, РИНЦ, CyberLeninka, Scopus, Web of Science, Google Scholar). В качестве ключевых слов при поиске применялись термины: биометод, защита растений, фитопаразитические нематоды, нематотическое действие, грибы-нематотоксины, бактерии-антагонисты и др. Критериями отбора являлись актуальность публикаций (за последние 10 лет), научная значимость и соответствие тематике исследований. В анализ включались различные типы источников: статьи в рецензируемых журналах, монографии, диссертации, материалы научных конференций, а также отдельные учебные издания для уточнения теоретических аспектов. Всего было изучено 78 источников литературы, из которых около 30% – отечественные, 70% – зарубежные.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Анализ отечественных и зарубежных научных публикаций показал, что наибольшую угрозу для сельскохозяйственных культур представляют определенные виды фитопаразитических нематод, для которых характерны разнообразные механизмы распространения и высокая адаптивность к условиям среды. Наряду с этим в научной литературе описаны различные подходы к контролю их численности включая химические, агротехнические, биологические и интегрированные методы. Установление спектра наиболее значимых видов и оценка применяемых мер борьбы создают основу для систематизации и дальнейшего анализа перспективных экологически безопасных методов защиты растений, что соответствует поставленной цели исследований [9]. В условиях Юга России, в частности, Краснодарского края, данные вопросы широко освещаются и исследуются [10].

Среди наиболее экономически значимых фитопаразитических нематод, поражающих сельскохозяйственные культуры, особое внимание уделяется следующим видам: *Ditylenchus dipsaci* (Kuhn, 1857) (стеблевая нематода лука), *Ditylenchus destructor* (Thorne, 1945) (стеблевая нематода картофеля), *Aphelenchoides fragariae* (Ritzema Bos, 1891), Christie, 1942 (земляничная листовая нематода), *Meloidogyne hapla* Chitwood, 1949 (северная галловая нематода), и ряду других, в том числе представителям рода *Heterodera* (цистообразующие нематоды) [11]. Эти виды являются типичными облигатными эндо- и эктопаразитами растений. Их жизнедеятельность сопровождается сложными морфофизиологическими нарушениями, которые резко снижают продуктивность культур и ухудшают фитосанитарное состояние почвы [6, 8].

A. fragariae характеризуется широким спектром хозяев и способностью поражать листья, черешки и генеративные органы растений. Развиваясь

во внутриклеточном пространстве, нематода вызывает нарушения тургора, деформации листовых пластинок, морщинистость и антоциановое окрашивание. Особую угрозу этот вид представляет в питомниководстве и при вегетативном размножении культур, так как быстро распространяется через зараженный посадочный материал, не проявляя внешних симптомов на ранних этапах заражения. Для обнаружения данного вида требуется лабораторная диагностика с применением микроскопических и молекулярных методов [12].

Стеблевая нематода лука (*D. dipsaci*) паразитирует преимущественно на луковичных культурах (лук, чеснок), а также на корневищах и подземных органах ряда овощных, ягодных, декоративных и дикорастущих растений. На землянике садовой данный вид вызывает утолщение стеблей, хлороз и сморщивание листьев, деформацию генеративных органов, снижение товарных качеств продукции. *D. dipsaci* отличается высокой устойчивостью к неблагоприятным условиям, способен в течение длительного времени сохраняться в почве в виде инвазионных стадий, что затрудняет борьбу с ним традиционными средствами [12].

Стеблевая нематода картофеля (*Ditylenchius destructor* Thorne) – эктопаразит, поражающий клубни картофеля, репе – морковь, свеклу, сельдерей и другие корнеплоды. Заражение происходит через трещины на поверхности клубней. Фитопаразит разрушает паренхиму, вызывая серо-бурые пятна, вдавленные некротические зоны и водянистость тканей. На поздних стадиях наблюдаются вторичные бактериальные и грибные инфекции. *D. destructor* имеет высокую адаптационную способность, переносит пониженную влажность и способен сохраняться в почве и хранилищах, что затрудняет фитосанитарный контроль [13].

Род *Heterodera* включает в себя ряд видов, поражающих злаковые, пасленовые, бобовые культуры (в том числе *Heterodera schachtii*, *H. avenae*, *H. glycines* и др.). Основная особенность представителей рода – формирование плотной цисты, сохраняющейся в почве до 10–15 лет. Инвазия сопровождается угнетением растений, нарушением формирования корневой системы, снижением урожайности и качественных характеристик продукции. Ввиду высокой устойчивости цист к химическим препаратам вид рассматривается как приоритетный объект для биологического контроля [13].

Северная галловая нематода (*Meloidogyne hapla*) – один из наиболее агрессивных видов рода *Meloidogyne*, способный развиваться в условиях как защищенного, так и открытого грунта. Данный вид способен наносить значительный экономический ущерб, снижая урожайность до 80% за счет формирования галлов на корневой системе, которые нарушают транспорт воды и питательных веществ. У пораженных растений наблюдаются симптомы дефицита элементов питания, угнетение роста и повышенная восприимчивость к фитопатогенам [14]. Кроме того, данные повреждения нематодами становятся благоприятным фактором для развития многих грибных и бактериальных заболеваний – например, фузариоза, вертицеллеза, бактериального рака [14].

В работах А.С. Титовой [15] отражены исследования по изучению видового состава комплекса вредных организмов земляники садовой в Центральном регионе РФ, а также применению термотерапии как одного из способов защиты и оздоровления сортаменты земляники садовой от комплекса вредных организмов: нематод, клещей, грибов, оомицетов.

Значительный вклад в изучение фауны фитопаразитических нематод внесли С.Б. Таболин с соавт. [16], которые провели исследования в агроэкосистемах Московского региона и Крыма. В ходе исследований в Московской области было идентифицировано 146 видов фитопаразитических нематод включая 111 облигатных корневых паразитов и 13 видов со статусом *species inquirendae*. В агроценозах Крыма, особенно на участках с заброшенными и раскорчеванными садами, доля фитонематод в общей

структуре нематодофауны составляла от 26 до 36%, что свидетельствует о высоком фитоценотическом потенциале данных территорий.

Сложность борьбы с фитонематодами обусловлена их различными биоэкологическими стратегиями. Эти организмы могут вести как эктопаразитический, так и эндопаразитический образ жизни. Так, представители рода *Pratylenchus* (мигрирующие эндопаразиты) поражают корневую систему, разрушая клетки изнутри и провоцируя образование некрозов [17].

Одним из перспективных направлений экологически безопасной борьбы с фитопаразитическими нематодами является применение бактерий и грибов-нематофагов. Эти естественные враги нематод участвуют в регуляции их численности в почвенной среде за счет хищничества, паразитизма или антагонизма [18]. Во многих странах мира, в том числе в России, учеными-исследователями подтверждено широкое распространение таких микроорганизмов, обладающих выраженной специфичностью и высокой биологической активностью. На их основе учеными создаются биопрепараты для защиты растений от нематод – бионематициды.

Известно более 700 видов грибов-нематофагов [18]. Почвенные нематофаговые грибы представляют собой неоднородную группу микроорганизмов, выступающих в качестве естественных антагонистов фитопаразитических нематод. Они используют тело нематод в качестве источника углерода, азота и других жизненно важных элементов. Среди них встречаются как облигатные паразиты, так и факультативные сапротрофы, способные к существованию вне организма хозяина. Так, гриб *Arthrobotrys oligospora* Fresen. (1850), относящийся к семейству *Orbiliaceae* (класс *Orbiliomycetes*, отдел *Ascomycota*), является широко известным представителем хищных грибов-нематофагов. *A. oligospora* способен к сапротрофному росту с использованием широкого спектра источников азота (нитрит, нитрат, аммоний) и углерода (включая высокомолекулярные соединения – такие, как пектин, целлюлоза и хитин), однако в условиях дефицита азота гриб формирует ловчие петли для захвата нематод, которые служат дополнительным источником азотного питания. Благодаря такой способности *A. oligospora* широко используется для биологического контроля фитопатогенных нематод [19].

Грибы-нематофаги применяются в качестве биологических нематицидов для подавления фитопаразитических нематод [20]. Они поражают вредителей за счет паразитирования и выделения токсичных соединений, приводящих к гибели нематод, а также активируют защитные реакции растений. Использование таких грибов как средства биоконтроля считается одним из наиболее эффективных и экологически безопасных подходов к устойчивому земледелию.

В зависимости от механизма антагонистического воздействия на фитопаразитических нематод нематофаговые грибы подразделяются на следующие группы [21]: виды, способные привлекать нематод посредством выделения аттрактантов; эндопаразиты, проникающие в организм нематод и развивающиеся внутри него; грибы, продуцирующие токсические соединения, нарушающие жизнедеятельность нематод; грибы, специализированные на паразитировании яиц; виды, активирующие у растений защитные механизмы, что приводит к снижению численности или подавлению активности галловых нематод.

Биологические препараты, содержащие грибы-нематофаги, обладают рядом преимуществ перед химическими нематицидами, что делает их более перспективными для применения в устойчивом сельском хозяйстве. Они отличаются экологической безопасностью, не оказывают негативного воздействия на почвенные микроорганизмы, не накапливаются в урожае и удобны в использовании. Важным условием является способность используемых грибов успешно развиваться в условиях конкретного

агроценоза, несмотря на влияние химических, физических и биологических свойств почвы, включая присутствие фунгистатических веществ [22].

В современных исследованиях можно выделить две основные стратегии использования грибов-нематофагов в биологической защите растений. Первая предполагает внесение высоких концентраций грибов в почву либо предварительную инокуляцию семян биопрепаратами на их основе, что обеспечивает колонизацию ризосферы и формирование защитного микробного барьера до начала нематодного заражения корневой системы растений. Вторая связана с совершенствованием составов бионематицидов путем включения грибов-нематофагов в качестве дополнительных агентов биоконтроля, что повышает их жизнеспособность, адаптивность и эффективность в рамках интегрированных стратегий защиты растений [23].

В условиях совместимости компонентов применение грибов-нематофагов в сочетании с пониженными дозами химических нематицидов или растительных средств может обеспечивать синергетический эффект [24]. Например, совместное использование гриба *Trichoderma viride* и нематицида карбофурана способствует увеличению вегетативных параметров риса (высота растений, длина корней), а также снижению численности нематод *Meloidogyne graminicola*. Аналогично введение гриба *Purpureocillium lilacinum* в композицию с нимовыми брикетами повышало заражаемость яиц *Nacobbus incognita* и стимулировало рост томата.

Дополнительные подходы включают в себя применение фитогормонов – таких, как абсцизовая кислота (АБК), которая усиливает защитные реакции растений и повышает эффективность ловчих структур у гриба *Dactylellina stenobrocha* [25]. Эффективность комплексного контроля над корневыми нематодами также была подтверждена при использовании бактерий *Pseudomonas fluorescens* и мультивидовых грибных консорциумов.

В результате множества исследований ученых по всему миру, в том числе в России, выделены штаммы бактерий-антагонистов, имеющих нематицидную активность в комплексе с высокой биологической и хозяйственной эффективностью [26]. Это, например, относящиеся к *Agrobacterium sp.*, *Arthrobacter sp.*, *Azotobacter sp.*, *Clostridium sp.*, *Desulfovibrio sp.*, *Serratia sp.*, *Burkholderia sp.*, *Azospirillum sp.*, *Bacillus sp.*, *Chromobacterium sp.* и *Corynebacterium sp.*

Среди микроорганизмов, способных подавлять фитопаразитических нематод, – почвенные бактерии благодаря комплексу биологических механизмов. Ключевыми из них являются успешная конкуренция за экологические ниши, активное освоение поверхности растительных тканей и синтез соединений с нематицидными и антимикробными свойствами – таких, как антибиотики, токсины, сидерофоры и гидролитические ферменты. Действие этих микроорганизмов и их метаболитов направлено как на сами растения, так и на структуру и функционирование микробных сообществ в ризосфере [27]. Прямое подавление нематод реализуется через паразитизм, антибиоз или вытеснение в результате конкуренции за питательные ресурсы и места проникновения. Косвенные механизмы включают в себя активацию защитных реакций растения, в частности, индуцированной системной резистентности (ИСР).

Особый интерес вызывают бактерии семейств *Bacillaceae* и *Pseudomonadaceae*, эффективно действующие против представителей рода *Meloidogyne*. Эти микроорганизмы широко распространены в природных условиях и преимущественно обитают в зоне корневых систем [28].

Исследования *in vitro* подтверждают высокую нематицидную активность ряда бактериальных штаммов против фитопаразитических нематод. Наибольшую эффективность демонстрируют представители рода *Bacillus*, в том числе *B. subtilis*, *B. cereus*, *B. amyloliquefaciens* и *B. firmus*, вызывая до 100% смертности личинок второго

возраста (*Meloidogyne spp.*, *Heterodera filipjevi*, *Aphelenchoides besseyi*, *Bursaphelenchus xylophilus*) и более 60% – яиц. Эффект сопоставим с действием химических нематодицидов, что подтверждается данными скрининга более 600 бактериальных изолятов [29].

Нематицидная активность отмечена также у штаммов *Serratia proteamaculans*, *Serratia plymuthica*, *Pseudomonas chlororaphis* и *P. fluorescens*, поражающих широкий спектр мигрирующих и седентарных видов нематод (*Pratylenchus coffeae*, *Xiphinema index*) [30]. Эффективность бактериальных фильтратов часто превышает результаты, получаемые при использовании живых культур, что, вероятно, связано с конкуренцией с аборигенной микробиотой в почве.

Совокупность данных указывает на перспективность использования определенных бактериальных штаммов в качестве биологических нематодицидов, однако их эффективность зависит от вида-мишени, формы применения (фильтрат или живая культура) и условий среды, что требует оптимизации для полевых технологий [31].

Наибольшее число зарегистрированных бактериальных нематодицидов приходится на США и Бразилию, где наиболее распространены штаммы *Bacillus subtilis* и *B. amyloliquefaciens*. В Европе разрешено применение *Bacillus firmus* I-1582 и *B. amyloliquefaciens* FZB42 против нематод и личинок жуков-щелкунов на овощных культурах [32].

Сведения об эффективности коммерческих бактериальных препаратов остаются ограниченными и противоречивыми, что особенно характерно для средств на основе *Pasteuria* [33]. Более высокую перспективность показывают препараты, содержащие *Bacillus*, *Pseudomonas* и *Serratia*, способные сочетать подавление галловых нематод с фитостимулирующим и антагонистическим действием в отношении патогенных микроорганизмов.

Перспективными методами борьбы с фитопаразитическими нематодами являются растительные методы – использование сидератов и растений-антагонистов (бархатцы, ноготки, горчица), которые выделяют нематотоксичные соединения, угнетающие развитие нематод (например, выращивание сидератной ловчей культуры, снижающей инвазионную нагрузку). Выращивание викоовсяной смеси в виде ловчей сидератной культуры в межсезонный период позволяет снизить в 1,5 раза распространение галловой нематоды. При этом средний балл поражения корневой системы снижается в 1,1 раза, а индекс галлообразования растений увеличивается в 1,7 раза. Биологическая эффективность прямого воздействия на нематоду данного агроприема составляет 39,6% [34].

Механизм действия растений-антагонистов – таких, как бархатцы (*Tagetes spp.*), заключается в том, что они выделяют в почву вещества, обладающие нематицидной активностью [35]. Это связано с наличием в их корнях и надземной части соединений – таких, как α -тертион, метантион и тиофены, которые токсичны для нематод. Исследования показали, что высеv бархатцев в севооборот или их использование в качестве междурядья могут значительно снизить численность фитопаразитических нематод – таких, как *Meloidogyne* и *Heterodera*. Календула лекарственная (*Calendula officinalis*) обладает свойствами, схожими со свойствами бархатцев, благодаря выделению в почву веществ, угнетающих развитие нематод [36]. Несмотря на то, что данные о прямом воздействии «ноготков» на фитопаразитических нематод ограничены, их использование в севообороте может способствовать улучшению структуры почвы и снижению численности вредителей. Горчица белая (*Sinapis alba*) выделяет в почву глюкозинолаты, которые при разложении образуют синильную кислоту, обладающую токсичностью для нематод [37]. Применение горчицы в качестве сидерата может также существенно снизить численность нематод – таких, как *Meloidogyne* и *Heterodera*. Особенно эффективны эти растения при применении в сочетании с другими методами защиты.

Существуют фитохимические средства – такие, как экстракты и эфирные масла растений, которые обладают нематодицидной активностью и могут служить в качестве экологически безопасной альтернативы химическим пестицидам в борьбе с фитопаразитическими нематодами. Так, чеснок (*Allium sativum* L.) содержит активные соединения: аллицин, S-аллилцистеин и полиаллилы, обладающие антиоксидантной, антибактериальной, противогрибковой и нематодицидной активностью [38]. Эти вещества нарушают клеточные мембраны нематод, ингибируют ферменты и влияют на метаболические процессы, приводя к их гибели. Исследования показали, что экстракты чеснока и его эфирные масла обладают выраженной нематодицидной активностью против различных видов нематод включая *Meloidogyne incognita*. Использование чеснока в качестве биологического средства защиты растений может включать в себя внесение экстрактов в почву, обработку корней растений или применение в составе компостов.

Ним (*Azadirachta indica* L.) содержит азадирахтин, который воздействует на нервную систему нематод, нарушая их развитие и репродукцию [39], а также обладает антиоксидантной и противовоспалительной активностью. Применение экстрактов из нима в качестве биологического средства защиты растений показало снижение численности нематод в почве и на корнях растений. Экстракты нима можно применять в виде поливов, опрыскиваний или в составе мульчи для подавления популяций нематод.

Эфирные масла эвкалипта (*Eucalyptus spp.*) содержат цинеол (эвкалиптол), который обладает нематодицидной активностью, воздействуя на нервную систему нематод и нарушая их жизненные процессы [40]. Исследования показали, что эфирные масла эвкалипта, особенно *Eucalyptus meliodora*, обладают выраженной нематодицидной активностью против *M. incognita*.

Таким образом, все рассмотренные методы биологической защиты растений, используемые в борьбе с фитопаразитическими нематодами, на сегодняшний день в той или иной степени являются актуальными и перспективными. Кроме того, большинство из них используется в научно-исследовательских и экспериментальных работах учеными ФГБНУ ФНЦБЗР. Так, в 2023 г. на базе лаборатории биорациональных средств и технологий защиты растений для ведения экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства в лабораторных условиях исследовалась нематодицидная активность двух жидких грибных культур: *Paecilomyces lilacinus* ВК-6 и *Metarhizium anisopliae* ВК-2. Она составила 100,0 и 70,2% соответственно, превысив значения биологического стандарта (Нематофагин-Микопро) на 38,4 и 8,8%. Наибольшая биологическая эффективность была отмечена в жидких культурах *P. lilacinus* ВК-6, *M. anisopliae* ВК-2 и *Arthrobotrys conoides* ВК-8 при внесении в почву перед посадкой томатов [41]. На базе данной лаборатории было также доказано, что препараты на основе *Trichoderma* (Триходермин, Трихоцин и др.) обладают большим потенциалом для применения в сельском хозяйстве как средства биоконтроля галловых нематод. Зарегистрированных и разрешенных к применению на территории РФ нематодицидов совсем немного, поэтому создание новых биопрепаратов для защиты от фитонематод является актуальным. В 2022 г. при проведении первичного скрининга нематодицидной активности аборигенных грибов рода *Trichoderma*, выделенных из ризосферы растений огурца и томата, пораженных мелойдогинозом, установлено, что наилучший результат показали изоляты *Trichoderma atroviride* ИГ09 (титр 1×10^6 , КОЕ/мл) и *Trichoderma atroviride* ИГ07 (титр 1×10^6 , КОЕ/мл). Они превышали показатели контроля на 68,3 и 76,1% соответственно. После подтверждения эффективности в условиях вегетационного опыта было рекомендовано данные изоляты использовать как потенциальные биоагенты галловых нематод.

Выводы Conclusions

Фитопаразитические нематоды широко распространены и наносят значительный ущерб сельскохозяйственным культурам различных семейств, снижая урожайность и качество продукции. Наибольшее хозяйственное значение имеют виды родов *Meloidogyne*, *Heterodera*, *Globodera* и др.

Для контроля фитопаразитических нематод применяются различные экологически безопасные методы, включающие в себя:

- биологические: грибы и бактерии-антагонисты, хищные грибы и хищные нематоды, ловчие грибы. Механизмы действия их разнообразны: паразитизм, хищничество, конкуренция, синтез биологически активных метаболитов (токсины, ферменты, антибиотики);

- растительные методы: использование сидератов и растений-антагонистов (бархатцы, календула, горчица), которые выделяют нематотоксичные соединения, угнетающие развитие нематод;

- фитохимические средства: экстракты и эфирные масла растений (чеснок, ним, эвкалипт), обладающие прямым нематотоксичным эффектом.

Эффективность отдельных методов зависит от условий применения. Так, лабораторные штаммы грибов и бактерий иногда плохо адаптируются к полевым условиям и уступают конкурентоспособности аборигенной микрофлоры. Хищные нематоды и ловчие грибы ограничены сложностью массового разведения. Растительные экстракты требуют точного подбора дозировки и способа применения.

Перспективным направлением является комплексное применение экологически безопасных методов с учетом особенностей распространения нематод, биологии культур и структуры агроэкосистем. Такой подход обеспечивает снижение численности фитопаразитических нематод, сохранение здоровья почвы и экологическую безопасность сельскохозяйственного производства.

Список источников

1. Зиновьева С.В., Чижов В.Н., Приданников М.В., Субботин С.А. и др. *Фитопаразитические нематоды России*. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. 386 с.
2. Ахатов А.К., Ижевский С.С. *Вредители тепличных и оранжерейных растений (морфология, образ жизни, вредоносность, борьба)*. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 307 с.
3. Зиновьева С.В., Буторина Н.Н., Удалова Ж.В., Хасанова О.С. и др. Мировые коллекции паразитических червей // *Известия Российской академии наук. Серия биологическая*. 2015. № 6. С. 627. <https://doi.org/10.7868/S0002332915060144>
4. Karuri H.W., Olago D., Neilson R., Mararo E. et al. Survey of root knot nematodes and resistance to *Meloidogyne incognita* in sweet potato varieties from Kenyan fields. *Crop Protection*. 2017;92:114-121. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.10.020>
5. Nickle W.R. Manual of Agricultural Nematology. Marcel Dekker, New York. (Root-Knot Nematodes: *Meloidogyne* Species and Races. J.D. Eisenback, H.H. Triantaphyllou). 1991:191-274. <https://doi.org/10.1201/9781003066576-6>
6. Кудрин А.А., Сушук А.А. Методы исследования сообществ почвенных нематод // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2022. Т. 7, № 2. С. 44–71. <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2022-2-5>

7. Каплин В.Г. *Прикладная нематология*. Самара: ФГБОУ ВПО Самарская ГСХА, 2012. 383 с.
8. Бухонова Ю.В. Защита томата и огурца от почвенных патогенов в теплицах // *Защита и карантин растений*. 2012. № 1. С. 48–50. EDN: OMBLTH
9. Stirling G.R. *Biological control of plant parasitic nematodes: Building Coherence between Microbial Ecology and Molecular Mechanisms*. 2011:304. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9648-8_1
10. Tian B., Yang J., Zhang K.-Q. Bacteria used in the biological control of plant – parasitic nematode: Populations, mechanisms of action and future prospects. *FEMS Microbiology Ecology*. 2007;61:197-213. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2007.00349.x>
11. Migunova V.D., Tabolin S.B., Stranishvskaya E.P., Matveykina E.A. et al. Plant-parasitic nematodes associated with grapevines in Crimea. *Russian Journal of Nematology*. 2017;25:148. EDN: ZGTCKR
12. Куцев И.В. Клубневой анализ как метод защиты картофеля в Астраханской области // *Прикаспийский Международный молодежный научный форум агропротехнологий и продовольственной безопасности*. Астрахань: Астраханский государственный университет им. В.Н. Татищева, 2022. С. 197–199. EDN: HNNPGU
13. Jain A., Li T., Huston D.C., Kaur J. et al. Insights from draft genomes of Heterodera species isolated from field soil samples. *BMC genomics*. 2025;26(1):158. <https://doi.org/10.1186/s12864-025-11351-0>
14. Хомяк А.И., Асатурова А.М., Сидоров Н.М., Дубяга В.М. Биологический контроль фитопаразитических нематод на основе микроорганизмов (обзор) // *Таврический вестник аграрной науки*. Т. 27, № 3. 2021. С. 191–219. <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-3-27-191-219>
15. Титова А.С. Экологически безопасные способы защиты растений земляники садовой от комплекса вредных организмов // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2010. Т. 24, № 2. С. 235–241. EDN: MSNADD
16. Таболин С.Б. К вопросу о фауне корневых фитопаразитических нематод Московского региона // *Russian Agricultural Science Review*. 2015. Т. 6, № 6-2. С. 8–9. EDN: UBZYVD
17. Метлицкий О.З. *Основы водного термического обеззараживания растений: метод. указания*. М.: ВСТИСП, 2002. 90 с.
18. De Freitas Soares F.E., Sufiate B.L., de Queiroz J.H. Nematophagous fungi: far beyond the endoparasite, predator and ovicidal groups. *Agriculture and Natural Resources*. 2018;52(1):1-8. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2018.05.010>
19. Hastuti L.D.S., Faull J. Wheat bran soil inoculant of sumateran nematode-trapping fungi as biocontrol agents of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on deli tobacco (*Nicotiana tabaccum* L.). *Earth and Environmental Science*. 2018;130:1-12. <https://doi.org/article/10.1088/1755-1315/130/1/012009/pdf>
20. Kim Y.H. Predatory nematodes as biocontrol agents of phytonematodes. In *Biocontrol Agents of Phytonematodes*, eds T.K. Askary, P.R.P. Martinelly (CABI). 2015:393-420. <https://doi.org/10.1079/9781780643755.0393>
21. Swe A., Li J., Zhang K.Q. Nematode-trapping fungi. *Curr. Res. Environ. Appl. Mycol*. 2011;1:1-26
22. Yang C.-T., Ulzurrun G.V.-D., Goncalves A.P., Lin H.-C. et al. Natural diversity in the predatory behavior facilitates the establishment of a new robust model strain for nematode-trapping fungi. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2020;117:6762-6770. <https://doi.org/10.1073/pnas.1919726117>

23. Seong J., Shin J., Kim K., Cho B.-K. Microbial production of nematicidal agents for controlling plant-parasitic nematodes. *Process Biochem.* 2021;108:69-79. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2021.06.006>
24. Pankaj H.S., Singh K., Lal J. Management of rice root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola* in rice (*Oryza sativa*). *Indian J. Agric. Sci.* 2015;85:701-704.
25. Xu L.L., Lai Y.L., Wang L., Liu X.Z. Effects of abscisic acid and nitric oxide on trap formation and trapping of nematodes by the fungus *Drechslerella stenobrocha* AS6.1. *Fungal Biol.* 2011;115:97-101. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2010.10.006>
26. Gao H., Qi G., Yin R., Zhang H. et al. *Bacillus cereus* strain S2 shows high nematicidal activity against *Meloidogyne incognita* by producing sphingosine. *Scientific Reports.* 2016;6(24):28756. <https://doi.org/10.1038/srep28756>
27. Ayaz M., Ali Q., Farzand A., Khan A.R. et al. Nematicidal volatiles from *Bacillus atrophaeus* GBSC56 promote growth and stimulate induced systemic resistance in tomato against *Meloidogyne incognita*. *Int. J. Mol. Sci.* 2021;22:5049. <https://doi.org/10.3390/ijms22095049>
28. Dehghanian S.Z., Abdollahi M., Charehgani H., Niazi A. Combined of salicylic acid and *Pseudomonas fluorescens* CHA0 on the expression of PR1 gene and control of *Meloidogyne javanica* in tomato. *Biol. Control.* 2020;141:104134. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104134>
29. Zhang J., Li Y., Yuan H., Sun B. et al. Biological control of the cereal cyst nematode (*Heterodera filipjevi*) by *Achromobacter xylosoxidans* isolate 09X01 and *Bacillus cereus* isolate 09B18. *Biol. Control.* 2016;92:1-6. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.08.004>
30. Halimah D., Munif A. *Giyanto* Effectiveness of endophytic bacterial consortium of coffee plant on mortality of *Pratylenchus coffeae* in vitro. *Pelita Perkebunan, a Coffee Cocoa. Res. J.* 2015;31:175-185. <https://doi.org/10.22302/iccir.jur.pelitaperkebunan.v31i3.205>
31. Aballay E., Prodan S., Zamorano A., Castaneda-Alvarez C. Nematicidal effect of rhizobacteria on plant-parasitic nematodes associated with vineyards. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2017;33:131. <https://doi.org/10.1007/s11274-017-2303-9>
32. Liang L.M., Zou C.G., Xu J., Zhang K.Q. Signal pathways involved in microbe–nematode interactions provide new insights into the biocontrol of plant-parasitic nematodes. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 2019;374:20180317. <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0317>
33. Xiang N., Lawrence K.S., Kloepper J.W., Donald P.A. Biological control of *Rotylenchulus reniformis* on soybean by plant growth-promoting rhizobacteria. *Nematropica.* 2018;48:116-125
34. Котельникова О.Б., Кононова О.М. Приемы борьбы с мелойдогинозом при выращивании огурца в зимних блочных теплицах на грунтах // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии.* 2023. № 6. С. 35–44. EDN: HXZFFG
35. Huang Y., Zhang Y., Zhang J. Allelopathic potential of African marigold (*Tagetes erecta*) for nematode suppression. *Scientific Reports.* 2022;12(1):1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23517-x>
36. Karakas M., Bolukbasi E.A. Using marigolds (*Tagetes* spp.) as an alternative to chemical nematicides for nematode management. *International Journal of Advanced Engineering. Management and Science.* 2019;5(9):556-561. <https://doi.org/10.22161/ijaems.59.3>
37. Abdel-Baset S.H. Nematicidal activity of white mustard seeds as promising biofumigant. *ACS Agricultural Science & Technology.* 2015;5(4):1023-1029. <https://doi.org/10.1021/acsagstech.5c00465>

38. Thapa S., Shrestha R., Kayastha S., Fialová L. et al. Nematicidal activity of garlic (*Allium sativum*) extract against *Meloidogyne incognita* on tomato. *Plants*. 2021;10(3):499. <https://doi.org/10.3390/plants10030499>
39. Nile A.S., Nile S.H., Keum Y.S. Nematicidal potential and specific enzyme activity enhancement potential of neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) aerial parts. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2018;25(5):4204-4213. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0821-5>
40. Ntalli N.G., Ferrari F., Giannakou I., Menkissoglu-Spiroudi U. Synergistic and antagonistic interactions of terpenes against *Meloidogyne incognita* and the nematicidal activity of essential oils from seven plants in digenousto Greece. *Pest Management Science*. 2011;67(4):341-351. <https://doi.org/10.1002/ps.2070>
41. Nekoval S.V., Churikova A.K., Chernyakov M.N., Pridannikov M.V. Primary Screening of Microorganisms against *Meloidogyne* hapla (Chitwood, 1949) under the Conditions of Laboratory and Vegetative Tests on Tomato. *Plants*. 2023;12(18):3323. <https://doi.org/10.3390/plants12183323>

References

1. Zinovieva S.V., Chizhov V.N., Pridannikov M.V., Subbotin S.A. et al. *Plant-parasitic nematodes of Russia*. Moscow, Russia: KMK Scientific Press Ltd., 2012:386. (In Russ.)
2. Akhatov A.K., Izhevskiy S.S. *Pests of greenhouse and hothouse plants (morphology, lifestyle, harmfulness, control)*. Moscow, Russia: KMK Scientific Press Ltd., 2004:307. (In Russ.)
3. Zinovieva S.V., Butorina N.N., Udalova Zh.V., Khasanova O.S. et al. World collections of parasitic worms. *Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biological Series*. 2015;(6):627. (In Russ.) <https://doi.org/10.7868/S0002332915060144>
4. Karuri H.W., Olago D., Neilson R., Mararo E. et al. Survey of root knot nematodes and resistance to *Meloidogyne incognita* in sweet potato varieties from Kenyan fields. *Crop Protection*. 2017;92:114-121. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.10.020>
5. Nickle W.R. Manual of Agricultural Nematology. Marcel Dekker, New York. (Root-Knot Nematodes: *Meloidogyne* Species and Races. J.D. Eisenback, H.H. Triantaphyllou). 1991:191-274. <https://doi.org/10.1201/9781003066576-6>
6. Kudrin A.A., Sushchuk A.A. Methods for studying soil nematode communities. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2022;7(2):44-71. (In Russ.) <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2022-2-5>
7. Kaplin V.G. *Applied nematology*. Samara, Russia: Samara State Agrarian University, 2012:383. (In Russ.)
8. Bukhonova Yu.V. Protection of tomatoes and cucumbers from soil pathogens in nurseries. *Plant Protection and Quarantine*. 2012;(1):48-50. (In Russ.)
9. Stirling G.R. *Biological control of plant parasitic nematodes: Building Coherence between Microbial Ecology and Molecular Mechanisms*. 2011:304. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9648-8_1
10. Tian B., Yang J., Zhang K.-Q. Bacteria used in the biological control of plant – parasitic nematode: Populations, mechanisms of action and future prospects. *FEMS Microbiology Ecology*. 2007;61:197-213. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2007.00349.x>
11. Migunova V.D., Tabolin S.B., Stranishevskaya E.P., Matveykina E.A. et al. Plant-parasitic nematodes associated with grapevines in Crimea. *Russian Journal of Nematology*. 2017;25:148.
12. Kushchev I.V. Tuberous analysis as a method of potato protection in the astrakhan region. *Prikaspiyskiy mezhdunarodniy molodezhniy nauchniy*

forum agropromtekhnologii i prodovolstvennoy bezopasnosti. January 10 – December 30, 2022. Astrakhan, Russia: Astrakhan Tatishchev State University, 2022:197-199. (In Russ.)

13. Jain A., Li T., Huston D.C., Kaur J. et al. Insights from draft genomes of Heterodera species isolated from field soil samples. *BMC Genomics*. 2025;26(1):158. <https://doi.org/10.1186/s12864-025-11351-0>

14. Khomyak A.I., Asaturova A.M., Sidorov N.M., Dubyaga V.M. Biological control of phytoparasitic nematodes based on microorganisms (review). *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2021;27(3):191-219. (In Russ.) <https://doi.org/10.33952/2542-0720-2021-3-27-191-219>

15. Titova A.S. Environmentally safe methods for protecting garden strawberry plants from a complex of harmful organisms. *Pomiculture and Small Fruits Culture in Russia*. 2010;24(2):235-241. (In Russ.)

16. Tabolin S.B. On the fauna of root phytoparasitic nematodes in the Moscow region. *Russian Agricultural Science Review*. 2015;6(6-2):8-9. (In Russ.)

17. Metlitskiy O.Z. *Fundamentals of aqueous thermal disinfection of plants: guidelines*. Moscow, Russia: All-Russia Selection and Technological Institute of Horticulture and Nursery, 2002:90. (In Russ.)

18. De Freitas Soares F.E., Sufiate B.L., de Queiroz J.H. Nematophagous fungi: far beyond the endoparasite, predator and ovicidal groups. *Agriculture and Natural Resources*. 2018;52(1):1-8. <https://doi.org/10.1016/j.anres.2018.05.010>

19. Hastuti L.D.S., Faull J. Wheat bran soil inoculant of sumateran nematode-trapping fungi as biocontrol agents of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on deli tobacco (*Nicotiana tabaccum* L.). *Earth and Environmental Science*. 2018;130:1-12. <https://doi.org/article/10.1088/1755-1315/130/1/012009/pdf>

20. Kim Y.H. Predatory nematodes as biocontrol agents of phytonematodes. In *Biocontrol Agents of Phytonematodes*, eds T.K. Askary, P.R.P. Martinelly (CABI). 2015:393-420. <https://doi.org/10.1079/9781780643755.0393>

21. Swe A., Li J., Zhang K.Q. Nematode-trapping fungi. *Curr. Res. Environ. Appl. Mycol*. 2011;1:1-26.

22. Yang C.-T., Ulzurrun G.V.-D., Goncalves A.P., Lin H.-C. et al. Natural diversity in the predatory behavior facilitates the establishment of a new robust model strain for nematode-trapping fungi. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 2020;117:6762-6770. <https://doi.org/10.1073/pnas.1919726117>

23. Seong J., Shin J., Kim K., Cho B.-K. Microbial production of nematocidal agents for controlling plant-parasitic nematodes. *Process Biochem*. 2021;108:69-79. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2021.06.006>

24. Pankaj H.S., Singh K., Lal J. Management of rice root-knot nematode, *Meloidogyne graminicola* in rice (*Oryza sativa*). *Indian J. Agric. Sci.* 2015;85:701-704.

25. Xu L.L., Lai Y.L., Wang L., Liu X.Z. Effects of abscisic acid and nitric oxide on trap formation and trapping of nematodes by the fungus *Drechslerella stenobrocha* AS6.1. *Fungal Biol*. 2011;115:97-101. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2010.10.006>

26. Gao H., Qi G., Yin R., Zhang H. et al. *Bacillus cereus* strain S2 shows high nematocidal activity against *Meloidogyne incognita* by producing sphingosine. *Scientific Reports*. 2016;6(24):28756. <https://doi.org/10.1038/srep28756>

27. Ayaz M., Ali Q., Farzand A., Khan A.R. et al. Nematicidal volatiles from *Bacillus atrophaeus* GBSC56 promote growth and stimulate induced systemic resistance in tomato against *Meloidogyne incognita*. *Int. J. Mol. Sci.* 2021;22:5049. <https://doi.org/10.3390/ijms22095049>

28. Dehghanian S.Z., Abdollahi M., Charehgani H., Niazi A. Combined of salicylic acid and *Pseudomonas fluorescens* CHA0 on the expression of PR1 gene and control of *Meloidogyne javanica* in tomato. *Biol. Control.* 2020;141:104134. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104134>
29. Zhang J., Li Y., Yuan H., Sun B. et al. Biological control of the cereal cyst nematode (*Heterodera filipjevi*) by *Achromobacter xylosoxidans* isolate 09X01 and *Bacillus cereus* isolate 09B18. *Biol. Control.* 2016;92:1-6. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.08.004>
30. Halimah D., Munif A. *Giyanto* Effectiveness of endophytic bacterial consortium of coffee plant on mortality of *Pratylenchus coffeae* in vitro. *Pelita Perkebunan, a Coffee Cocoa. Res. J.* 2015;31:175-185. <https://doi.org/10.22302/iccri.jur.pelitaperkebunan.v31i3.205>
31. Aballay E., Prodan S., Zamorano A., Castaneda-Alvarez C. Nematicidal effect of rhizobacteria on plant-parasitic nematodes associated with vineyards. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2017;33:131. <https://doi.org/10.1007/s11274-017-2303-9>
32. Liang L.M., Zou C.G., Xu J., Zhang K.Q. Signal pathways involved in microbe–nematode interactions provide new insights into the biocontrol of plant-parasitic nematodes. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 2019;374:20180317. <https://doi.org/10.1098/rstb.2018.0317>
33. Xiang N., Lawrence K.S., Kloepper J.W., Donald P.A. Biological control of *Rotylenchulus reniformis* on soybean by plant growth-promoting rhizobacteria. *Nematropica.* 2018;48:116-125.
34. Kotelnikova O.B., Kononova O.M. Methods of fighting meloidogynosis when growing cucumber in winter block greenhouses on ground. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii.* 2023;(6):35-44. (In Russ.)
35. Huang Y., Zhang Y., Zhang J. Allelopathic potential of African marigold (*Tagetes erecta*) for nematode suppression. *Scientific Reports.* 2022;12(1):1-11. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-23517-x>
36. Karakas M., Bolukbasi E.A. Using marigolds (*Tagetes* spp.) as an alternative to chemical nematicides for nematode management. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science.* 2019;5(9):556-561. <https://doi.org/10.22161/ijaems.59.3>
37. Abdel-Baset S.H. Nematicidal activity of white mustard seeds as promising biofumigant. *ACS Agricultural Science & Technology.* 2015;5(4):1023-1029. <https://doi.org/10.1021/acsagascitech.5c00465>
38. Thapa S., Shrestha R., Kayastha S., Fialová L. et al. Nematicidal activity of garlic (*Allium sativum*) extract against *Meloidogyne incognita* on tomato. *Plants.* 2021;10(3):499. <https://doi.org/10.3390/plants10030499>
39. Nile A.S., Nile S.H., Keum Y.S. Nematicidal potential and specific enzyme activity enhancement potential of neem (*Azadirachta indica* A. Juss.) aerial parts. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 2018;25(5):4204-4213. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0821-5>
40. Ntalli N.G., Ferrari F., Giannakou I., Menkissoglu-Spiroudi U. Synergistic and antagonistic interactions of terpenes against *Meloidogyne incognita* and the nematicidal activity of essential oils from seven plants in digenousto Greece. *Pest Management Science.* 2011;67(4):341-351. <https://doi.org/10.1002/ps.2070>
41. Nekoval S.V., Churikova A.K., Chernyakov M.N., Pridannikov M.V. Primary Screening of Microorganisms against *Meloidogyne hapla* (Chitwood, 1949) under the Conditions of Laboratory and Vegetative Tests on Tomato. *Plants.* 2023;12(18):3323. <https://doi.org/10.3390/plants12183323>

Сведения об авторах

Иван Викторович Горбунов, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории биорациональных средств и технологий защиты растений для ведения экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Российская Федерация, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 62; e-mail: giv79.79@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4702-9148>

Светлана Николаевна Нековаль, канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории биорациональных средств и технологий защиты растений для ведения экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Российская Федерация, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 62; e-mail: s.nekoval@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4217-3156>

Арина Константиновна Чурикова, научный сотрудник лаборатории биорациональных средств и технологий защиты растений для ведения экологизированного, ресурсосберегающего и органического сельского хозяйства, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр биологической защиты растений»; 350039, Российская Федерация, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 62; e-mail: arina.churikova98@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1429-4153>

Information about the authors

Ivan V. Gorbunov, CSc (Bio), Senior Research Associate at the Laboratory of Biorational Plant Protection Products and Technologies for Ecologized, Resource-Saving and Organic Agriculture, Federal Scientific Center for Biological Plant Protection; 62 Kalinina St., Krasnodar, Krasnodar Territory, 350039, Russian Federation, e-mail: giv79.79@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4702-9148>

Svetlana N. Nekoval, CSc (Bio), Senior Research Associate, Head of the Laboratory of Biorational Plant Protection Products and Technologies for Ecologized, Resource-Saving and Organic Agriculture, Federal Scientific Center for Biological Plant Protection; 62 Kalinina St., Krasnodar, Krasnodar Territory, 350039, Russian Federation, e-mail: s.nekoval@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4217-3156>

Arina K. Churikova, Research Associate at the Laboratory of Biorational Plant Protection Products and Technologies for Ecologized, Resource-Saving and Organic Agriculture, Federal Scientific Center for Biological Plant Protection; 62 Kalinina St., Krasnodar, Krasnodar Territory, 350039, Russian Federation, e-mail: arina.churikova98@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1429-4153>

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

**Отзывчивость пшеницы мягкой озимой сорта Гром
на азотные подкормки по предшественнику подсолнечник**

**Игорь Николаевич Кудряшов, Людмила Андреевна Беспалова,
Алина Юрьевна Игнатенко, Дмитрий Александрович Пономарев[✉],
Алексей Владимирович Михалко, Светлана Валерьевна Новикова**

Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко,
Краснодар, Россия

[✉]Автор, ответственный за переписку: 89298413754@mail.ru

Аннотация

Сорт пшеницы мягкой озимой Гром был включен в Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию в РФ в 2010 г. Ареал распространения данного сорта включает в себя 5 регионов. За последние три года он занимал первое место по посевным площадям в стране. Этот сорт отличается высокой отзывчивостью на повышение агрофона. Целью работы являлась агрономическая и экономическая оценка эффективности доз и сроков внесения азотных подкормок по предшественнику подсолнечник. В статье представлен анализ результатов 13-летнего изучения влияния 9 норм внесения азотных подкормок на урожайность, качество зерна и экономических показателей у сорта Гром по предшественнику подсолнечник. Полевые опыты проводились в ст. Ленинградской и в Краснодаре. Установлено с вероятностью 99,9%, что все изученные дозы азотных подкормок повышают урожайность и качество зерна, снижают его себестоимость. Максимальная урожайность сорта Гром в среднем за 13 лет установлена при норме внесения $N_{68}+N_{68}$: в Краснодаре – 90,2 ц/га, в ст. Ленинградской – 71,4 ц/га, содержание белка в зерне составляло более 13%. Этому варианту в Ленинградской соответствовал самый высокий чистый доход – 39269 руб/га, в Краснодаре – 71497 руб/га; рентабельность составила 157,8 и 211,5% соответственно.

Ключевые слова

пшеница, сорт Гром, урожайность, азотные подкормки, белок, себестоимость, затраты, чистый доход, рентабельность

Благодарности

Исследования выполнены в рамках соглашения № 075–15–2025–179 от 17.04.2025 г.

Для цитирования

Кудряшов И.Н., Беспалова Л.А., Игнатенко А.Ю., Пономарев Д.А. и др. Отзывчивость пшеницы мягкой озимой сорта Гром на азотные подкормки по предшественнику подсолнечник // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 3. С. 98–110.

Response of soft winter wheat variety Grom to nitrogen fertilizers following sunflower as a predecessor

Igor N. Kudryashov, Ludmila A. Bespalova, Alina Yu. Ignatenko,
Dmitriy A. Ponomarev✉, Aleksey V. Mikhalko, Svetlana V. Novikova

National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko

✉Corresponding author: 89298413754@mail.ru

Abstract

Soft winter wheat variety Grom was included in the State Register of Agricultural Plant Varieties and Hybrids Approved for Use in the Russian Federation in 2010. Its cultivation area includes five regions, and over the past three years it has ranked first in terms of sown area in the country. This variety is highly responsive to improved agricultural conditions. The aim of this study is to provide agronomic and economic assessment of the nitrogen application rates and timing efficiency following sunflower as a predecessor. The article analyzes the results of a 13-year study examining the impact of nine nitrogen application rates on yield, grain quality, and economic indicators of the variety Grom grown after sunflower. Field experiments were carried out in Leningradskaya village and Krasnodar city. It was established with 99.9% probability that all studying nitrogen application rate increases yield and grain quality while reducing production costs. The maximum yield of the variety Grom over the 13-year average was recorded at the application rate of $N_{68}+N_{68}$: 90.2 q/ha in Krasnodar and 71.4 q/ha in Leningradskaya, with grain protein content exceeding 13%. This treatment corresponded to the highest net income – 39,269 rubles/ha in Leningradskaya and 71,497 rubles/ha in Krasnodar, with profitability rates of 157.8% and 211.5%, respectively.

Keywords

wheat, variety Grom, yield, nitrogen fertilizers, protein, production cost, expenses, net income, profitability

Acknowledgments

The research was carried out within the framework of Agreement No. 075–15–2025–179 dated April 17, 2025.

For citation

Kudryashov I.N., Bespalova L.A., Ignatenko A.Yu., Ponomarev D.A. et al. Response of soft winter wheat variety Grom to nitrogen fertilizers following sunflower as a predecessor. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(3):98–110.

Введение

Introduction

Сорт Гром широко районирован (по 5 регионам допуска) и возделывается на больших площадях. Несмотря на то, что его включение в Государственный реестр селекционных достижений состоялось в 2010 г., востребованность сорта в производстве остается высокой. С каждым годом популярность сорта Гром возрастает, и площади, занимаемые под ним, увеличиваются. По данным ФГБУ «Россельхозцентр», за период последних лет, с 2023 по 2025 гг., по высеянному семенам в сельском

хозяйстве РФ первое место принадлежит сорту Гром [1]. За 17 лет сорт показал высокую адаптивность во времени и в пространстве (допущен к использованию в странах: Узбекистан, Киргизия, Азербайджан, Грузия, Армения, Казахстан и др.).

Несмотря на то, что за длительный период выращивания Гром неоднократно изучался учеными по различным направлениям [2–4], нами решено обобщить и проанализировать результаты за 13-летний период в двух точках агроэкологических опытов. Центральная зона Краснодарского края – г. Краснодар, северная зона Краснодарского края – ст. Ленинградская.

Остановимся на одних из значимых факторов при возделывании озимой пшеницы: влияние азотных подкормок и предшественника на величину и качество полученного урожая, а также реакция хозяйственно-ценных признаков под давлением изучаемых факторов [5].

Азотные подкормки являются одним из ведущих факторов получения высоких урожаев качественного зерна [6, 7]. Особое значение этот агроприем имеет при возделывании озимой пшеницы по предшественнику подсолнечник, который достаточно поздно освобождает поле и характеризуется высоким выносом из почвы элементов минерального питания и влаги. Большими проблемами при выращивании озимой пшеницы по этому предшественнику являются не только меньшая реализация потенциала урожайности сорта, но и резкое снижение качества зерна [8, 9].

Предшествующие культуры, выращенные до посева озимой пшеницы, играют важную роль в управлении величиной урожая зерна и его качества. Пшеницу на юге России возделывают преимущественно по непаровым предшественникам – таким, как подсолнечник, кукуруза, технические культуры, колосовые и др. [10]. Одним из таких сложных предшественников является подсолнечник, который сильно иссушает почву и в значительной степени при формировании урожая выносит питательные вещества из почвы. В то же время подсолнечник для колосовых культур является одним из лучших предшественников в фитосанитарном отношении [11]. Но для получения высоких и устойчивых урожаев озимой пшеницы необходимо применять все меры по улучшению условий произрастания. Обязательными являются внесение минеральных удобрений под основную обработку почвы с учетом содержания в почве NPK или при посеве [12] и дробное внесение азотных удобрений. Система подкормок озимой пшеницы обеспечивает стабильное получение высокого дополнительного дохода [13].

Цель исследований: агрономическая и экономическая оценка эффективности доз и сроков внесения азотных подкормок по предшественнику подсолнечник.

Методика исследований

Research method

В работе приводятся 13-летние данные полевых опытов, проведенных на полях НЦЗ им. П.П. Лукьяненко в г. Краснодаре и ст. Ленинградской. Объектом изучения был сорт Гром пшеницы мягкой озимой, высевавшийся по предшественнику подсолнечник. Изучалась его реакция на внесение азотных подкормок. Обработка почвы – поверхностная. Под основную обработку почвы вносилось основное удобрение: $N_{48}P_{48}K_{48}$ в Краснодаре и $N_{43}P_{78}K_{26}S_{24}$ в ст. Ленинградской. Оптимальный срок сева: в Краснодаре – около 10 октября, в Ленинградской – около 1 октября. Учетная площадь делянки – 15 м², повторность четырехкратная, расположение систематическое. Норма высева – 3,5 млн всхожих семян на 1 га. Азотные подкормки проводили в два срока: перед возобновлением весенней вегетации и в период выхода растений пшеницы в трубку. В каждый срок вносили 100, 200 кг аммиачной селитры,

на контроле азот не вносили. Всего в каждом пункте ежегодно изучалось 9 норм внесения азота. Уходные работы заключались в обработке посевов гербицидами, инсектицидами и внесении фунгицидов по флаг-листу. На опытных посевах осуществляли необходимые полевые наблюдения, в том числе фенологические, оценку устойчивости растений к болезням и вредителям. При этом использовали методику госсортоиспытания зерновых культур [14]. Уборку зерновых культур осуществляли прямым комбайнированием, урожай приводили к стандартной 14%-ной влажности. Содержание белка и клейковины в зерне, натуру зерна определяли в лабораторных условиях на приборе Infratek-1241. Статистическая обработка экспериментальных данных трехфакторного полевого опыта осуществлялась методом дисперсионного анализа, с помощью лицензионного статистического пакета *Statgraphics plus 4.0 for Windows*. Интерпретацию полученных результатов проводили по методике, изложенной Б.А. Доспеховым [15].

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Внесение азотных подкормок в ст. Ленинградской на сорте Гром по предшественнику подсолнечник независимо от срока и доз внесения в среднем за 13 лет имело высокий эффект с уровнем вероятности более 99,9% (табл. 1). Урожайность контроля уступала всем 8 вариантам азотной подкормки и составила 48,6 ц/га. Внесение минимальной дозы аммиачной селитры N_{34} в первый срок повышало урожайность на 16,6 ц/га, а внесение этой же дозы во второй срок было менее эффективным – прибавка составила 14,3 ц/га. Увеличение дозы до 2 ц аммиачной селитры при однократном внесении по влиянию на урожай было сопоставимо с минимальной дозой при более позднем внесении. Однако дробное внесение 2 ц аммиачной селитры увеличивало урожай до 66,1 ц/га, что статистически недостоверно выше варианта $N_{34}+N_0$, но с вероятностью 99,9% превышает варианты N_0+N_{34} , $N_{68}+N_0$ и N_0+N_{68} . Увеличение нормы внесения до 3 ц аммиачной селитры повышало урожайность: в варианте $N_{68}+N_{34}$ – до 68,0 ц/га, а в варианте $N_{34}+N_{68}$ – до 68,8 ц/га. Эти два варианта статистически недостоверно различаются; первый из них превышает вариант $N_{34}+N_{34}$ на 1,9 ц/га (вероятность 99,0%), а второй – на 2,7 ц/га (вероятность 99,9%).

Максимальная урожайность сорта Гром в среднем за 13 лет установлена в варианте $N_{68}+N_{68}$ (71,4 ц/га), что с вероятностью 99,9% превышает любой из изучаемых вариантов. Этому же варианту соответствовала максимальная урожайность в опыте в отдельном году (87,5 ц/га), что с вероятностью 99,9% превышает показатель контрольного варианта, но статистически недостоверно отличается от всех других вариантов подкормки. В 2025 г., в условиях засухи, вариант с максимальными дозами внесения азота сформировал низкий урожай – 24,4 ц/га, что уступает всем вариантам азотной подкормки, превосходя контрольный вариант всего на 1,6 ц/га. Максимальная минимальная урожайность сорта зафиксирована в варианте $N_{34}+N_0$ (36,7 ц/га), а также в вариантах $N_{34}+N_{68}$ и $N_{34}+N_{34}$ (32,5 ц/га).

При изучении влияния азотных подкормок в Краснодаре выявились практически такие же закономерности, но при более высоком уровне урожайности. Урожайность контрольного варианта в среднем за 13 лет составила 70,5 ц/га, что на 21,9 ц выше, чем в ст. Ленинградской (табл. 2). В Краснодаре, как и в ст. Ленинградской, любой вариант азотной подкормки превосходил контроль с вероятностью выше 99,9%. В Краснодаре при более высоком уровне урожайности прослеживается тенденция важности на сорте Гром подкормки в фазу трубкования. Она имела достоверное

Таблица 1

**Урожайность сорта Гром по предшественнику подсолнечник
в зависимости от доз азотных подкормок, ст. Ленинградская, 2013–2025 гг.**

Table 1

**Yield of the variety Grom following sunflower as a predecessor depending
on nitrogen application rates, Leningradskaya, 2013–2025**

Дозы азотных подкормок	×	±к контролю	min	max
N_0+N_0 , контроль	48,6	—	22,8	76,1
$N_{34}+N_0$	65,2	+16,6	36,7	85,4
N_0+N_{34}	62,9	+14,3	27,8	85,8
$N_{68}+N_0$	63,3	+14,7	28,9	86,2
N_0+N_{68}	62,8	+14,2	30,2	85,1
$N_{34}+N_{34}$	66,1	+17,5	32,5	85,4
$N_{68}+N_{34}$	68,0	+19,4	30,6	85,0
$N_{34}+N_{68}$	68,8	+20,2	32,5	84,6
$N_{68}+N_{68}$	71,4	+22,8	24,4	87,5
$HCP_{0,05}$	1,16		4,18	
$HCP_{0,01}$	1,53		5,52	
$HCP_{0,001}$	1,96		7,07	

преимущество перед ранней подкормкой при внесении как 1 ц, так и 2 ц аммиачной селитры. Вариант $N_{34}+N_{68}$ при урожайности 89,8 ц/га превосходил вариант $N_{68}+N_{34}$ на 1,7 ц/га, что достоверно с вероятностью более 99,9%. Максимальная урожайность сорта Гром в среднем за 13 лет зафиксирована в варианте с максимальным внесением азотной подкормки (90,2 ц/га). Этому варианту соответствовало лидерство при оценке максимальной и минимальной урожайности: 111,0 и 67,9 ц/га соответственно.

Поскольку и в ст. Ленинградской, и в Краснодаре варианты с азотной подкормкой существенно превосходили контроль по урожайности, все они, несмотря на более высокие затраты по выращиванию, имели более низкие показатели себестоимости полученного зерна. Максимальная себестоимость зерна отмечена в контрольном варианте в ст. Ленинградской – 11,87 руб/кг (рис. 1). В Краснодаре контролю соответствовал также наиболее высокий уровень себестоимости – 7,65 руб/кг (рис. 2). Минимальная себестоимость зерна в ст. Ленинградской отмечена в варианте $N_{34}+N_0$ (9,25 руб/кг). Наиболее высокая себестоимость зерна при внесении подкормки в ст. Ленинградской зафиксирована в варианте N_0+N_{68} (10,00 руб/кг). Поскольку высокие дозы азота способствовали увеличению урожая, себестоимость зерна в таких вариантах была достаточно низкой: 9,51 руб/кг в вариантах $N_{34}+N_{68}$ и $N_{68}+N_{68}$; почти такая же себестоимость складывалась в варианте $N_{34}+N_{34}$.

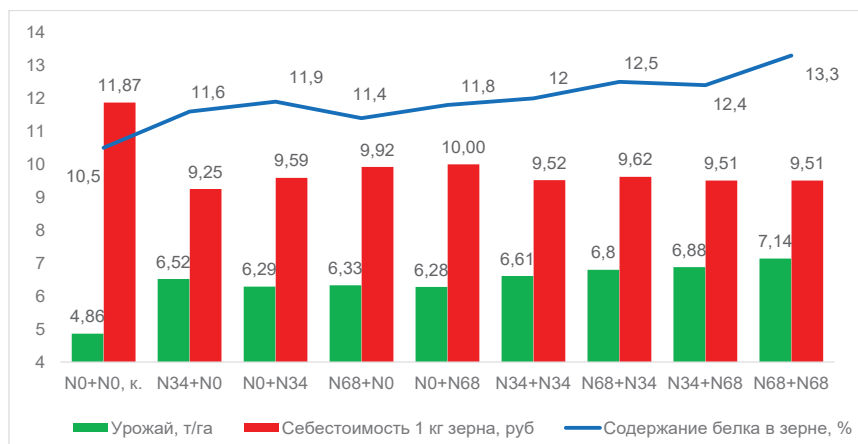
Таблица 2

**Урожайность сорта Гром по предшественнику подсолнечник
в зависимости от доз азотных подкормок, г. Краснодар, 2013–2025 гг.**

Table 2

**Yield of the variety Grom following sunflower as a predecessor depending
on nitrogen application rates, Krasnodar, 2013–2025**

Дозы азотных подкормок	×	±к контролю	min	max
N0+N0, контроль	70,5	—	48,2	98,9
N34+N0	79,2	+8,7	48,5	97,7
N0+N34	82,2	+11,7	58,8	98,1
N68+N0	83,5	+13,0	57,9	105,8
N0+N68	86,7	+16,2	55,0	107,6
N34+N34	84,5	+14,0	60,0	102,8
N68+N34	88,1	+17,6	67,0	108,2
N34+N68	89,8	+19,3	65,2	109,4
N68+N68	90,2	+19,7	67,9	111,0
HCP0,05	0,97		3,50	
HCP0,01	1,28		4,62	
HCP0,001	1,64		5,91	



**Рис. 1. Урожайность, качество и себестоимость зерна сорта Гром
в зависимости от доз азотных подкормок по предшественнику подсолнечник,
ст. Ленинградская, среднее за 2013–2025 гг.**

Figure 1. Yield, quality and production cost of grain of the variety Grom following sunflower as a predecessor depending on nitrogen application rates, Leningradsкая, average for 2013–2025

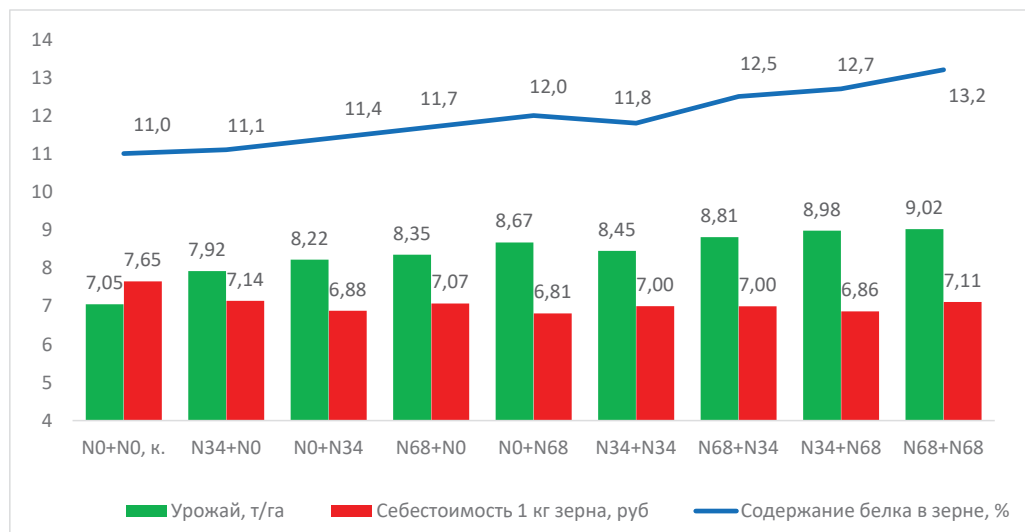


Рис. 2. Урожайность, качество и себестоимость зерна сорта Гром в зависимости от доз азотных подкормок по предшественнику подсолнечник, г. Краснодар, среднее за 2013–2025 гг.

Figure 2. Yield, quality and production cost of grain of the variety Grom following sunflower as a predecessor depending on nitrogen application rates, Krasnodar, average for 2013–2025

В Краснодаре минимальная себестоимость зафиксирована у вариантов N_0+N_{68} и $N_{34}+N_{68}$ (6,81 и 6,86 руб/кг соответственно), наиболее высокая среди вариантов подкормок – у $N_{34}+N_0$ и $N_{68}+N_{68}$ (7,14 и 7,11 руб/кг соответственно).

Внесение азотных подкормок не только способствует увеличению урожайности сорта Гром, но и оказывает решающее положительное влияние на улучшение качества зерна. Самое низкое содержание белка в зерне наблюдалось в контрольном варианте без внесения азотных подкормок, составив в среднем за 13 лет в ст. Ленинградской 10,5%, а в Краснодаре – 11,0%. Увеличение доз вносимого азота последовательно повышало белковость зерна, достигая максимума в варианте с внесением 4 ц аммиачной селитры, в ст. Ленинградской оно составило 13,3%, а в Краснодаре – 13,2%. Для формирования у сорта Гром зерна с содержанием белка от 12,5% по предшественнику подсолнечник в обоих пунктах проведения исследований необходимо вносить дробно не менее 3 ц аммиачной селитры. Повышение качества зерна при внесении азотных подкормок является существенным фактором улучшения экономических показателей за счет повышения стоимости получаемого зерна.

Применение азотных подкормок существенно увеличивает затраты на выращивание озимой пшеницы. В связи с этим минимальный уровень затрат отмечался на контрольном варианте, в ст. Ленинградской они составили 57707 руб/га, а в Краснодаре – 53932 руб/кг (рис. 3, 4). Максимальный уровень затрат соответствовал варианту с дробным внесением 4 ц аммиачной селитры – по пунктам изучения 67887 и 64112 руб/га соответственно.

Высокая агрономическая эффективность азотных подкормок на сорте Гром положительно влияет на экономические показатели при его выращивании по предшественнику подсолнечник. Так, размер чистого дохода в контрольном варианте составил в ст. Ленинградской 11256 руб/га, а в Краснодаре – 49547 руб/га.

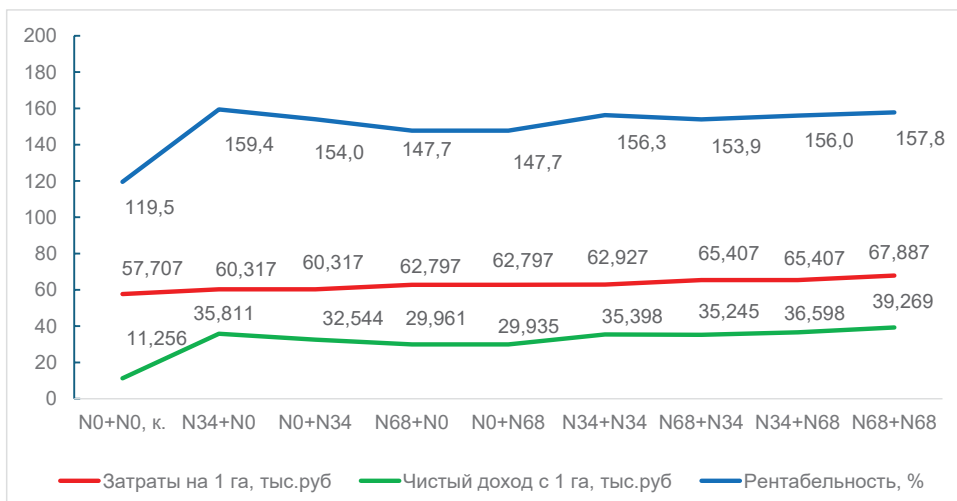


Рис. 3. Экономические показатели сорта Гром при возделывании по подсолнечнику в зависимости от доз азотных подкормок, ст. Ленинградская, среднее за 2013–2025 гг.

Figure 3. Economic indicators of the variety Grom following sunflower as a predecessor depending on nitrogen application rates, Leningradskaya, average for 2013–2025

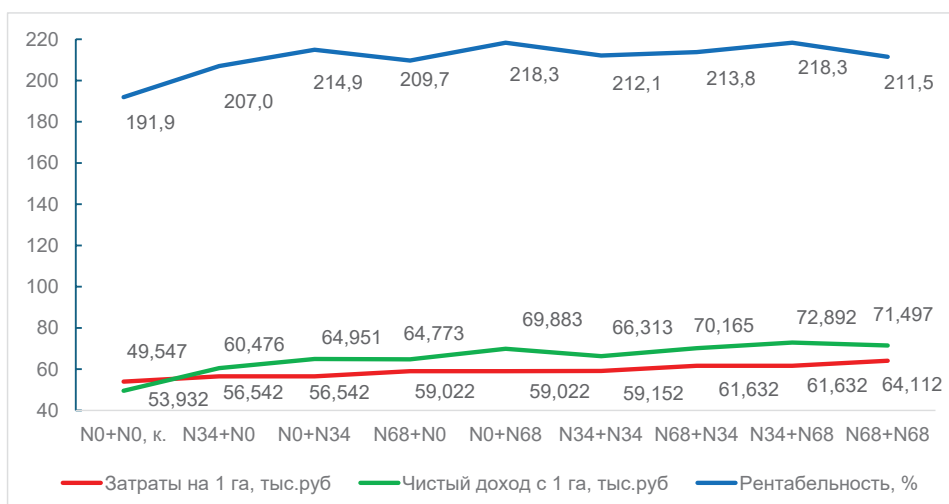


Рис. 4. Экономические показатели сорта Гром при возделывании по подсолнечнику в зависимости от доз азотных подкормок, г. Краснодар, среднее за 2013–2025 гг.

Figure 4. Economic indicators of the variety Grom following sunflower as a predecessor depending on nitrogen application rates, Krasnodar, average for 2013–2025

Максимальная величина чистого дохода в ст. Ленинградской была отмечена в варианте с дробным внесением 4 ц аммиачной селитры (39269 руб/га), в Краснодаре в этом варианте чистый доход составил 71497 руб/га, уступив только варианту $N_{34}+N_{68}$ (72892 руб/га). Контрольному варианту соответствовал также минимальный уровень рентабельности: в ст. Ленинградской он составил 119,5%, в Краснодаре – 191,9%. Максимальный уровень рентабельности в ст. Ленинградской имели варианты: $N_{34}+N_0$ (159,4%); $N_{68}+N_{68}$ (158,7%); $N_{34}+N_{34}$ (156,3%); $N_{34}+N_{68}$ (156,0%). В Краснодаре наиболее рентабельными стали варианты N_0+N_{68} и $N_{34}+N_{68}$ (по 218,3%).

Выводы Conclusions

1. 13-летние исследования сорта Гром при посеве его по предшественнику подсолнечник в ст. Ленинградской и г. Краснодаре позволяют сделать вывод с вероятностью более 99,9% о высокой эффективности влияния азотных подкормок на величину урожая. Максимальная урожайность сорта в среднем за 13 лет получена в варианте с дробным внесением 4 ц центнеров аммиачной селитры: в ст. Ленинградской она составила 71,4 ц/га, в Краснодаре – 90,2 ц/га, что на 22,8 и 19,7 ц/га соответственно превышает контроль.

2. В Краснодаре максимальным дозам по годам соответствовали самые высокие значения урожаев. В ст. Ленинградской в засушливых условиях 2025 г. урожайность этого варианта была сопоставима с контролем и составила 24,4 ц/га. Наиболее высокий уровень урожайности, достоверно с вероятностью 99,9% превысивший контроль, показали варианты $N_{34}+N_0$ (36,7 ц/га), $N_{34}+N_{34}$ и $N_{34}+N_{68}$ (по 32,5 ц/га).

3. Игнорирование азотных подкормок при выращивании сорта Гром по предшественнику подсолнечник гарантирует получение фуражного зерна. Для формирования зерна, содержащего 12,5% белка и более, необходимо дробное внесение 3 ц аммиачной селитры. Для получения зерна, содержащего более 13% белка, необходимо дробное внесение 4 ц аммиачной селитры.

4. Несмотря на самые низкие затраты в контрольном варианте, ему соответствовали самые высокие показатели себестоимости полученного зерна, самый низкий чистый доход и минимальный уровень рентабельности. Наибольший размер чистого дохода в ст. Ленинградской зафиксирован на варианте $N_{68}+N_{68}$ (39269 руб/га), в Краснодаре – на варианте $N_{34}+N_{68}$ (72892 руб/га). Наивысший уровень рентабельности в ст. Ленинградской был на варианте $N_{34}+N_0$ (159,4%). В Краснодаре максимальный уровень рентабельности составил 218,3% и был зафиксирован на вариантах N_0+N_{68} и $N_{34}+N_{68}$.

Список источников

1. Представляем самые востребованные сорта и гибриды по объемам высева в РФ в 2025 году. URL: <https://rosselhoccenter.ru/ob-uchrezhdenii/filialy/tsentralnyy-okrug/moskva/predstavlyaem-samye-vostrebovannye-sorta-i-gibridy-po-obemam-vyseva-v-rf/> (дата обращения: 04.04.2026)

2. Теймуров С.А., Казиев М.А., Багомаев А.А. Влияние азотных подкормок на урожайность и качество зерна озимой пшеницы на лугово-каштановой почве // *Юг-России: экология, развитие*. 2023. № 18 (2). С. 152–160. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2023-2-152-160>

3. Струков Н.О., Варавкин В.А. Влияние биостимуляторов роста на биометрические показатели озимой пшеницы сорта Гром // *Современные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: Материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции с международным участием*, Курск, 29 февраля 2024 года. Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2024. С. 162–167. EDN: DNKGHB

4. Беспалова Л.А., Кудряшов И.Н., Баршадская С.И., Пузырная О.Ю. и др. Эффективность нового сорта пшеницы озимой мягкой Гром и его агроэкологический адрес // *Земледелие*. 2011. № 4. С. 12–13. EDN: NXLZNJ

5. Конончук В.В., Тимошенко С.М., Штырхунов В.Д., Назарова Т.О. Оптимизация азотного питания озимой пшеницы в центре Нечерноземной зоны Российской Федерации с использованием почвенной и растительной диагностики // *Агрохимический вестник*. 2022. № 3. С. 3–9. <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-3-001>
6. Кравцов А.М., Загорюлько А.В., Кравцова Н.Н., Макаренко А.А. Эффективность применения азотных удобрений под озимую пшеницу в ранневесеннюю подкормку на черноземе выщелоченном // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2021. № 89. С. 54–59. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-89-54-59>
7. Уткин А.А., Лукьянов С.Н. Влияние азотной подкормки на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // *Аграрный вестник Верхневолжья*. 2021. № 3 (36). С. 30–35. <https://doi.org/10.35523/2307-5872-2021-36-3-30-35>
8. Боровик А.Н., Мирошниченко Т.Ю. Шарозерная тритикале – новая зерновая культура для возделывания по предшественнику подсолнечник // *Масличные культуры*. 2014. № 2 (159-160). С. 139–144. EDN: TJFWRH
9. Ганюцкая Т.Л., Радченко Л.А., Радченко А.Ф. Продуктивность и качество сортов пшеницы озимой по предшественнику подсолнечник в условиях степного Крыма // *Труды Кубанского государственного аграрного университета*. 2019. № 80. С. 80–85. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-80-80-85>
10. Макаров А.А., Мамсиоров Н.И. Влияние предшественников на продуктивность сортов озимой пшеницы // *Новые технологии*. 2021. Т. 17, № 2. С. 84–92. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2021-17-2-84-92>
11. Григулецкий В.Г. Новая цифровая оценка действия азота, фосфора и калия на урожай озимой пшеницы в полевых опытах // *Масличные культуры*. 2025. № 1 (201). С. 70–82. <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2025-1-201-70-82>
12. Блашик Р.М., Носов В.В., Пэлий А.Ф. Эффективность ранневесенней подкормки озимой пшеницы комплексными удобрениями на легкой подзолистой почве в Польше // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Агрономия и животноводство»*. 2022. Т. 17, № 3. С. 299–314. <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2022-17-3-299-314>
13. Шафран С.А. Окупаемость затрат на применение азотных удобрений в подкормку озимой пшеницы // *Агрохимия*. 2020. № 2. С. 20–27. <https://doi.org/10.31857/S0002188120020143>
14. *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур*. Москва, 2019. 384 с.
15. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. М.: Альянс, 2014. 351 с.

References

1. *We present the most popular varieties and hybrids by sowing volume in the Russian Federation in 2025*. (In Russ.) URL: <https://rosselhoccenter.ru/ob-uchrezhdenii/filialy/tsentralnyy-okrug/moskva/predstavlyаем-samye-vostrebovannyye-sorta-i-gibridy-po-obemam-vyseva-vrf/> (accessed: April 4, 2026).
2. Teymurov S.A., Kaziev M.A., Bagomaev A.A. The effect of nitrogen fertilisation on the yield and quality of winter wheat grain on meadow-chestnut soil. *South of Russia: Ecology, Development*. 2023;18(2):152-160. (In Russ.) <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2023-2-152-160>
3. Strukov N.O., V.A. Varavkin, N.O. Influence of growth biostimulants on biometric indicators of winter wheat variety Grom. *Vserossiyskaya (natsionalnaya)*

nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiyem 'Sovremennye tekhnologii proizvodstva i pererabotki selskokhozyaystvennoy produktsii'. February 29, 2024. Kursk, Russia: Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, 2024:162-167. (In Russ.)

4. Bepalova L.A., Kudryashov I.N., Barshadskaya S.I., Puzyrnaya O.Yu. et al. Efficiency of the new soft winter wheat variety Grom and its agroecological address. *Zemledelie*. 2011;(4):12-13. (In Russ.)

5. Kononchuk V.V., Timoshenko S.M., Shtyrkhunov V.D., Nazarova T.O. Optimization of nitrogen nutrition of winter wheat in the center of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation using soil and plant diagnostics. *Agrochemical Herald*. 2022;(3):3-9. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/1029-2551-2022-3-001>

6. Kravtsov A.M., Zagorulko A.V., Kravtsova N.N., Makarenko A.A. Nitrogen fertilizers efficiency for winter wheat in early spring feeding on leached chernozem. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021;(89):54-59. (In Russ.) <https://doi.org/10.21515/1999-1703-89-54-59>

7. Utkin A.A., Lukyanov S.N. The effect of nitrogen fertilization on the yield and quality of winter wheat grain. *Agrarniy vestnik Verkhnevolzh'ya*. 2021;(3(36)):30-35. (In Russ.) <https://doi.org/10.35523/2307-5872-2021-36-3-30-35>

8. Borovik A.N., Miroshnichenko T.Yu. Shaerococcum triticale is the new grain crop for cultivation after sunflower. *Oil Crops*. 2014;(2(159-160)):139-144. (In Russ.)

9. Ganotskaya T.L., Radchenko L.A., Radchenko A.F. Yield and quality of some varieties of winter wheat in the steppe Crimea after sunflower as a preceding crop. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019;(80):80-85. (In Russ.) <https://doi.org/10.21515/1999-1703-80-80-85>

10. Makarov A.A., Mamsirov N.I. Influence of previous crops on the productivity of winter wheat varieties. *New Technologies*. 2021;17(2):84-92. (In Russ.) <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2021-17-2-84-92>

11. Griguletsky V.G. New digital assessment of the effect of nitrogen, phosphorus, potassium on winter wheat yield in field experiments. *Oil Crops*. 2025;(1(201)):70-82. (In Russ.) <https://doi.org/10.25230/2412-608X-2025-1-201-70-82>

12. Blashyk R.M., Nosov V.V., Peliy A.F. Efficiency of early spring feeding of winter wheat complex fertilizers on light podzolic soil in Poland. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2022;17(3):299-314. (In Russ.) <https://doi.org/10.22363/2312-797X-2022-17-3-299-314>

13. Shafran S.A. Recoupment of expenses on application of nitrogen fertilizers in winter wheat top dressing. *Agrohimia*. 2020;(2):20-27. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0002188120020143>

14. *Methodology of state variety testing of agricultural crops*. Moscow, Russia, 2019:384. (In Russ.)

Dospikhov B.A. *Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)*. Moscow, Russia: Al'yans, 2014:351. (In Russ.)

Сведения об авторах

Игорь николаевич Кудряшов, д-р с.-х. наук, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства пшеницы и тритикале, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко»; 350012, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. им. Академика Лукьяненко П.П., 38; e-mail: ipasport@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6065-2794>

Людмила Андреевна Беспалова, д-р с.-х. наук, академик РАН, профессор, главный научный сотрудник отдела селекции и семеноводства пшеницы и тритикале, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко»; 350012, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. им. Академика Лукьяненко П.П., 38; e-mail: bespalova_1_a@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0245-7835>

Алина Юрьевна Игнатенко, старший научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы, Северо-Кубанская сельскохозяйственная опытная станция-филиал Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко»; 353740, Российская Федерация, Краснодарский край, Ленинградский район, ст. Ленинградская, ул. Хлебоборов, 301А; e-mail: wheat_skshos@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0008-3827-7845>

Дмитрий Александрович Пономарев, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и семеноводства пшеницы и тритикале, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко»; 350012, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. им. Академика Лукьяненко П.П., 38; e-mail: 89298413754@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-1427-043X>

Алексей Владимирович Михалко, канд. с.-х. наук, старший научный сотрудник отдела селекции и семеноводства пшеницы и тритикале, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко»; 350012, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. им. Академика Лукьяненко П.П., 38; e-mail: lex2007_777@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0008-9281-1076>

Светлана Валерьевна Новикова, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник отдела селекции и первичного семеноводства озимой пшеницы, Северо-Кубанская сельскохозяйственная опытная станция-филиал Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Национальный центр зерна имени П.П. Лукьяненко»; 353740, Российская Федерация, Краснодарский край, Ленинградский район, ст. Ленинградская, ул. Хлебоборов, 301А; e-mail: novikovasv90@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-0199-059X>

Information about the authors

Igor N. Kudryashov, DSc (Ag), Chief Research Associate at the Department of Breeding and Seed Production of Wheat and Triticale, National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko; 38 Akademika P.P. Lukyanenko St., Krasnodar, 350012, Russian Federation; e-mail: ipasport@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6065-2794>

Lyudmila A. Bespalova, DSc (Ag), Full Member of the Russian Academy of Sciences, Professor, Chief Research Associate at the Department of Breeding and Seed Production of Wheat and Triticale, National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko; 38 Akademika P.P. Lukyanenko St., Krasnodar, 350012, Russian Federation; e-mail: bespalova_1_a@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0245-7835>

Alina Yu. Ignatenko, Senior Research Associate at the Department of Breeding and Primary Seed Production of Winter Wheat, North Kuban Agricultural Experimental Station, Branch of National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko; 301A Khleborobov St., Leningradskaya Vlg., Leningradskiy District, Krasnodar Krai, 353740, Russian Federation; e-mail: wheat_skshos@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0008-3827-7845>

Dmitriy A. Ponomarev, CSc (Ag), Leading Research Associate at the Department of Breeding and Seed Production of Wheat and Triticale, National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko; 38 Akademika P.P. Lukyanenko St., Krasnodar, 350012, Russian Federation; e-mail: 89298413754@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0000-1427-043X>

Aleksey V. Mikhalko, CSc (Ag), Senior Research Associate at the Department of Breeding and Seed Production of Wheat and Triticale, National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko; 38 Akademika P.P. Lukyanenko St., Krasnodar, 350012, Russian Federation; e-mail: lex2007_777@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0008-9281-1076>

Svetlana V. Novikova, CSc (Ag), Leading Research Associate at the Department of Breeding and Primary Seed Production of Winter Wheat, North Kuban Agricultural Experimental Station, Branch of National Center of Grain named after P.P. Lukyanenko; 301A Khleborobov St., Leningradskaya Vlg., Leningradskiy District, Krasnodar Krai, 353740, Russian Federation; e-mail: novikovasv90@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0005-0199-059X>

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

**Контроль сорных растений в посевах яровой пшеницы
в условиях Орловской области**

**Ольга Алексеевна Савоськина, Февзи Сеид-Умерович Джалилов,
Светлана Ивановна Чебаненко, Игорь Анатольевич Заверткин,
Рашид Ислямович Тараканов, Олег Витальевич Тимофеев**

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ **Автор, ответственный за переписку:** osavoskina@rgau-msha.ru

Аннотация

В статье представлены результаты фитосанитарного мониторинга засоренности посевов яровой пшеницы. Исследования проводились в производственных условиях Орловской области в 2020 и 2022 гг. Цель исследований заключалась в изучении видовой структуры и динамики засоренности посевов яровой пшеницы в условиях применения ресурсосберегающих технологий в Орловской области, а также в оценке биологической эффективности баковой смеси гербицидов Балерина Супер, СЭ (0,5 л/га) + Ластик Экстра, КЭ (0,8 л/га). Учет сорных растений проводили инструментальным (количественно-видовым) методом в 3 срока: перед применением гербицидов, через 30 дней после химпрополки и перед уборкой культуры. Установлено, что применение ресурсосберегающих технологий возделывания с отказом от отвальной обработки почвы способствует усилению засоренности посевов и повышению фитосанитарной нагрузки на культуру. В гербакритический период развития яровой пшеницы (фаза кушения) численность сорных растений достигала 79 шт/м², что существенно превышало экономический порог вредоносности. В структуре сорного компонента было выявлено 16 видов, относящихся к 9 ботаническим семействам. Наибольшую долю занимали представители семейства Сложноцветные (35%), среди которых преобладали *Matricaria inodora* L. и *Erigeron canadensis* L. По ботаническим классам доминировали двудольные сорняки (73%), а по продолжительности жизни – малолетние виды (82%). На основании данных фитосанитарного мониторинга была скорректирована система химической защиты посевов с использованием баковой смеси гербицидов Балерина Супер, СЭ (0,5 л/га) + Ластик Экстра, КЭ (0,8 л/га). Биологическая эффективность проведенной химической прополки составила 92,7%. Урожайность яровой пшеницы на обработанных участках достигла 4,14 т/га. Показано, что динамика засоренности определяется не только системой обработки почвы, но и погодными условиями, способствующими волнообразному появлению новых всходов сорняков в течение вегетационного периода.

Ключевые слова

яровая пшеница, сорные растения, фитосанитарный мониторинг, гербакритический период, гербициды

Для цитирования

Савоськина О.А., Джалилов Ф.С.-У., Чебаненко С.И., Заверткин И.А. и др. Контроль сорных растений в посевах яровой пшеницы в условиях Орловской области // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 3. С. 111–125.

Weed control in spring wheat crops in the conditions of the Oryol Region

Olga A. Savoskina✉, Fevzi S.-U. Dzhalilov, Svetlana I. Chebanenko,
Igor A. Zavertkin, Rashit I. Tarakanov, Oleg V. Timofeev

Russian State Agrarian University –
Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia;

✉Corresponding author: osavoskina@rgau-msha.ru

Abstract

The article presents the results of phytosanitary monitoring of weed infestation in spring wheat crops. The studies were carried out under production conditions in the Oryol Region in 2020 and 2022. The aim of the study was to investigate the species structure and dynamics of weed infestation in spring wheat crops under conservation tillage technologies in the Oryol Region, as well as to evaluate the biological efficiency of the tank mixture of herbicides Ballerina Super, SE (0.5 L/ha) + Lastic Extra, EC (0.8 L/ha). Weed counts were carried out using the instrumental (quantitative-species) method at three time points: before herbicide application, 30 days after chemical weeding, and before crop harvest. It was established that the use of conservation tillage technologies with the abandonment of moldboard plowing contributes to increased weed infestation and higher phytosanitary pressure on the crop. During the critical period of spring wheat development (tillering stage), weed density reached 79 plants/m², significantly exceeding the economic threshold of harmfulness. The weed component structure included 16 species belonging to nine botanical families. Compositae (Asteraceae) representatives accounted for the largest proportion (35%), with *Matricaria inodora* L. and *Erigeron canadensis* L. predominating. By botanical class, dicotyledonous weeds dominated (73%), and by life cycle, annual species prevailed (82%). Based on the phytosanitary monitoring data, the chemical crop protection system was adjusted using the tank mixture of herbicides Ballerina Super, SE (0.5 L/ha) + Lastic Extra, EC (0.8 L/ha). The biological efficiency of the chemical weeding was 92.7%. The yield of spring wheat on the treated plots reached 4.14 t/ha. It was shown that weed infestation dynamics are determined not only by the tillage system but also by weather conditions, which contribute to the wave-like emergence of new weed seedlings throughout the growing season.

Keywords

spring wheat, weeds, phytosanitary monitoring, herbicidal period, herbicides

For citation

Savoskina O.A., Dzhalilov F.S.-U., Chebanenko S.I., Zavertkin I.A. et al. Weed control in spring wheat crops in the conditions of the Oryol Region. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(3):111–125.

Введение

Introduction

Яровой пшенице отводится значительная роль в аграрном секторе. Являясь одной из ключевых зерновых культур в глобальном земледелии, она зачастую выступает в качестве комплементарной культуры по отношению к озимой пшенице. Однако в регионах с неблагоприятными условиями для перезимовки озимых яровая пшеница приобретает доминирующее значение [1].

Важность яровой пшеницы обусловлена комплексом факторов, включающих в себя ее уникальные биологические характеристики, широкий спектр доступных сортов и специфические агротехнические требования, необходимые для ее успешного выращивания [2, 3].

По данным Федеральной службы государственной статистики, в 2023 г. урожайность яровой пшеницы в среднем по областям Черноземной зоны составляла 45,0 ц/га [4]. Продуктивность яровой пшеницы была сопоставима с урожайностью озимой (в среднем 51,1 ц/га). Урожайность яровой пшеницы в Орловской области в зависимости от климатических условий колеблется в пределах 3,5–4,5 т/га.

Существенный потенциал для повышения урожайности яровой пшеницы кроется в эффективном контроле над вредителями, болезнями и сорняками. По данным А.М. Шпанева и соавт. [5], потери урожая, вызванные комплексом вредных организмов (без учета корневых гнилей), в зависимости от условий вегетации колебались в широком пределе – от 8 до 23%. При этом существенный ущерб посевам яровой пшеницы причиняет высокая засоренность: потери от сорняков составляли 4–18%; менее вредоносными были фитопатогены (0,1–9,0%), а ущерб от вредителей составил всего 0,1–2,0%.

Потери урожая, вызванные вредными объектами, зависят от ряда факторов. Это и природные условия (почва и климат), которые определяют, насколько активно будут развиваться вредные организмы, и технология возделывания культуры (в частности, система обработки почвы, от которой напрямую зависит реализация агротехнических методов борьбы), и уровень плодородия почвы, которое оказывает влияние на общее состояние посевов и их устойчивость. Кроме того, урожайность зерновых культур находится в прямой зависимости от качества и своевременности проведения химических мероприятий по защите растений [6–9].

В условиях перехода многих товаропроизводителей зоны на ресурсосберегающие технологии возделывания полевых культур ухудшается фитосанитарное состояние посевов – в частности, усиливается засоренность, что вызывает необходимость учета и контроля вредных объектов [10–12].

Актуальность контроля сорняков в посевах яровой пшеницы связана и с тем, что частое применение одного и того же гербицида может приводить к развитию резистентности сорных растений к его действующему веществу. Для обеспечения устойчивой эффективности борьбы целесообразно применять адаптивные стратегии, включающие в себя ротацию гербицидных препаратов или применение комбинированных баковых смесей [13].

Для повышения эффективности химпрополки следует применять препараты с широким спектром гербицидной активности. Использование баковых смесей гербицидов является важным резервом для повышения биологической и экономической эффективности их применения, а также помогает замедлить адаптацию вредных организмов к химическим препаратам [14].

Фитосанитарный мониторинг посевов позволяет оперативно получать данные по количественно-видовому составу сорняков и корректировать систему защиты от сорных растений [15, 16].

Цель исследований: изучение видовой структуры и динамики засоренности посевов яровой пшеницы в условиях применения ресурсосберегающих технологий в Орловской области, а также оценка биологической эффективности баковой смеси гербицидов Балерина Супер, СЭ (0,5 л/га) + Ластик Экстра, КЭ (0,8 л/га).

Новизна исследований заключается в оценке, предложенной для данного региона баковой смеси гербицидов нового поколения применительно к выявленному видовому составу сорняков и сложившимся погодным условиям.

Методика исследований

Research method

Исследования проводились в 2020 и 2022 гг. на полях ООО Научно-производственной компании «Агро Лидер», которая располагается в г. Ливны (Ливенский район, Орловская область). Почвенный покров был представлен типичными выщелоченными черноземами, где содержание гумуса составляло 5,8–6,2%, кислотность – 6,0–6,5 ед.

Климатические условия в период исследований характеризовались неоднородностью температурного режима и режима увлажнения (рис. 1). Гидротермический коэффициент (ГТК) в период вегетации яровой пшеницы, по среднееголетним данным, составляет 1,2, что свидетельствует о недостаточном увлажнении в области. В период исследований (2020 и 2022 гг.) ГТК составил 1,6, то есть наблюдалась достаточная (временами избыточная) увлажненность территории.

В течение вегетационных периодов 2020 и 2022 гг. складывались благоприятные климатические условия для роста и развития культуры. Объектом исследований стали посевы среднеспелого ярового сорта пшеницы Дарья, имеющего высокий потенциал урожайности (до 8,0 т/га) при оптимальных условиях возделывания. В хозяйстве ее выращивают в зерновом севообороте (Горох → Озимая пшеница → Яровая пшеница) по ресурсосберегающей технологии.

В хозяйстве после уборки предшественника (озимой пшеницы) проводится дискование почвы на глубину 10–12 см с целью провокации сорняков и закрытия влаги, вносятся минеральные удобрения (Диаммофоска, 300 кг/га) и выполняется культивация на глубину 12–14 см при массовом появлении всходов сорных растений. Предпосевная система обработки почвы включает в себя ранневесеннее боронование

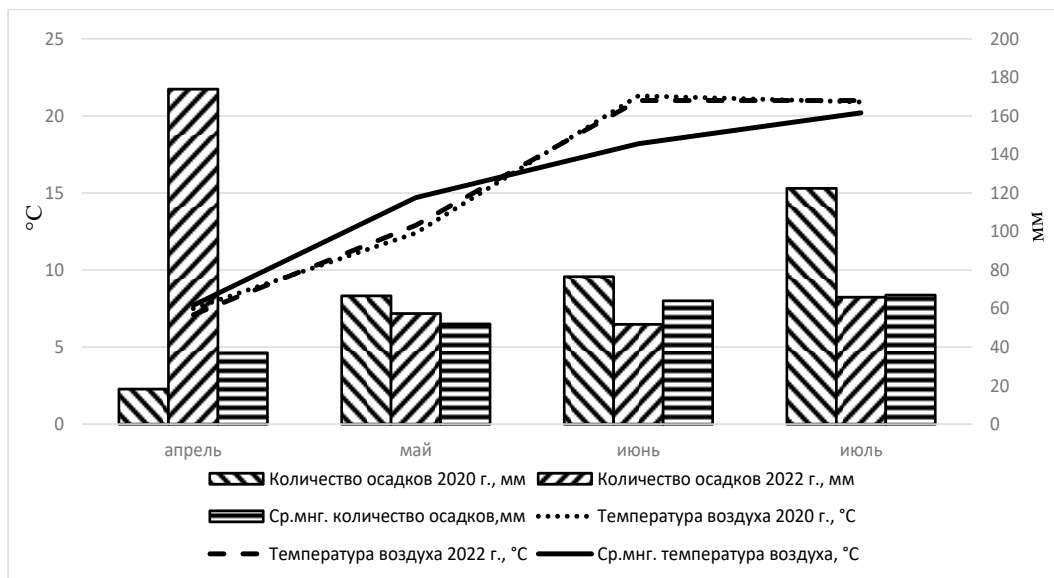


Рис. 1. Климатические условия вегетационных периодов яровой пшеницы в годы проведения исследований (по данным ресурса meteo9.ru)

Figure 1. Climate conditions during the spring wheat growing seasons during the study years [based on data from meteo9.ru]

на глубину 1–3 см, внесение минеральных удобрений (Аммиачная селитра, 100 кг/га) и предпосевную культивацию на глубину 5–7 см. Посев проводят при прогревании почвы в посевном слое до 8°C протравленными семенами препаратами Оплот Трио, ВСК (системный протравитель семян с ростостимулирующим эффектом) + Табу Нео, СК (протравитель семян против почвенных и надземных вредителей) в дозировке 0,5 л/т + 0,8 л/т. Оптимальную плотность посева обеспечивает норма высева в 5 млн жизнеспособных семян на 1 га.

Агротехнические мероприятия в период вегетации:

– для эффективного контроля сорняков – химическая прополка в фазу кущения.

Применяется баковая смесь гербицидов в следующих дозировках: Балерина Супер, СЭ – 0,5 л/га, Ластик Экстра, КЭ – 0,8 л/га;

– для комплексной защиты посевов от патогенов и насекомых-вредителей – две обработки пестицидами. Используется препарат Борей, СК в дозировке 0,08 л/га в сочетании со Спирит, СК в дозировке 0,6 л/га. Первая обработка проводится в начале фазы выхода в трубку, вторая – в начале фазы колошения.

За 5–7 дней до уборки применяли десикацию посевов препаратом Торнадо 500, ВР (2 л/га) с целью снижения и выравнивания влажности семян.

При наступлении полной спелости и влажности семян (около 14%) проводилась уборка яровой пшеницы прямым комбайнированием.

Фитосанитарный мониторинг осуществляли в соответствии с методическими рекомендациями по организации наблюдений за динамикой развития и распространения и указаниями по методам учета сорняков [17, 18].

Учет сорных растений проводили количественно-видовым методом в 3 срока: 1 – перед применением гербицидов; 2 – через 30 дней после химпрополки; 3 – перед уборкой культуры. Для этого по диагонали поля проложили маршрут и через равные интервалы накладывали рамку (Срамки = 0,25 м²) в 10 точках (так как S поля = 45 га). Затем непосредственно в рамке производили подсчет количества каждого вида сорняка.

Эффективность действия гербицидов определяли через 30 дней после их внесения с поправкой на контроль, так как погодные условия вносят коррективы в количественно-видовой состав сорного компонента агрофитоценоза [19]. Такой подход к определению биологической эффективности отражает снижение численности сорных растений, %, относительно исходной засоренности:

$$C_{\text{испр}} = 100 - \frac{B_0^2}{A_0^1} \times 100 \times \frac{a_k^1}{b_k^2},$$

где a_k^1 – число или биомасса сорняков на 1 м² при первом учете на контроле (исходная засоренность); b_k^2 – то же при втором учете на контроле; A_0^1 – число или биомасса сорняков на 1 м² при первом учете в опыте (исходная засоренность); B_0^2 – то же при втором (или третьем) учете в опыте.

В производственных условиях проведения исследований в качестве контроля (без обработки пестицидами) оставили участок на краю поля.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Ресурсосберегающие технологии возделывания полевых культур, основанные на отказе от отвальной вспашки в системе основной обработки почвы, приводят к напряжению фитосанитарной ситуации в посевах.

Как отмечено выше, наибольший вред посевам яровой пшеницы наносят сорные растения, которые являются прямыми конкурентами за все факторы жизни растений (космические и земные).

Гербакритическим периодом яровой пшеницы является фаза кущения. Именно в этот период необходимо контролировать численность сорных растений и при превышении ее экономического порога вредоносности проводить истребительные мероприятия – химическую прополку гербицидами.

Диагностика фитосанитарного состояния посевов в части засоренности является критически важным этапом для формирования адекватной стратегии защиты растений. Полученные данные не только обеспечивают объективную основу для принятия решений относительно истребительных мероприятий, но и предоставляют прогностическую информацию о динамике засоренности агроценозов, что способствует разработке и имплементации превентивных агротехнических приемов.

Экономический порог вредоносности (ЭПВ) сорных растений в посевах яровой пшеницы, по данным А.М. Туликова (2002), колеблется в интервале 15–27 шт/м² [20].

В годы проведения исследований численность сорняков в фазу развития культуры «Начало кущения» существенно превышала ЭПВ и составляла в среднем 79 шт/м², что свидетельствует о необходимости проведения истребительных мероприятий (табл.).

В динамике по годам обилие сорных растений сильно колеблется. Общая плотность сорняков увеличилась с 71 (2020 г.) до 87 шт/м² (2022 г.), что связано с изменением климатических условий. Начало вегетации 2022 г. сопровождалось частым выпадением осадков, что способствовало активному прорастанию семян сорной флоры.

Видовой состав сорного компонента агрофитоценоза насчитывает несколько, а порой и десятки различных видов, которые различаются по биологии и экологическим предпочтениям. В годы исследований флористический состав сорняков был представлен 16 видами, которые относились к 9 семействам. Высокую фитоценотическую значимость показали семейства Сложноцветные и Злаки, которые занимали существенную долю в структуре сорного компонента – 35 и 27% соответственно. Их встречаемость в агрофитоценозе составляла 80–100% (рис. 2).

Видовой состав сорного компонента в динамике по годам существенно не менялся, что обусловлено сформировавшимся «банком» семян сорняков.

Виды, выявленные в ходе фитосанитарного мониторинга, относились к 6 биогруппам. Яровые ранние сорняки были представлены 5 видами включая *Polygonum* spp., *Chenopodium album*, *Galeopsis speciosa*, *Avena fatua*, *Erigeron canadensis*. К поздним яровым относилось 4 вида: *Echinochloa crus-galli*, *Setaria glauca*, *Amaranthus retroflexus*, *Abutilon theophrasti*. Зимующие сорные растения были представлены 3 видами: *Capsella bursa-pastoris*, *Matricaria inodora*. Флористический состав многолетних сорных растений сформировался из 3 биогрупп: корнеотпрысковые сорняки (*Cirsium arvensis* и *Convolvulus arvensis*), корневищные (*Elytrigia repens*), стержнекорневые (*Artemisia vulgaris*).

Для выбора гербицида важно знать принадлежность вида ботаническому классу, так как гербициды обладают избирательным действием. В среднем за 2 года во флористическом составе сорняков двудольные растения занимали большую часть (73%) в количестве 58 шт/м². По годам существенных различий по соотношению принадлежности сорняков к ботаническим классам не наблюдалось.

**Количественно-видовой состав сорного компонента
в агрофитоценозах яровой пшеницы, шт/м²**

Table 1

**Quantitative and species composition of the weed component
in spring wheat agrophytocenoses, plants/m²**

Русское название вида	Латинское название вида	Численность сорных растений, шт/м ²		
		2020 г	2022 г.	В среднем за 2 года
Горцы	<i>Polygonum spp.</i>	6±0,5	4±0,3	5±0,4
Марь белая	<i>Chenopodium album</i> L.	1±0,4	3±0,3	2±0,4
Пикульник красивый	<i>Galeopsis speciosa</i> Mill.	5±0,7	3±0,9	4±0,6
Овсюг	<i>Avena fatua</i> L.	2±0,4	4±0,5	3±0,2
Ежовник обыкновенный	<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	6±0,5	10±0,9	8±0,6
Щетинник сизый	<i>Setaria glauca</i> (L.) Beauv.	4±0,3	2±0,4	3±0,3
Щирица запрокинутая	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	3±0,3	1±0,3	2±0,3
Мелколепестник канадский	<i>Erigeron canadensis</i> L.	7±0,5	3±0,3	5±0,3
Пастушья сумка	<i>Capsella bursa-pastoris</i> L.	6±0,3	10±0,8	8±0,6
Ромашка непахучая	<i>Matricaria inodora</i> L.	18±1,1	22±1,2	20±0,8
Канатник Теофраста	<i>Abutilon theophrasti</i> Medik.	3±0,4	7±0,9	5±0,8
Бодяк полевой	<i>Cirsium arvensis</i> (L.) Scop.	1±0,4	3±0,5	2±0,4
Вьюнок полевой	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	3±0,4	5±0,7	4±0,4
Пырей ползучий	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	6±0,9	8±0,5	7±0,7
Полынь обыкновенная	<i>Artemisia vulgaris</i> L.	0	2±0,4	1±0,3
Всего		71±1,0	87±1,5	79±1,0

В 2020 г. широколиственные сорные растения составляли 74,6%, а в 2022 г. – 72,4% от общей численности сорняков.

В связи с тем, что однодольные сорные растения представлены специализированными видами для данного агрофитоценоза (*Echinochloa crus-galli*, *Setaria glauca*), необходимо предусматривать применение и селективного гербицида для борьбы со злаковыми сорняками.

Анализ соотношения жизненных форм (по продолжительности жизни) в структуре сорного компонента показал, что доминируют малолетние сорняки. Их доля в структуре сорного компонента составляла 82,3% с колебаниями по годам:

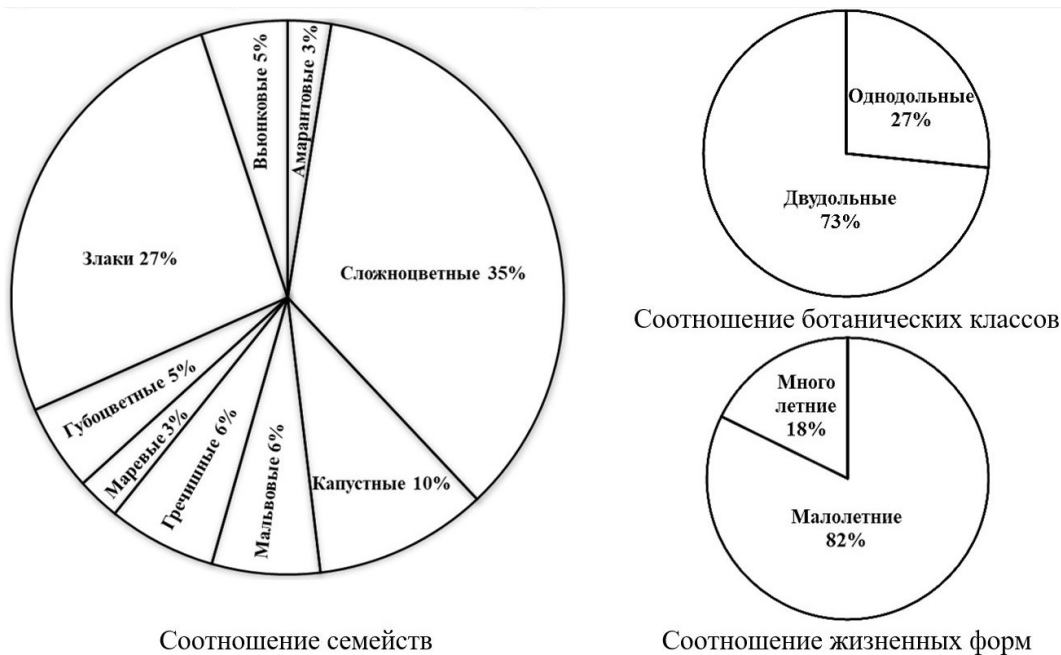


Рис. 2. Структура сорного компонента агрофитоценоза яровой пшеницы, %
Figure 2. Structure of the weed component of the spring wheat agrophytocenosis, %

в 2020 г. – 85,9%, а в 2022 г. – 79,3%. Однако многолетники, хотя и занимают небольшую долю (18%) по численности (14 шт/м²), но существенно превышают экономический порог вредоносности, который составляет 2–4 шт/м².

Таким образом, перед проведением опрыскивания посевов гербицидами тип засоренности посевов оценивался как корневищно-корнеотпрысково-малолетний. Для уничтожения сорных растений провели опрыскивание посевов яровой пшеницы баковой смесью препаратов Балерина Супер, СЭ (0,5 л/га) + Ластик Экстра, КЭ (0,8 л/га).

Первые симптомы действия гербицидов отмечали уже на 4 день после их применения. В результате комбинации действующих веществ (2,4-Д (2-этилгексиловый эфир) + Флорасулам + Клоквинтосет-мексил + Феноксапроп-П-этил) применяемых гербицидов подавление сорных растений выражалось в потере тургора, скручивании стеблей, изменении окраски листьев (хлорозе) на 5–7 дни после обработки.

Через 30 дней после химпрополки провели второй учет засоренности посевов. Численность сорных растений снизилась до 11 шт/м² в 2020 г. и 7 шт/м² в 2022 г., в среднем по годам составив 9 шт/м² (рис. 3).

Анализ ботанического состава показал, что после обработки гербицидами сорный компонент состоял преимущественно из двудольных сорняков, доля которых по годам составляла 63,6% (2020 г.), 100,0% (2022 г.) и в среднем – 77,8% от общей численности сорных растений. Стоит отметить, что в 2022 г. в структуре сорного компонента преобладали малолетние виды (71,4%), в то время как в 2020 г. наблюдалось их снижение до 45,5%. В среднем за 2 года наблюдений эти различия нивелировались, и различий по составу сорняков, имеющих разные жизненные формы, не выявлено: численность малолетних сорных растений составила 5 шт/м², а многолетних – 4 шт/м².

На участке, не обработанном гербицидами, где численность сорняков увеличилась до 122 шт/м², произошли изменения в структуре сорного компонента по сравнению с первым учетом. Самые заметные изменения связаны с повышением доли

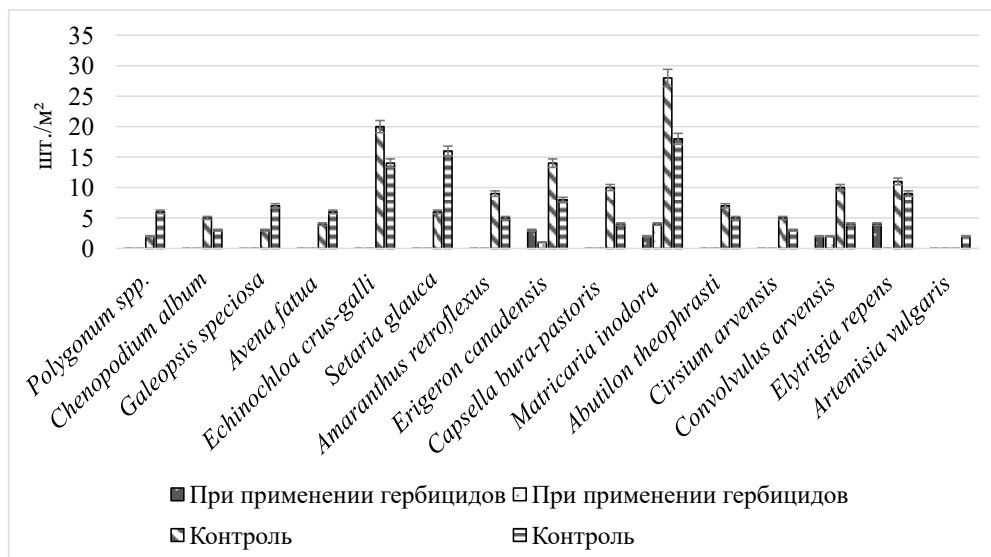


Рис. 3. Численность сорных растений через 30 дней после внесения гербицидов, шт/м²

Figure 3. Weed density 30 days after herbicide application, plants/m²

однодольных сорняков на 8%, численность которых составила 43 шт/м² за счет приращения численности *Echinochloa crus-galli* и *Setaria glauca*.

Расчет биологической эффективности применения гербицидов показал высокий эффект по 11 видам сорных растений: установлена 100%-ная гибель сорняков. Низкая эффективность отмечена в 2020 г. против *Elytrigia repens*, которая составила 63,6%, и в 2022 г. против *Convolvulus arvensis* (50,0%). Также необходимо обратить внимание на недостаточно высокую (78,6 и 87,5% в 2020 и 2022 гг. соответственно) эффективность гербицида Балерина Супер, СЭ (рис. 4).

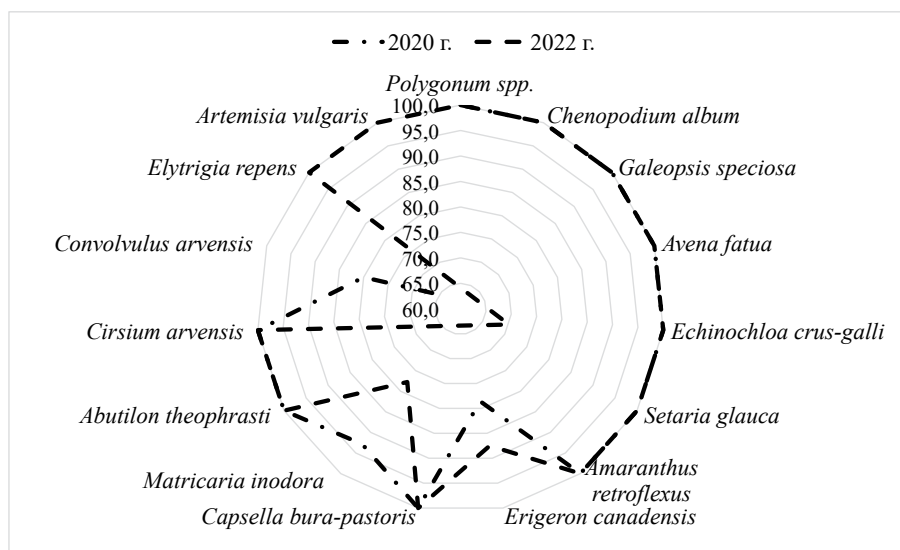


Рис. 4. Биологическая эффективность применения гербицидов, %

Figure 4. Biological efficiency of herbicide application, %

В среднем за 2 года исследований применение баковой смеси гербицидов при сформировавшемся типе засоренности посевов яровой пшеницы показало стабильно высокий эффект: биологическая эффективность составила 92,7% при 91,8 и 93,6% в 2020 и 2022 гг. соответственно.

Прорастание сорных растений в течение вегетационного периода культуры часто происходит волнообразно в зависимости от метеорологических условий. Наблюдавшиеся в III декаде июня и II декаде июля погодные условия, характеризующиеся превышением среднемесячных температур на 2–3°C и выпадением значительных осадков в виде дождей, способствовали формированию второй, интенсивной «волны» засоренности в периоды «Выход в трубку-колошение» и формирования зерна яровой пшеницы.

Третий учет засоренности посевов проводили перед проведением десикации посевов. Численность сорных растений увеличилась и на фоне внесения гербицидов, и на фоне без обработки на 15 и 30 шт/м² и составляла 24 и 152 шт/м² соответственно.

Стоит отметить, что вызывает опасение повышение численности *Conyza canadensis*, так как этот сорняк имеет широкий диапазон адаптации к различным условиям среды, относительную устойчивость к антропогенным изменениям, высокую продуктивность семян, обладает высокой конкурентной способностью по отношению к культурным растениям и является инвазионным видом. Поэтому следует проводить корректировку выбора гербицидов. Необходимо обратить внимание на препараты из химического класса мочевины и сульфонилмочевины, которые эффективно подавляют *Conyza canadensis*.

Интегральным показателем системы контроля сорняков является урожайность полевых культур. При благоприятных климатических условиях вегетационных периодов решающим фактором формирования продуктивности яровой пшеницы являлась степень засоренности посевов. При проведении истребительных мероприятий с учетом количественно-видового состава сорного компонента агрофитоценозов удалось получить урожайность зерна на уровне 4,14 т/га.

Выводы

Conclusions

Проведенный фитосанитарный мониторинг показал высокую степень засоренности посевов яровой пшеницы, превышающую экономический порог вредоносности, – в среднем 79 шт/м².

Установлено, что численность сорных растений подвержена значительным колебаниям по годам (от 71 до 87 шт/м²) в зависимости от погодных условий вегетационного периода. Несмотря на стабильность видового состава, обусловленную сформировавшимся банком семян в почве (16 видов из 9 семейств), доминирующее положение в агрофитоценозе занимают представители семейств Сложноцветные и Злаки.

Анализ жизненных форм сорных растений показал, что малолетние сорняки составляют основную часть сорного компонента. Их доля достигала в 2020 г. 85,9%, тогда как в 2022 г. уменьшилась до 79,3%. Несмотря на небольшую численность многолетников (18%), они значительно превышают порог вредоносности, что требует особого внимания при проведении мероприятий по контролю за засоренностью.

После обработки посевов баковой смесью гербицидов отмечено значительное снижение численности сорняков: до 11 шт/м² в 2020 г. и 7 шт/м² в 2022 г. при обилии сорняков на контроле, равным 122 шт/м².

Применение баковой смеси гербицидов «Балерина Супер, СЭ» (0,5 л/га) + «Ластик Экстра, КЭ» (0,8 л/га) показало стабильно высокий биологический эффект: биологическая эффективность в среднем за 2 года составила 92,7%, а по годам – 91,8% (2020 г.) и 93,6% (2022 г.).

При эффективных мерах контроля сорняков удалось достичь урожайности яровой пшеницы 4,14 т/га.

Обнаружено увеличение численности *Conyza canadensis*, что вызывает опасения, поскольку этот вид обладает высокой конкурентоспособностью и способностью к инвазии. Это подчеркивает необходимость корректировки выбора гербицидов с учетом устойчивых к данному виду.

Список источников

1. Степных Н.В., Нестерова Е.В., Заргарян А.М., Копылова А.С. Стратегическое значение диверсификации растениеводства // *Земледелие*. 2022. № 2. С. 7–13. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-2-7-13>
2. Ворончихина И.Н., Ворончихин В.В., Рубец В.С., Пыльнев В.В. и др. Оценка коллекции яровой мягкой пшеницы в условиях Центрального района Нечерноземной зоны России // *Аграрный научный журнал*. 2021. № 8. С. 13–18. <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i8pp13-18>
3. Ленточкин А.М. Слагаемые продуктивности сортов яровой пшеницы // *Аграрный вестник Урала*. 2023. Т. 23, № 9. С. 41–51. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-23-09-41-51>
4. Федеральная служба государственной статистики. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Vall_2023.xlsx (дата обращения: 02.04.2026)
5. Шпанев А.М., Лекомцев П.В., Воропаев В.В. Влияние основных элементов технологии возделывания на засоренность посевов и урожайность яровой пшеницы // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022. № 2 (58). С. 44–51. <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2022-2-44-51>
6. Абрамов Н.В., Шерстобитов С.В. Формирование зерна яровой пшеницы высокого качества при дифференцированном внесении азотных удобрений // *Земледелие*. 2024. № 3. С. 33–39. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2024-3-33-39>
7. Шрам Н.В., Келер В.В., Хижняк С.В., Овсянкина С.В. Влияние погодных условий на накопление белка в зерне мягкой яровой пшеницы // *Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова*. 2023. № 4 (73). С. 29–37. <https://doi.org/10.34655/bgsha.2023.73.4.004>
8. Никифоров В.М., Никифоров М.И., Пасечник Н.М. Эффективность применения российских гербицидов в посевах яровой пшеницы // *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2022. № 6 (94). С. 33–37. <https://doi.org/10.52691/2500-2022-94-6-33-37>
9. Семешкина П.С., Бородина Е.С. Продуктивность яровой пшеницы в зависимости от предшественника и удобрений // *Владимирский земледелец*. 2022. № 2 (100). С. 30–35. <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2022-2-30-35>
10. Ивенин А.В., Ивенин В.В., Богомолова Ю.А., Голубев М.С. и др. Влияние технологий возделывания яровой пшеницы на засоренность ее посевов и урожайность в условиях Нижегородской области // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2024. Т. 25, № 4. С. 655–663. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.655-663>
11. Ивченко В.К., Михайлова З.И., Филиппов А.Г., Кокин С.В. Влияние ресурсосберегающих технологий основной обработки почвы

на засоренность посевов яровой пшеницы // *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 3 (156). <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-3-35-43>

12. Воронина А.А., Долгополова Н.В. Ресурсосберегающие приемы обработки почвы под ячмень (*Hordeum*) в Центральном Черноземье // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2023. № 2. С. 6-10

13. Акимов А.А., Беленков А.И., Сучков С.И., Грудяев Г.А. Эффективность средств защиты растений в посевах озимой пшеницы сорта Мера // *Владимирский земледелец*. 2024. № 1 (107). С. 4–12. <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2024-1107-4-10>

14. Пестерева А.С., Сорока Л.И., Сорока С.В. Эффективность гербицидов на основе флоросулама в посевах пшеницы яровой // *Защита растений*. 2022. № 45. С. 61–68. <https://doi.org/10.47612/0135-3705-2021-45-61-68>

15. Смолин Н.В., Потапова Н.В., Волгин В.В., Потапов И.В. и др. Динамика видового обилия сорняков в фитоценозе ярового ячменя за длительный период применения средств химизации // *Аграрный научный журнал*. 2025. № 10. С. 73–79. <https://doi.org/10.28983/asj.y2025i10pp73-79>

16. Савоськина О.А., Чебаненко С.И., Шитикова А.В., Константинович А.В. и др. Фитосанитарный мониторинг производственных посевов зерновых культур условиях ЦЧЗ // *АгроЭкоИнфо*. 2022. № 6. <https://doi.org/10.51419/202126625>

17. Баздырев Г.И., Третьяков Н.Н., Белошапкина О.О. *Интегрированная защита растений от вредных организмов: Учебное пособие*. Москва: ИНФРА-М, 2023. 302 с.

18. Доспехов Б.А. *Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований)*. 5-е изд., доп. и перераб.: Учебник. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.

19. *Методические указания для проведения лабораторно-практических занятий по теме «Изучение ассортимента пестицидов»*. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет, 2012. 16 с.

20. Туликов А.М. Вредоносность сорных растений в посевах полевых культур // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2002. № 1. С. 92-100

References

1. Stepnykh N.V., Nesterova E.V., Zargaryan A.M., Kopylova A.S. Strategic importance of crop production diversification. *Zemledelie*. 2022;(2):7-13. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-2-7-13>

2. Voronchikhina I.N., Voronchikhin V.V., Rubets V.S., Pylnev V.V. et al. Evaluation of the spring soft wheat collection in the conditions of the central region of the Non-Chernozem zone of Russia. *The Agrarian Scientific Journal*. 2021;(8):13-18. (In Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2021i8pp13-18>

3. Lentochkin A.M. Productivity components of spring wheat varieties. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023;23(9):41-51. (In Russ.) <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2023-23-09-41-51>

4. *Federal State Statistics Service*. (In Russ.) URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Val1_2023.xlsx (accessed: April 2, 2026).

5. Shpanev A.M., Lekomtsev P.V., Voropaev V.V. Influence of the main elements of cultivation technology on weed infestation of crops and spring wheat yield. *Vestnik of Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2022;(2(58)):44-51. (In Russ.) <https://doi.org/10.18286/1816-4501-2022-2-44-51>

6. Abramov N.V., Sherstobitov S.V. Formation of high-quality spring wheat grain under differentiated application of nitrogen fertilizers. *Zemledelie*. 2024;(3):33-39. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2024-3-33-39>
7. Shram N.V., Keler V.V., Khizhnyak S.V., Ovsyankina S.V. Influence of weather conditions on protein accumulation in spring wheat grain. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy selskokhozyaistvennoy akademii imeni V.R. Filippova*. 2023;(4(73)):29-37. (In Russ.) <https://doi.org/10.34655/bgsha.2023.73.4.004>
8. Nikiforov V.M., Nikiforov M.I., Pasechnik N.M. The effectiveness of herbicides of the russian production in spring wheat crops. *Vestnik Bryanskoy GSKkA*. 2022;(6(94)):33-37. (In Russ.) <https://doi.org/10.52691/2500-2022-94-6-33-37>
9. Semeshkina P.S., Borodina E.S. Yielding capacity of spring wheat depending on the forecrop and fertilizers. *Vladimirskiy zemledelets*. 2022;(2(100)):30-35. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2022-2-30-35>
10. Ivenin A.V., Ivenin V.V., Bogomolova Yu.A., Golubev M.S. et al. The influence of cultivation technologies on the contamination of spring wheat crops and yield in the conditions of the Nizhny Novgorod Region. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2024;25(4):655-663. (In Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.4.655-663>
11. Ivchenko V.K., Mikhaylova Z.I., Filippov A.G., Kokin S.V. The influence of resource-saving technologies of basic tillage of the soil on spring wheat weeding. *Bulletin of KSAU*. 2020;(3(156)):35-43. (In Russ.) <https://doi.org/10.36718/1819-4036-2020-3-35-43>
12. Voronina A.A., Dolgoplova N.V. Resource-saving soil treatment under barley (*Hordeum*) in the Central Black Earth region. *Vestnik Kurskoy gosudarstvennoy selskokhozyaystvennoy akademii*. 2023;(2):6-10. (In Russ.)
13. Akimov A.A., Belenkov A.I., Suchkov S.I., Grudyaev G.A. Efficiency of plant protection products of winter wheat variety Mera. *Vladimirskiy zemledelets*. 2024;(1(107)):4-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2225-2584-2024-1107-4-10>
14. Pestereva A.S., Soroka L.I., Soroka S.V. Efficiency of florasulam-based herbicides in spring wheat crops. *Zashchita rasteniy*. 2022;(45):61-68. (In Russ.) <https://doi.org/10.47612/0135-3705-2021-45-61-68>
15. Smolin N.V., Potapova N.V., Volgin V.V., Potapov I.V. et al. Range of weeds species dynamics in the phytocenosis of spring barley over a long period of chemicals application. *The Agrarian Scientific Journal*. 2025;(10):73-79. (In Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2025i10pp73-79>
16. Savoskina O.A., Chebanenko S.I., Shitikova A.V., Konstantinovich A.V. et al. Phytosanitary monitoring of production crops of grain crops in the conditions of the CCHZ. *AgroEkoInfo*. 2022;(6). (In Russ.) <https://doi.org/10.51419/202126625>
17. Bazdyrev G.I., Tret'yakov N.N., Beloshapkina O.O. *Integrated plant protection against harmful organisms: a textbook*. Moscow, Russia: INFRA-M; 2023:302. (In Russ.)
18. Dospekhov B.A. *Methodology of field experiment (with fundamentals of statistical data processing)*: a textbook. 5th ed., rev. and enl. Moscow, Russia: Agropromizdat; 1985:351 p. (In Russ.)
19. *Guidelines for laboratory and practical classes on the topic: "Study of the pesticide range"*. Krasnodar, Russia: Kuban State Agrarian University, 2012:16. (In Russ.)
20. Tulikov A.M. Harmfulness of weeds in field crop stands. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2002;(1):92-101. (In Russ.)

Сведения об авторах

Ольга Алексеевна Савоськина, д-р с.-х. наук, профессор, профессор кафедры земледелия и методики опытного дела, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: osavoskina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1568-4922>

Февзи Сеид-Умерович Джалилов, д-р биол. наук, профессор кафедры защиты растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: dzhalilov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5014-8375>

Светлана Ивановна Чебаненко, канд. с.-х. наук, доцент, доцент кафедры защиты растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: svchebanenko@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6128-1948>

Игорь Анатольевич Заверткин, канд. с.-х. наук, доцент кафедры земледелия и методики опытного дела, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: izavyortkin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5607-0364>

Рашид Ислямович Тараканов, канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры защиты растений, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: r.tarakanov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3235-8467>

Олег Витальевич Тимофеев, канд. с.-х. наук, доцент кафедры земледелия и методики опытного дела, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: o.timofeev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0009-0005-1992-6617>

Information about the authors

Olga A. Savoskina, DSc (Ag), Professor, Professor at the Department of Agriculture and Experimental Methods, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: osavoskina@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1568-4922>

Fevzi S.-U. Dzhalilov, DSc (Bio), Professor at the Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: dzhalilov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5014-8375>

Svetlana I. Chebanenko, CSc (Ag), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: svchebanenko@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6128-1948>

Igor A. Zavertkin, CSc (Ag), Associate Professor at the Department of Agriculture and Experimental Methods, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: izavyortkin@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5607-0364>

Rashit I. Tarakanov, CSc (Bio), Associate Professor Associate Professor at the Department of Plant Protection, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: r.tarakanov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3235-8467>

Oleg V. Timofeev, CSc (Agr), Associate Professor at the Department of Agriculture and Experimental Methods Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: o.timofeev@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0009-0005-1992-6617>

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

**Видовой состав, структура комплекса и динамика численности тлей
в зернотравяно-пропашном севообороте на северо-западе России**

Александр Михайлович Шпанев[✉], Марина Николаевна Берим

Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений,
Санкт-Петербург, Россия

[✉]Автор, ответственный за переписку: ashpanev@mail.ru

Аннотация

В Северо-Западном регионе и Ленинградской области, в частности, в отдельные годы случается массовое размножение тлей, которое оказывает сильное влияние на формирование урожая. Цель исследований заключалась в изучении видового состава, структуры комплекса и динамики численности тлей на полях зернотравяно-пропашного севооборота, имеющего широкое распространение на данной территории. Изучение комплекса тлей проводилось в течение 2021–2022 гг. с использованием желтых водных ловушек, размещенных на всех полях севооборота. Учет тлей осуществлялся с периодичностью 7–8 дней, чем определялось общее количество проведенных учетов, которое составило 10 и 15 соответственно в 2021 и 2022 гг. Комплекс тлей зернотравяно-пропашного севооборота характеризовался большим видовым разнообразием (30 видов), но небольшим обилием (1,9 экз/ловушка), которое в зависимости от особенностей агроценоза изменялось в пределах 1,3–2,8 экз/ловушка в среднем за период вегетации культуры. По составу и структуре комплексов тлей агроценозы различались довольно сильно, за исключением тех из них, культурные растения которых относились к одному ботаническому семейству и имели одинаковые сроки сезонного развития (рожь озимая, многолетние травы). Численное большинство составляли виды, пищевая специализация которых связана с культурными растениями (85,3%), оставшаяся часть определялась наличием сорной (12,6%), а также древесной и кустарниковой растительности (2,1%). Максимальная численность тлей в севообороте отмечалась во второй декаде июня, что совпадало с массовым размножением черемухово-злаковой тли в посевах овса посевного, в меньшей степени – ржи озимой и травостое многолетних трав.

Ключевые слова

зернотравяно-пропашной севооборот, тли, видовой состав, обилие, пространственная структура комплекса тлей, динамика численности

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки в рамках Государственного задания ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений» (темы № FGEU-2022–0008 и FGEU-2025–0012).

Для цитирования

Шпанев А.М., Берим М.Н. Видовой состав, структура комплекса и динамика численности тлей в зернотравяно-пропашном севообороте на северо-западе России // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 3. С. 126–140.

Species composition, complex structure, and population dynamics of aphids in a grain-grass-row crop rotation in Northwestern Russia

Aleksandr M. Shpanev✉, Marina N. Berim

All-Russian Research Institute of Plant Protection, Saint Petersburg, Russia

✉Corresponding author: ashpanev@mail.ru

Abstract

In the Northwestern region of Russia, and in the Leningrad Region in particular, mass outbreaks of aphids occasionally occur, which have a significant impact on crop formation. The aim of the study was to investigate the species composition, complex structure, and population dynamics of aphids in the fields of a grain-grass-row crop rotation, which is widely practiced in this territory. The aphid complex was studied during 2021–2022 using yellow water traps placed in all fields of the crop rotation. Aphid counts were carried out at 7–8 day intervals, resulting in a total of 10 and 15 counts in 2021 and 2022, respectively. The aphid complex of the grain-grass-row crop rotation was characterized by high species diversity (30 species) but low abundance (1.9 individuals/trap), which varied depending on the agrocoenosis characteristics within a range of 1.3–2.8 individuals/trap, on average, over the crop growing season. The agrocoenoses differed considerably in the composition and structure of their aphid complexes, except for those whose cultivated plants belonged to the same botanical family and had identical seasonal development patterns (winter rye, perennial grasses). The numerical majority consisted of species whose feeding specialization is associated with cultivated plants (85.3%), with the remainder accounted for by weed species (12.6%) and woody and shrub vegetation (2.1%). The maximum aphid abundance in the crop rotation was recorded in the second decade of June, which coincided with the mass outbreak of the bird cherry-oat aphid in spring oat crops, and to a lesser extent in winter rye and perennial grass stands.

Keywords

grain-grass-row crop rotation, aphids, species composition, abundance, spatial structure of the aphid complex, population dynamics

Acknowledgments

The work was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science to the All-Russian Research Institute of Plant Protection (projects No. FGEU-2022–0008 and FGEU-2025–0012).

For citation

Shpanev A.M., Berim M.N. Species composition, complex structure, and population dynamics of aphids in a grain-grass-row crop rotation in Northwestern Russia. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(3):126–140.

Введение Introduction

Тли являются опасными вредителями полевых культур во всем мире [1–3]. Вредоносность тлей проявляется в снижении количественных и качественных показателей урожая, а также в распространении вирусных заболеваний [4–6].

При изучении тлей основное внимание уделялось видам, обладающим высоким потенциалом вредоносности. В посевах зерновых культур к таковым относятся большая злаковая, обыкновенная злаковая и черемухово-злаковая тли [7–9], в посевах зернобобовых и бобовых культур – гороховая, бобовая и люцерновая тли [10, 11]. Для рапса ярового опасность представляет капустная тля [12, 13], для сахарной свеклы – бобовая тля [14], для картофеля – крушинная, бобовая, персиковая, обыкновенная и большая картофельные тли, являющиеся переносчиками вирусов [15].

Значительно реже объектом изучения являлся весь комплекс тлей, характерный для ценоза одной определенной или нескольких, имеющих ботаническое сходство, культур. Например, на посадках семенного картофеля в хозяйствах Северо-Западного региона России с использованием желтых водных ловушек было выявлено от 20 до 43 видов тлей, среди которых абсолютное большинство видов оказались трофически связанными с овощными, плодовыми и ягодными культурами, сорными растениями, древесной и кустарниковой растительностью [16]. В результате отлова насекомых ловушкой Малеза в овощных агроценозах на территории Ленинградской области было выявлено 40 видов тлей, из них 28 являлись вредителями сельскохозяйственных культур [17].

Наименее изученным в настоящее время остается видовой состав тлей севооборотной агроэкосистемы, отличающейся организационно-пространственной структурой более высокого иерархического порядка, чем отдельно взятое поле. Актуальность таких исследований имеет особую значимость исходя из представлений о формировании на севооборотной площади единого фитосанитарного пространства [18].

Цель исследований: изучение видового состава, структуры комплекса и динамики численности тлей в пространстве зернотравяно-пропашного севооборота на северо-западе России.

Методика исследований

Research method

Изучение комплекса тлей осуществлялось на полях зернотравяно-пропашного севооборота Меньковского филиала Агрофизического НИИ в период 2021–2022 гг. Состав и чередование культур в севообороте: люпин узколистый, рожь озимая, рапс яровой, картофель, овес с подсевом многолетних трав (тимopheевка луговая + клевер красный), многолетние травы первого года пользования, многолетние травы второго года пользования. Площадь севооборота – 4,2 га, одного поля – 0,6 га. Обработка инсектицидами в период исследований не проводилась.

Для изучения комплекса тлей применялись желтые водные ловушки, размещаемые в количестве 3 шт. на равноудаленном расстоянии друг от друга на каждом поле севооборота. Они находились на одном и том же месте в течение всего периода использования, который отличался по срокам для разных культур. Учет тлей осуществлялся с периодичностью 7–8 дней, чем определялось общее количество проведенных учетов. В 2021 г. количество учетов составило 10, в 2022 г. – 15, в том числе на люпине узколистом – 4 и 6, ржи озимой – 4 и 6, на овсе посевном – 3 и 8, многолетних травах – 4 и 10, картофеле – 6 и 7, на рапсе яровом – 6 и 7. При учете вода из желтых ловушек пропускалась через марлю, а все насекомые, включая тлей, помещались в отдельную, плотно закрываемую емкость, куда доливался спирт. Разбор проб и определение видового состава тлей осуществлялись по морфометрическим признакам в лабораторных условиях с использованием специальной литературы [19–21]. Общие сборы тлей насчитывали 484 особи.

Для сравнения ценозов культур на наличие общих видов тлей и соотношение численности между ними рассчитывались индекс попарного видового сходства Серенсена [22] и коэффициент общности удельного обилия Шорыгина [23].

Годы проведения исследований существенно различались по погодным условиям. Благоприятным для размножения тлей оказался 2021 г., когда в мае наблюдались повышенные среднесуточные температуры воздуха (10,8°C) и избыток влаги (245,5 мм); в июне и июле температурный режим был выше нормы (19,7 и 21,1°C против 14,8 и 16,6°C), а суммарное количество осадков – ниже (29,0 и 36,2 мм против 68,6 и 80,6 мм). В 2022 г. в мае фиксировались пониженные температуры (9,3°C) и дефицит осадков (29,5 мм); в июне и июле температура воздуха была выше среднемноголетнего значения (16,8 и 18,0°C против 14,8 и 16,6°C), сумма выпавших осадков – больше (88,1 и 109,7 мм против 68,6 и 80,6 мм).

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

По результатам изучения было определено, что комплекс тлей на полях зерно-травяно-пропашного севооборота представлен 30 видами, в то время как в агроценозе определенной культуры их насчитывалось от 7 до 18. Наиболее представительный комплекс тлей оказался характерным для ценоза ржи озимой, тогда как наименьшее число видов встречалось в посеве люпина узколистного и травостое многолетних трав второго года пользования (табл. 1).

Наиболее различимыми по видовому составу тлей являлись комплексы посевов люпина узколистного и ржи озимой (40% общих видов), картофеля и многолетних трав второго года пользования (38% общих видов). Высокое сходство видов выявлено для многолетних трав (77% общих видов), а также для ржи озимой, овса посевного и многолетних трав первого года пользования, что объясняется принадлежностью их одному ботаническому семейству (табл. 2). Усредненный индекс попарного видового сходства, равный 0,60, указывает на сходство видового состава тлей в зерно-травяно-пропашном севообороте на уровне 60%.

Таблица 1

Видовой состав и обилие тлей в агроценозах зерно-травяно-пропашного севооборота (Ленинградская обл., 2021–2022 гг.)

Table 1

Species composition and abundance of aphids in agroecosystems of grain-grass-row crop rotation (Leningrad Region, 2021–2022)

Вид	Обилие тлей, экз. особей/повушка						
	Люпин узколистный	Рожь озимая	Рапс яровой	Картофель	Овес посевной + мног. травы	Мног. травы 1 года пользования	Мног. травы 2 года пользования
Гороховая тля <i>Acythosiphon pisum</i> Harr.	0,30		0,03	0,19	0,15	0,12	
Большая ежевичная тля <i>Amphorophora rubi</i> Kalt.		0,03					
Серая свидинно-злаковая тля <i>Anoecia corni</i> F.		0,12	0,03		0,12	0,21	0,13

Вид	Обилие тлей, экз. особей/посушка						
	Люпин узко-лист-ный	Рожь озимая	Рапс-яровой	Кар-тофель	Овес посев-ной + мног. травы	Мног. травы 1 года поль-зования	Мног. травы 2 года поль-зования
Зеленая свидинно-злаковая тля <i>Anoecia vagans</i> Koch.				0,06			
Виковая тля <i>Aphis cracciae</i> L.	0,50		0,03			0,24	0,20
Бобовая тля <i>Aphis fabae</i> Scop.	0,40	0,15	0,30	0,31	0,06	0,33	0,13
Крушинная тля <i>Aphis nasturtii</i> Kalt.	0,03	0,24	0,06	0,36	0,09	0,02	0,18
Бузинная тля <i>Aphis sambuci</i> L.		0,03					
Обыкновенная картофельная тля <i>Aulacorthum solani</i> Kalt.				0,25			
Капустная тля <i>Brevicoryne brassicae</i> L.			0,51	0,03			
Чертополоховая тля <i>Capitophorus elaeagni</i> Guerc.					0,12		
Морковно-ивовая тля <i>Cavariella aegopodii</i> Scop.		0,03	0,06	0,06	0,12	0,02	
Красносморозинная галловая тля <i>Cryptomyzus ribis</i> L.		0,06			0,15	0,02	
Салатная тля <i>Hyperomyzus lactucae</i> L.	0,03	0,03	0,10	0,08	0,06		
Горчицная тля <i>Lipaphis erysimi</i> Kalt.		0,06	0,41			0,07	0,13
Полынная тля <i>Macrosiphoniella artemisiae</i> B.d.F.	0,13	0,06	0,06	0,06	0,06	0,02	0,02
Пижмовая тля <i>Macrosiphoniella tanacetaria</i> Kalt.		0,18	0,05		0,06		

Вид	Обилие тлей, экз. особей/ловушка						
	Люпин узко-лист-ный	Рожь озимая	Рапс-яровой	Кар-тофель	Овес посев-ной + мног. травы	Мног. травы 1 года поль-зования	Мног. травы 2 года поль-зования
Большая картофельная тля <i>Macrosiphum euphorbiae</i> Thomas			0,03	0,11	0,03	0,02	
Зеленая розанная тля <i>Macrosiphum rosae</i> L.				0,06			
<i>Megourella spp.</i>	0,07						
Розанно-злаковая тля <i>Metopolophium dirhodum</i> Walk.		0,03			0,21	0,05	
Персиковая тля <i>Myzus persicae</i> Sulz.			0,23	0,03	0,18		
Боярышниковая по-беговая тля <i>Ovatus crataegarius</i> Walk.		0,06					
Смородинная стеблевая тля <i>Rhopalosiphoninus ribesinus</i> Goot.						0,02	
Яблонно-злаковая тля <i>Rhopalosiphum insertum</i> Walker				0,11			
Черемухово-злаковая тля <i>Rhopalosiphum padi</i> L.		0,58			0,36	0,26	0,40
Большая злаковая тля <i>Sitobion avenae</i> F.	0,10	0,15	0,13	0,08	0,88	0,07	0,02
Вязово-злаковая тля <i>Tetraneura ulmi</i> F.		0,06				0,05	0,04
Бородавчатая тля <i>Therioaphis trifolii</i> Monell.		0,03		0,11	0,18	0,07	0,07
Большая осотовая тля <i>Uroleucon sonchi</i> L.		0,03	0,10	0,06			
Всего видов:	7	18	15	16	16	16	10
Всего особей, экз/ловушка	1,6	1,9	2,1	1,8	2,8	1,5	1,3

**Сходство видового состава тлей
в агроценозах зернотравяно-пропашного севооборота**

Table 2

**Similarity of aphid species composition in agrocnoses
of grain-grass-row crop rotation**

Культура	Рожь озимая	Рапс яровой	Картофель	Овес + + мног. травы	Мног. травы 1 г.п.	Мног. травы 2 г.п.
Люпин узколистный	0,40	0,64	0,52	0,52	0,52	0,59
Рожь озимая		0,61	0,47	0,73	0,71	0,64
Рапс яровой			0,71	0,71	0,65	0,56
Картофель				0,63	0,50	0,38
Овес + мног. травы					0,75	0,54
Мног. травы 1 г.п.						0,77

Низкие значения коэффициента общности удельного обилия свидетельствуют о том, что по структуре комплексов тлей ценозы культур севооборота имели значительные отличия друг от друга. Сильнее всего различались посевы люпина узколистного, рапса ярового и посадки картофеля, у которых усредненные коэффициенты были составляли 31,4; 31,4; 34,8%. Высокая общность удельного обилия тлей отмечалась только между рожью озимой и многолетними травами второго года пользования (67,7%), травами первого и второго годов пользования (67,3%). Среднее значение общности удельного обилия тлей по севообороту составило 37,3% (табл. 3).

Обилие тлей в агроценозах зернотравяно-пропашного севооборота было невысоким: от 1,3–1,6 экз/ловушка в травостое многолетних трав и посевах люпина узколистного до 2,8 экз/ловушка в ценозе овса с подсевом многолетних трав. При этом в посевах люпина узколистного, ржи озимой и рапса ярового в среднем за 2021–2022 гг. в одной ловушке насчитывалось 1,6; 1,9; 2,1 особи тлей, в посадках картофеля – 1,8 особи. В 2021 г. более высокая численность тлей отмечалась в посеве ржи озимой и на полях многолетних трав, тогда как в 2022 г. – в посеве овса и посадке картофеля, что сопровождалось заметным увеличением видового разнообразия тлей (табл. 4).

Среднее по севообороту обилие тлей составляло 2,2 и 1,7 экз/ловушка в 2021 и 2022 гг. соответственно. Выявленные различия были связаны со значительно большей заселенностью черемухово-злаковой тлей в 2021 г. посева ржи озимой (1,2 экз/ловушка) и многолетних трав (0,6 и 1,1 экз/ловушка), чем овса (0,1 экз/ловушка), по причине позднего срока его сева. В 2022 г. наблюдалась более привычная картина, когда черемухово-злаковой тлей преимущественно заселялся посев овса (0,5 экз/ловушка), а на полях, занятых рожью и травами, этот вид тли встречался значительно реже (0,3; 0,1; 0,2 экз/ловушка).

Согласно пищевой специализации тлей абсолютное большинство особей, выловленных на полях зернотравяно-пропашного севооборота, имели трофическую связь с культурными растениями (85,3%), оставшаяся часть определялась наличием сорной (12,6%), а также древесной и кустарниковой растительности (2,1%).

Таблица 3

**Общность удельного обилия тлей
в агроценозах зернотравяно-пропашного севооборота**

Table 3

**Generality of the aphid specific abundance in agrocnoses
of grain-grass-row crop rotation**

Культура	Рожь озимая	Рапс яровой	Картофель	Овес + + мног. травы	Мног. травы 1 г.п.	Мног. травы 2 г.п.
Люпин узколистый	21,1	29,4	37,1	20,1	50,1	30,5
Рожь озимая		30,7	33,9	44,0	50,0	67,7
Рапс яровой			38,3	29,5	32,2	28,3
Картофель				30,2	37,8	31,7
Овес + мног. травы					43,3	30,8
Мног. травы 1 г.п.						67,3

Таблица 4

**Видовое разнообразие и обилие тлей
в агроценозах зернотравяно-пропашного севооборота в разные годы**

Table 4

**Aphid species diversity and abundance in agrocnoses
of grain-grass-row crop rotation in different years**

Культура	Количество видов		Обилие, экз/ловушка	
	2021	2022	2021	2022
Люпин узколистый	6	8	1,7	1,5
Рожь озимая	12	10	3,0	1,3
Рапс яровой	12	10	2,1	2,0
Картофель	7	12	1,3	2,2
Овес посевной + мн. травы	4	15	2,2	3,1
Мн. травы первого года пользования	7	13	2,0	1,3
Мн. травы второго года пользования	7	8	3,1	0,7
Севооборот	22	25	2,2	1,7

Присутствие сорных растений привлекало на поля севооборота салатную (осот полевой), морковно-ивовую (зонтичные), чертополоховую (бодяк щетинистый), бузинную (щавель малый), полынную (полынь обыкновенная), пижмовую (пижма), боярышниковую

побеговую (губоцветные) и большую осотовую тлей. Нахождение в посевах единичных особей зеленой розанной, большой ежевичной, красносмородинной галловой и смородинной стеблевой тлей обусловлено наличием вблизи полей севооборота приусадебных участков.

В посеве люпина узколистного на долю видов, питающихся культурными растениями (виковая, бобовая и гороховая тли), приходилось 80,9% особей, а в посадках картофеля – только 38,6% (табл. 5). Среднемноголетняя численность крушинной, обыкновенной картофельной, большой картофельной и персиковой тлей составляла 0,33; 0,23; 0,10; 0,03 экз/ловушка. Значительная часть особей тлей, выловленных ловушками в посадках картофеля, являлась специализированными вредителями бобовых (31,4%) и зерновых (12,9%) культур.

В посевах ржи озимой и овса посевного на долю злаковых тлей суммарно приходилось 48,4 и 55,3% особей, в том числе на долю черемухово-злаковой тли – 29,7 и 12,8%, большой злаковой тли – 7,8 и 30,9% соответственно. Редко встречались серая свидинно-злаковая, розанно-злаковая и вязово-злаковая тли.

В посевах рапса ярового доминантными видами являлись капустная (23,5% особей) и горчичная (19,8% особей) тли, на долю остальных 13 видов приходилось 55,5% особей. В бобово-злаковом травостое многолетних трав первого года пользования, состоящем преимущественно из клевера красного, преобладали тли, специализирующиеся на питании растениями семейства бобовые (47,1 против 39,7%). На поле многолетних трав второго года пользования, где преимущественно произрастала тимopheевка луговая, соотношение численности было в пользу злаковых тлей (45 против 30%).

Изучение динамики видового разнообразия и численности тлей показало, что в ситуации позднего сева яровых культур, как это было в 2021 г., основная их масса в июне встречалась в посеве ржи озимой и травостое многолетних трав. При этом

Таблица 5

Структура комплекса тлей в агроценозах зернотравяно-пропашного севооборота

Table 5

Structure of the aphid complex in agrocenoses of grain-grass-row crop rotation

Культуры	Пищевая специализация, % особей			
	Культурные растения	Сорная растительность	Другие с.-х. культуры	Древесная и кустарниковая растительность
Люпин узколистный	80,9	10,6	8,5	0
Рожь озимая	48,4	21,9	25,0	4,7
Рапс яровой	44,4	17,3	38,3	0
Картофель	38,6	12,9	48,6	0
Овес посевной	55,3	14,9	24,5	5,3
Мног. травы первого года пользования	86,8	2,9	7,4	2,9
Мног. травы второго года пользования	75,0	1,7	23,3	0

во второй декаде данного месяца наблюдался максимум численности тлей в севообороте, обусловленный сезонным развитием одного из самых массовых видов – черемухово-злаковой тли. Следующий рост численности тлей пришелся на третью декаду июля и первую декаду августа и был связан с высоким обилием капустной тли в посевах рапса яровой, бобовой и виковой тлей – в посевах люпина узколистного. В тот же период видовое разнообразие тлей достигало наивысших значений (табл. 6).

Схожие черты в динамике численности тлей проявились в 2022 г., с той лишь разницей, что яровые культуры в условиях традиционных сроков сева имели большее значение в их сезонном развитии. Наибольшее число особей тлей в севообороте также наблюдалось

Таблица 6

**Динамика видового разнообразия и численности тлей
в зернотравяно-пропашном севообороте в 2021 г.**

Table 6

**Dynamics of aphid species diversity and abundance
in a grain-grass-row crop rotation in 2021**

Культура	Июнь			Июль			Август	
	I	II	III	I	II	III	I	II
Люпин узколистный				0	2	6		
				0	0,7	3,0		
Рожь озимая	1	7	5					
	0,3	7,0	2,3					
Рапс яровой				5	1	5	7	5
				2,0	0,7	2,5	3,0	2,0
Картофель				4	2	4	3	3
				2,7	0,7	1,0	1,0	1,7
Овес посевной + + мн. травы				4	2	2		
				2,7	2,3	0,8		
Мн. травы первого года пользования	1	3	6					
	0,3	2,0	2,8					
Мн. травы второго года пользования	0	4	6					
	0	7,0	2,7					
Севооборот	2	9	9	8	7	13	10	8
	0,2	5,3	2,6	1,8	1,1	2,0	2,0	1,8

Примечание. В числителе – количество видов; в знаменателе – обилие, экз/ловушка.

во второй декаде июня, когда поле овса посевного подверглось массовому заселению черемухово-злаковой тли. Большое видовое разнообразие и высокое обилие тлей, выявленное в первой декаде июля, совпало с максимальными значениями данных показателей в посадке картофеля и посеве люпина, а также с размножением большой злаковой тли в посеве овса. Ввиду более раннего срока сева рапса ярового наибольшее количество особей тлей встречалось в посеве этой культуры во второй и третьей декадах июля, а не в третьей декаде июля и первой декаде августа, как это было в 2021 г. Следует отметить несколько более высокое обилие тлей в травостое многолетних трав во второй декаде сентября – за счет присутствия, главным образом, серой свидинно-злаковой тли (табл. 7).

Таблица 7

**Динамика видового разнообразия и численности тлей
в зернотравяно-пропашном севообороте в 2022 г.**

Table 7

**Dynamics of aphid species diversity and abundance
in a grain-grass-row crop rotation in 2022**

Культура	Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Люпин узколистный		1	5	10	3							
		0,3	1,0	2,0	0,7							
Рожь озимая	1	3	6	2	3							
	0,3	2,0	1,8	1,3	2,0							
Рапс яровой				4	6	4	5	4				
				1,3	2,7	2,7	1,8	1,3				
Картофель				6	4	5	4	4				
				5,3	2,3	1,7	0,8	2,0				
Овес посевной + + мн. травы		7	5	3	3	2	4					
		11,3	1,7	3,7	1,3	1,7	2,0					
Мн. травы первого года пользования	1	4	5				4	2	2	0	4	1
	0,3	2,7	2,0				1,7	1,7	1,7	0	2,3	0,3
Мн. травы второго года пользования	1	1	4				1	2	3	2	2	1
	0,3	0,7	1,2				0,7	0,7	1,0	0,7	1,0	0,3
Севооборот	2	11	16	14	11	10	11	9	4	2	4	2
	0,3	3,4	1,5	2,7	1,8	2,0	1,4	1,4	1,3	0,3	1,7	0,3

Примечание. В числителе – количество видов; в знаменателе – обилие, экз/ловушка.

Выводы Conclusions

На полях зернотравяно-пропашного севооборота в условиях Ленинградской области было выявлено большое видовое разнообразие (30 видов) и низкое обилие (1,9 экз/ловушка) тлей. По составу и структуре комплексов тлей агроценозы различались довольно сильно, за исключением тех из них, культурные растения которых относились к одному ботаническому семейству и имели одинаковые сроки сезонного развития (рожь озимая, многолетние травы).

Комплекс тлей зернотравяно-пропашного севооборота состоял в основном из видов, трофически связанных с культурными растениями (85,3%), оставшаяся часть определялась наличием сорной (12,6%), а также расположенной поблизости древесной и кустарниковой растительности (2,1%). Максимальное видовое разнообразие тлей в севообороте отмечалось в третьей декаде июня (2021 г.) или в третьей декаде июля (2022 г.), обилие – во второй декаде июня.

Список источников

1. Brewer M.J., Peairs F.B., Elliott N.C. Invasive Cereal Aphids of North America: Ecology and Pest Management. *Annual Review of Entomology*. 2019;64(1):73-93. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011118-111838>
2. Valenzuela I., Hoffmann A. Effects of aphid feeding and associated virus injury on grain crops in Australia. *Austral entomology*. 2015;54(3):292-305. <https://doi.org/10.1111/aen.12122>
3. Yahya M., Saeed N.A., Nadeem S., Hamed M. et al. Role of Wheat Varieties and Insecticide Applications against Aphids for Better Wheat Crop Harvest. *Pakistan Journal Zoology*. 2017;49(6):2217-2225. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.6.2217.2225>
4. Амиркулов О.С. Влияние сосущего вредителя тли на урожайность и качество зерна озимой пшеницы // *Актуальные проблемы современной науки*. 2018. № 5 (102). С. 237–241. EDN: YLFGAN
5. Гериева Ф.Т., Болиева З.А., Басиев С.С. Тли – переносчики вирусной инфекции семенного картофеля на северном Кавказе // *Защита и карантин растений*. 2014. № 12. С. 18–19. EDN: SZGEWT
6. Какарека Н.Н., Волков Ю.Г., Сапоцкий М.В., Толкач В.Ф., Щелканов М.Ю. Вирусы злаковых культур и их переносчики на юге российского Дальнего Востока (обзор) // *Сельскохозяйственная биология*. 2020. № 3 (55). С. 439–450. <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.3.439rus>
7. Шарапова Ю.А. Динамика численности злаковых тлей в посевах озимой мягкой пшеницы в условиях лесостепи Самарской области // *Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021. № 4. С. 31–36. EDN: JPLHFZ
8. Берим М.Н. Особенности жизнедеятельности злаковых тлей на Северо-Западе России // *Аграрный научный журнал*. 2023. № 10. С. 26–32. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i10pp26-32>
9. Николаева З.В., Тимофеева Н.Ю. Тли – вредители зерновых культур в Псковской области // *Наукосфера*. 2021. № 1-1. С. 123–128. EDN: IVAUFX
10. Илларионов А.И., Разумейко И.Н. Фитофаги гороха и приемы ограничения их вредоносности // *Вестник Воронежского государственного аграрного университета*. 2018. № 3 (58). С. 20–31. <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2018.3.20>

11. Каплин В.Г., Володина И.А., Курьянович А.А., Васин В.Г. Динамика со-става и численности насекомых на надземных органах люцерны в лесосте-пи Самарской области // *Энтомологическое обозрение*. 2020. № 99(3). С. 540–575. <https://doi.org/10.31857/S0367144520030041>
12. Горбатко К.А., Демкин В.И. Экологические приемы борьбы с капуст-ной тлей в посевах рапса // *Защита и карантин растений*. 2009. № 11. С. 31–32. EDN: KXVTDD
13. Мармулева Е.Ю., Торопова Е.Ю. Энтомокомплекс ярового рапса в лесосте-пи Западной Сибири // *Вестник Новосибирского государственного аграрного универ-ситета*. 2013. № 2 (27). С. 24–30. EDN: RDIFND
14. Герр Е.С., Стогниенко О.И. Динамика численности сосу-щих насекомых – переносчиков вирусных и фитоплазменных болез-ней в посевах сахарной свеклы // *Сахарная свекла*. 2021. № 10. С. 24–27. <https://doi.org/10.25802/SB.2021.58.79.005>
15. Шелабина Т.А. Изучение видового состава тлей на посадках ори-гинального картофеля в условиях Ленинградской области // *Труды Кубан-ского государственного аграрного университета*. 2019. № 81. С. 240–245. <https://doi.org/10.21515/1999-1703-81-240-245>
16. Сухорученко Г.И., Иванова Г.П., Волгарев С.А., Берим М.Н. Видовой со-став тлей (Hemiptera, Aphididae) на посадках семенного картофеля в Северо-Западе ном регионе России // *Энтомологическое обозрение*. 2019. № 4 (98). С. 724–740. <https://doi.org/10.1134/S0367144519040051>
17. Овсянникова Е.И., Берим М.Н. Видовой состав и сезонная дина-мика численности тлей в овощных агроценозах Санкт-Петербурга и Ле-нинградской области // *Аграрный научный журнал*. 2023. № 8. С. 41–48. <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i8pp41-48>
18. Шпанев А.М. *Полевые экосистемы агроландшафта Каменной Степи и их фитосанитарное оздоровление*. СПб.: ВИЗР, 2012. 304 с.
19. Шапошников Г.Х. *Подотряд Aphidinea – тли. Определитель насекомых Евр-опейской части СССР*. М., 1964. Т. 1. С. 489-616
20. Remaudiee G., Seco Fernandez M.V. *Claves de pulgones alados de la region Mediterranea*. Vol. 2. Spain: Universidad de Leon, 1990:205.
21. Blackman R.L., Eastop V.F. *Aphids on the World's Herbaceous Plants and Shrubs. Vol. 1: Host lists and keys*. London: Natural History Museum, 2006:1438.
22. Sorensen T.A Method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons. *Biologiske skrifter*. 1948;5:1-34.
23. Шорыгин А.А. Питание, избирательная способность и пищевые взаимо-отношения некоторых Goobiidae Каспийского моря // *Зоологический журнал*. 1939. Т. 18. Вып. 1. С. 27–51.

References

1. Brewer M.J., Peairs F.B., Elliott N.C. Invasive Cereal Aphids of North America: Ecology and Pest Management. *Annual Review of Entomology*. 2019;64(1):73-93. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-011118-111838>
2. Valenzuela I., Hoffmann A. Effects of aphid feeding and associated virus injury on grain crops in Australia. *Austral entomology*. 2015;54(3):292-305. <https://doi.org/10.1111/aen.12122>

3. Yahya M., Saeed N.A., Nadeem S., Hamed M. et al. Role of Wheat Varieties and Insecticide Applications against Aphids for Better Wheat Crop Harvest. *Pakistan Journal Zoology*. 2017;49(6):2217-2225. <https://doi.org/10.17582/journal.pjz/2017.49.6.2217.2225>
4. Amirkulov O.S. Effect of the sucking pest aphid on the yield and grain quality of winter wheat. *Aktualnye problemy sovremennoy nauki*. 2018;(5(102)):237-241. (In Russ.)
5. Gerieva F.T., Bolieva Z.A., Basiev S.S. Aphids – vectors of viral infection of seed potatoes in the North Caucasus. *Plant Protection and Quarantine*. 2014;(12):18-19. (In Russ.)
6. Kakareka N.N., Volkov Yu.G., Sapotskiy M.V., Tolkach V.F. et al. Viruses of cereal crops and their vectors in the south of the Russian Far East (review). *Agricultural Biology*. 2020;(3(55)):439-450. (In Russ.) <https://doi.org/10.15389/agrobiology.2020.3.439rus>
7. Sharapova Yu.A. Dynamics of grain aphids in winter soft wheat crops in the Samara Region forest-steppe. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2021;(4):31-36. (In Russ.)
8. Berim M.N. Features of the vital activity of cereal aphids in the North-West of Russia. *The Agrarian Scientific Journal*. 2023;(10):26-32. (In Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i10pp26-32>
9. Nikolaeva Z.V., Timofeeva N.Yu. Aphids are pests of cereals in the Pskov Region. *Naukosfera*. 2021;(1-1):123-128. (In Russ.)
10. Illarionov A.I., Razumeiko I.N. Phytophages of peas and techniques for limiting their harmfulness. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2018;(3(58)):20-31. (In Russ.) <https://doi.org/10.17238/issn2071-2243.2018.3.20>
11. Kaplin V.G., Volodina I.A., Kuryanovich A.A., Vasin V.G. Dynamics of the composition and number of insects on the above-ground organs of alfalfa in the forest-steppe of the Samara Region. *Entomologicheskoe obozrenie*. 2020;99(3)540-575. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0367144520030041>
12. Gorbatko K.A., Demkin V.I. Ecological means of brevicoryne brassicae control in rape plantings. *Plant Protection and Quarantine*. 2009;(11):31-32. (In Russ.)
13. Marmulyova E.Yu., Toropova E.Yu. Entomological complex of spring rapeseed in the forest-steppe of Western Siberia. *Vestnik NGAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2013;(2(27)):24-30. (In Russ.)
14. Gerr E.S., Stognienko O.I. Dynamics of the number of sucking insects – carriers of virus and phytoplasm diseases in sugar beet crops. *Sakharnaya svekla*. 2021;(10):24-27. (In Russ.) <https://doi.org/10.25802/SB.2021.58.79.005>
15. Shelabina T.A. The study of species composition of aphids in the planting of original potatoes in the conditions of the Leningrad Region. *Trudy Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2019;(81):240-245. (In Russ.) <https://doi.org/10.21515/1999-1703-81-240-245>
16. Sukhoruchenko G.I., Ivanova G.P., Volgarev S.A., Berim M.N. Species composition of aphids (Hemiptera, Aphididae) on plantings of seed potatoes in the North-West region of Russia. *Entomologicheskoe obozrenie*. 2019;98(4):724-740. (In Russ.) <https://doi.org/10.1134/S0367144519040051>
17. Ovsyannikova E.I., Berim M.N. Species composition and aphid population seasonal dynamics in vegetable agrocenoses of St. Petersburg and the Leningrad Region. *The Agrarian Scientific Journal*. 2023;(8):41-48. (In Russ.) <https://doi.org/10.28983/asj.y2023i8pp41-48>
18. Shpanev A.M. *Field ecosystems of the agrolandscape of the Kamennaya Steppe and their phytosanitary improvement*. St. Petersburg, Russia: All-Russian Research Institute of Plant Protection, 2012:304. (In Russ.)

19. Shaposhnikov G.Kh. *Suborder Aphidinea – aphids. Identification of insects of the European part of the USSR*. Moscow, USSR, 1964;1:489-616. (In Russ.)
20. Remaudiee G., Seco Fernandez M.V. *Claves de pulgones alados de la region Mediterranea. Vol. 2. Spain: Universidad de Leon, 1990:205. (In Span., in French)*
21. Blackman R.L., Eastop V.F. *Aphids on the World's Herbaceous Plants and Shrubs. Vol. 1: Host lists and keys*. London: Natural History Museum, 2006:1438.
22. Sorensen T.A. Method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content and its application to analysis of the vegetation on Danish commons. *Biologiske skrifter*. 1948;5:1-34.
23. Shorygin A.A. Nutrition, selective ability and feeding relationships of some Goobiidae of the Caspian Sea. *Zoologicheskii zhurnal*. 1939;1(18):27-51. (In Russ.)

Сведения об авторах

Александр Михайлович Шпанев, д-р биол. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», лаборатория интегрированной защиты растений; 196608, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, шоссе Подбельского, 3; e-mail: ashpanev@mail.ru

Марина Николаевна Берим, канд. биол. наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений», лаборатория фитосанитарной диагностики и прогнозов; 196608, Российская Федерация, г. Санкт-Петербург, шоссе Подбельского, 3; e-mail: berim_m@mail.ru

Information about the authors

Aleksandr M. Shpanev, DSc (Bio), Leading Research Associate, Laboratory of Integrated Plant Protection, All-Russian Research Institute of Plant Protection; 3 Podbelskogo Ave., St. Petersburg, 3196608, Russian Federation; e-mail: ashpanev@mail.ru

Marina N. Berim, CSc (Bio), Senior Research Associate, Laboratory of Integrated Plant Protection, All-Russian Research Institute of Plant Protection; 3 Podbelskogo Ave., St. Petersburg, 3196608, Russian Federation: berim_m@mail.ru

ЗООТЕХНИКА, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

**Сравнительная характеристика методов оценки
племенной ценности быков-производителей**

**Максим Олегович Селимян[✉], Наталья Ивановна Абрамова,
Ольга Леонидовна Хромова, Людмила Николаевна Богорадова**

Вологодский научный центр Российской академии наук,
Вологда, Россия

[✉]Автор, ответственный за переписку: sss090909@mail.ru

Аннотация

В условиях реструктуризации породного состава молочного скота в РФ и активной голштинизации популяций актуальной задачей является точная оценка племенной ценности быков-производителей для эффективной селекции. Метод BLUP (Best Linear Unbiased Prediction), являясь международным стандартом, в отечественной практике требует адаптации и сравнительной оценки с традиционными методами. Цель исследований – сравнительная оценка быков-производителей голштинской породы, используемых в популяции Вологодской области, по качеству потомства с применением метода BLUP и традиционного метода «Дочери-сверстницы». Исследования проведены на данных 6760 коров-первотелок от 283 быков-производителей из 25 племенных хозяйств Вологодской области. Использована биометрическая модель смешанного типа для прогноза племенной ценности (EBV) и расчета ее достоверности (R^2). Сравнительный анализ методов выполнен с использованием корреляционного $\otimes$ и рангового корреляционного анализа Спирмена (ρ). Методом BLUP оценены все 283 быка, из которых по удою выделено 115 улучшателей, 60 нейтральных и 108 ухудшателей. Достоверность оценки ($R^2 \geq 0,5$) получена для 125 животных (44,2%). Из всех быков лишь единицы одновременно улучшали два признака и ни один не улучшал все три признака. Метод «Дочери-сверстницы» позволил оценить только 88 быков (31,1%). Между результатами оценки двумя методами установлена положительная корреляция средней силы ($r = 0,33\text{--}0,43$; $p < 0,001$). Метод BLUP демонстрирует преимущество по охвату поголовья для оценки и обеспечивает более точный учет генетических и паратипических факторов. Однако для практической селекции необходима установка четких пороговых значений по достоверности оценки (R^2). Выявленная корреляция между методами подтверждает общую направленность результатов, что свидетельствует о перспективности внедрения BLUP в систему племенной работы при условии стандартизации критериев отбора быков по надежности прогноза.

Ключевые слова

бык-производитель, BLUP, племенная ценность, голштинская порода, молочная продуктивность, «Дочери-сверстницы»

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках государственного задания СЗНИИМЛПХ ОП ФГБУН ВолНЦ РАН FMGZ-2025–0016.

Для цитирования

Селимян М.О., Абрамова Н.И., Хромова О.Л., Богорадова Л.Н. Сравнительная характеристика методов оценки племенной ценности быков-производителей // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 3. С. 141–156.

LIVESTOCK BREEDING, BIOLOGY AND VETERINARY MEDICINE

Comparative analysis of methods for assessing the breeding value of stud bulls

Maksim O. Selimyan✉, Natalia I. Abramova,
Olga L. Khromova, Lyudmila N. Bogoradova

Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences,
Vologda, Russia

✉Corresponding author: sss090909@mail.ru

Abstract

In the context of restructuring the dairy cattle breed composition in the Russian Federation and the ongoing Holsteinization of populations, an accurate assessment of the breeding value of stud bulls is a crucial task for effective selection. The BLUP (Best Linear Unbiased Prediction) method, while being the international standard, requires adaptation and comparative assessment with traditional methods in domestic practice. The aim of this study is to conduct a comparative assessment of Holstein bulls used in the Vologda Region population based on offspring quality, using the BLUP method and the traditional “daughter-peer” method. The study was carried out on data from 6,760 first-calf heifers sired by 283 bulls from 25 breeding farms in the Vologda Region. A mixed-type biometric model was used to predict breeding value (EBV) and calculate its reliability (R^2). A comparative analysis of the methods was performed using correlation (r) and Spearman rank correlation analysis (ρ). The BLUP method assessed all 283 bulls, of which 115 were identified as improvers for milk yield, 60 as neutral, and 108 as deteriorators. Reliability of the estimate ($R^2 \geq 0.5$) was obtained for 125 animals (44.2%). Only a few bulls simultaneously improved two traits, and none improved all three. The “daughter-peer” method allowed for the assessment of only 88 bulls (31.1%). A moderate positive correlation was found between the results of the two methods ($r = 0.33\text{--}0.43$; $p < 0.001$). The BLUP method demonstrates an advantage in terms of assessment coverage and provides a more accurate accounting of genetic and paratypic factors. However, for practical breeding, it is necessary to establish clear threshold values for assessment reliability (R^2). The correlation identified between the methods confirms the overall consistency of the results, indicating the potential for implementing BLUP in the breeding system, provided that the criteria for bull selection based on prediction reliability are standardized.

Keywords

stud bull, BLUP, breeding value, Holstein breed, milk productivity, “daughter-peer” method

Acknowledgments

The research was carried out within the framework of the state assignment of the Ministry of Education and Science of Russia to the North-West Research Institute of Dairy and Grassland Farming named after A.S. Emelyanov – a separate division of the Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences (FMGZ-2025–0016).

For citation

Selimyan M.O., Abramova N. I, Khromova O.L., Bogoradova L.N. Comparative analysis of methods for assessing the breeding value of stud bulls. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(3):141–156.

Введение Introduction

В экономике России на долю сельского хозяйства приходится 4% объема ВВП и 11,7% численности занятого населения. По показателю валового объема производимой продукции, находящемуся на уровне свыше 5 трлн руб., российский сектор сельхозпроизводства является одним из крупнейших в мире. Каждый рубль, вложенный в сельское хозяйство, дает возврат в смежных отраслях до 4–5 руб. [1].

На современном этапе в сельском хозяйстве страны наблюдается переориентация производственных процессов на решение задач обеспечения продовольственной безопасности, импортозамещения, устойчивого развития сельских территорий [2].

Молочное скотоводство – ключевое направление животноводства, играющее важнейшую роль в обеспечении продовольственной безопасности государства и решении социальных задач. Планирование экономической эффективности молочного производства в сельхозпредприятиях напрямую зависит от такого основного параметра, как продуктивность коров [3].

В результате инвентаризации поголовья крупного рогатого скота, согласно решению Коллегии Евразийской экономической комиссии от 8 сентября 2020 г. № 108 «Об утверждении Порядка определения породы (породности) племенных животных», многие стада были аттестованы как чистопородные голштинские, что привело к сокращению численности поголовья черно-пестрой, холмогорской и ярославской пород [4].

Результаты селекционной работы в Смоленской области за тридцатилетний период свидетельствуют о масштабной голштинизации черно-пестрого скота. Генофонд исходной породы был в значительной степени замещен за счет активного использования голштинских быков-производителей. На текущий момент популяция преимущественно представлена высококровными помесями, доля голштинской крови у которых превышает 90% [5].

Исследования в Свердловской области показывают, что на базе уральского черно-пестрого скота была целенаправленно сформирована новая популяция – голштинский черно-пестрый скот. Большинство коров в ней обладают высокой долей генов голштинской породы (свыше 87,5%), что свидетельствует о достижении как минимум четвертого поколения поглотительного скрещивания с быками голштинской породы [6].

В связи с породной инвентаризацией скота произошли значительные изменения в структуре отрасли молочного скотоводства в условиях Вологодской области. Была сформирована новая популяция голштинской породы, полученная на основе поглотительного скрещивания трех отечественных пород (черно-пестрая, холмогорская, ярославская) (рис. 1.).

В результате проведенных ранее исследований в новой популяции определены селекционно-генетические параметры, что является одним из шагов к характеристике исследуемой популяции [7].

Цель селекционно-племенной работы в молочном скотоводстве достигается через три взаимосвязанных этапа: сначала оценивают и отбирают лучших животных, затем формируют из них селекционные группы и, наконец, активно используют

эти группы для воспроизводства, чтобы закрепить нужные наследственные качества в стаде [8, 9].

По заверениям ряда авторов, в настоящее время не только национальные системы оценки племенной ценности молочного скота экономически развитых стран, но и интернациональная оценка, проводимая Центром INTERBULL, базируются на теории BLUP [10–12].

В международной практике в странах с развитым молочным скотоводством для оценки племенной ценности используется математический метод BLUP (наилучший линейный несмещенный прогноз), который базируется на статистических моделях смешанного типа. Этот метод был разработан и представлен на научном симпозиуме в США в 1973 г. Ч. Хендерсоном. В течение следующих десятилетий метод BLUP постоянно совершенствовался. В 80-е гг. прошлого столетия были разработаны модификации метода: BLAP SireModel и BLAP AnimalModel, – в которые включены матрицы родства между животными [13–16].

Согласно приказу Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 10 апреля 2025 г. № 235 «Об утверждении методики проверки и оценки племенных быков-производителей» оценка быков-производителей по качеству потомства осуществляется в соответствии с Методикой оценки племенной ценности крупного рогатого скота молочного направления продуктивности, Методикой оценки племенной ценности крупного рогатого скота мясного направления продуктивности, утвержденными Решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 24 ноября 2020 г. № 149, согласно которому расчет племенной ценности (EBV) коров и быков молочного направления продуктивности проводится на основе метода BLUP AM.

Метод BLUP, по мнению научного сообщества, в наибольшей степени отвечает актуальным вызовам и целям отечественного молочного животноводства. В отличие от оценки методом «Дочери-сверстницы» метод BLUP позволяет повысить точность и объективность оценки по генотипу, исключить из оценки влияние факторов внешней среды. Оценка выполняется по специальной компьютерной программе, учитывающей многие факторы, всю доступную информацию о предках, потомстве и о других родственниках. Использование для оценки быков-производителей метода BLUP позволяет

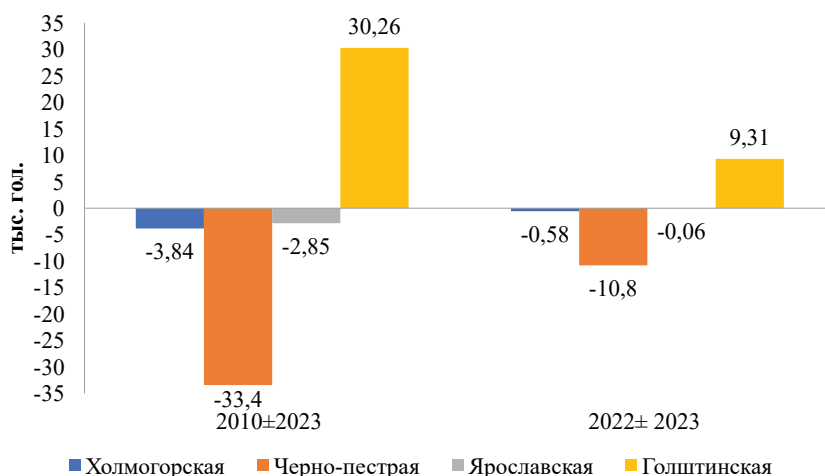


Рис. 1. Динамика изменения численности голштинской породы и родственной ей в Вологодской области

Figure 1. Dynamics of changes in the population of the Holstein breed and related breeds in the Vologda Region

по сравнению с отбором по средней продуктивности повысить точность отбора по генотипу на 46% [17, 18].

В исследовании популяции скота Ленинградской области, проведенном Е.И. Сакса, были установлены следующие коэффициенты корреляции между оценкой по методу BLUP и методом «Дочери-сверстницы»: 0,55 для удоя, 0,74 для содержания жира и 0,72 для содержания белка в молоке. Игнорирование метода BLUP в селекционной работе может привести к снижению ее эффективности по показателю удоя до 45% [19].

О.В. Тулинова, Е.Н. Васильева указывают на то, что для достоверности оценки по методу BLUP требуется четкий контроль учетных признаков оценки животных, которые в первую очередь основываются на их идентификации. На сегодняшний день, проводя исследования по повышению генетического потенциала молочных стад, ученые могут рассчитывать только на те информационные потоки, которые получают из электронных баз информационно-аналитической программы «Сэлэкс. Молочный скот» [20].

Цель исследований: оценка быков-производителей голштинской породы, используемых на популяции Вологодской области по потомству, при помощи метода BLUP и сравнение результатов оценки с традиционным методом «Дочери-сверстницы».

Методика исследований

Research method

Исследования проводили на поголовье 283 быков производителей, являющихся отцами 6760 коров первого отела популяции крупного рогатого скота голштинской породы 25 племенных хозяйств Вологодской области. Исследовательская база данных сформирована на основе информационно-аналитической системы «Селэкс. Молочный скот» с использованием модуля трансформации массива в программный комплекс Microsoft Excel.

Для прогноза племенной ценности быков использовалась биометрическая модель смешанного типа (BLUP):

$$y_{ijkl} = \mu + HYS_i + G_j + S_{jk} + e_{ijk},$$

где y_{ijkl} – продуктивность 1-й первотелки, дочери jk-го быка из j-й генетической группы, отелившейся в i-м стаде-году-сезоне; μ – общее среднее (по популяции); HYS_i – эффект i-го стада-года-сезона (фиксированный); G_j – эффект j-й генетической группы отца (фиксированный); S_{jk} – аддитивный генетический эффект (=1/2 генетической ценности) k-го отца из j-й генетической группы (рандомизированный); e_{ijk} – эффект неучтенных факторов, связанный с каждой регистрацией продуктивности первотелки (рандомизированный) [21].

Для BLUP-оценок племенной ценности (EBV – Estimated Breeding Value) коэффициент надежности вычисляется как

$$R^2 = 1 - \frac{PEV}{\sigma_g^2},$$

где PEV (Prediction Error Variance) – дисперсия ошибки предсказания ПЦ; σ_g^2 – генетическая дисперсия признака в популяции.

Для определения надежности использовалась шкала, представленная в таблице 1.

Шкала определения надежности

Table 1

Reliability rating scale

Коэффициент надежности (R^2)	Точность ($r = \sqrt{R^2}$)	Интерпретация
< 0.30	< 0.55	Низкая – предварительная оценка (мало данных о потомках).
0.30–0.50	0.55–0.70	Средняя – бык имеет 10–30 дочерей с записями продуктивности.
0.50–0.75	0.70–0.85	Высокая – оценка на основе 50+ дочерей или комбинации данных.
> 0.75	> 0.85	Очень высокая – геномная оценка (GBLUP) или сотни дочерей с полными данными.

Для расчета взаимосвязи двух методов оценки племенной ценности, помимо классической корреляции, использовался коэффициент ранговой корреляции Спирмена (ρ) (ранговая корреляция):

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)},$$

где d_i – разность рангов двух переменных для каждого объекта; n – количество наблюдений.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Для оценки быков нами также был использован метод BLUP, с помощью которого оценили 283 производителя. Оцененные животные были распределены на три группы по среднему показателю удоя дочерей за 305 дней 1-й лактации: улучшатели, нейтральные и ухудшатели (рис. 2).

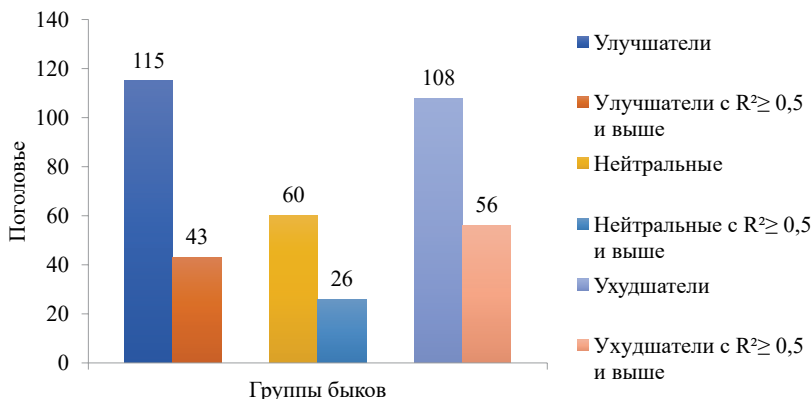


Рис. 2. Структура быков, оцененных методом BLUP

Figure 2. Structure of bulls assessed by the BLUP method

К группе улучшателей относятся быки, чей показатель племенной ценности по удою дочерей за 305 дней имеет значение 100 кг и выше по сравнению со средним по популяции. К таким животным было отнесено 115 быков, из которых 43 быка имеют достоверность оценки ($R^2 \geq 0,5$). К нейтральным быкам были отнесены животные с племенной ценностью от 99 кг до -99 кг. К этой группе было отнесено 60 быков, 26 из которых имеют $R^2 \geq 0,5$. Все животные с племенной ценностью -100 кг и ниже были отнесены к группе ухудшателей; таких животных в популяции 108, из которых 56 имеют $R^2 \geq 0,5$.

Таким образом, две наиболее многочисленные группы – это улучшатели и ухудшатели, доля которых от общего поголовья быков составляет 40,6 и 38,1% соответственно. Однако стоит отметить, что в каждой из исследуемых групп лишь половина животных имеет достаточный уровень достоверности полученных данных, и именно с этими животными будет проводиться дальнейшая работа.

Анализ племенной ценности быков улучшателей по показателям молочной продуктивности представлен по 43 быкам-производителям и составлен в порядке убывания племенной ценности по удою (табл. 2).

Племенная ценность быков по удою находится в диапазоне от 113 до 1702 кг. В пятерку лучших по показателю ПЦ вошли быки-производители: Брантли 3135246043 (+1702 кг); Тодосм 465144 (+1601 кг); Торлекс 3372308246 (+1315 кг); Лайффорс 3200824439 (+1164 кг); Альтаэмбэси 543756297 (+991 кг). Однако стоит отметить, что быки Тодосм 465144 и Торлекс 3372308246 являются ухудшателями по показателю МДЖ; племенная ценность по этому показателю составляет -0,1 и -0,13%, Лайффорс 3200824439 является ухудшателем по МДБ (-0,06%). Бык Альтаэмбэси 543756297 является ухудшателем по МДЖ (-0,1%) и по МДБ (-0,05%). Среди исследованных быков у пятерых достоверность оценки по удою составляет 0,8 и выше; это АльтаДракула 3149334735 (0,8), Ралли 111 (0,81), Айксаэр 107966005 (0,82), Холлис 3372308760 (0,87), Торлекс 3372308246 (0,89). Среди быков есть также те, что одновременно улучшают два признака (удой и МДЖ). Это быки: АльтаДракула 3149334735, давший по удою +658 кг по МДЖ +0,07%; Карат 1744, удой составляет +207 кг, МДЖ +0,05%; Альтавормонт 3128713944, удой составляет +203 кг, МДЖ +0,05%. Быков, одновременно улучшающих удой и МДБ, среди исследованных животных нет, как и животных, улучшающих сразу все три показателя. Однако стоит отметить быка Альтамерси 56350338, который является ухудшателем по МДЖ (-0,21%) и МДБ (-0,06%), и быка Альтафорева 3131131390, который является ухудшателем по МДБ (-0,07%).

Анализ быков, отнесенных к нейтральным по удою, представлен в таблице 3.

Среди быков-производителей, отнесенных к нейтральным по удою, есть ряд улучшающих или ухудшающих показатель массовой доли жира в молоке. Так, к улучшателям можно отнести быков: Джелари 4109205825 удой +36 кг, МДЖ +0,05%; Эквинокс 3012503493 удой -44кг, МДЖ +0,1%; Хел 120483013614185, удой -51, МДЖ +0,07%; Бонафайд 3204165213, удой -90кг, МДЖ +0,05%. К быкам, отрицательно влияющим на МДЖ, можно отнести таких, как: Кэшбек 3372308571, удой +92кг, МДЖ -0,09%; Тутаймер 3127290428, удой +35кг, МДЖ -0,08%; Альтабомбэст 3131664081, удой -4 кг, МДЖ -0,11%; Хейзенберг 3014365213, удой -52кг, МДЖ -0,05%; Хаммертайм 3131083966, удой -56 кг, МДЖ -0,07%. Отдельно стоит отметить тех быков, оценка которых имеет достоверность 0,8 и выше. Это Фиппо 539782187 (0,8); Мундэнс 3138766984 (0,83); Снифаген 3372308270 (0,83); Альтаэземпляр 3129449398 (0,84); Дефенс 3142332735 (0,84); Спок 3013115112 (0,85); Фаерворк 3144934446 (0,86); Инферно 74564747 (0,87).

Таблица 2

Племенная ценность быков-улучшателей

Table 2

Breeding value of improver bulls

Кличка и №	Удой, кг			МДЖ, %			МДЖ, %		
	ПЦ	РЕВ	R ²	ПЦ	РЕВ	R ²	ПЦ	РЕВ	R ²
Брантли 3135246043	1702	516,10	0,52	-0,04	0,07	0,40	-0,04	0,03	0,37
Тодосм 465144	1601	491,62	0,57	-0,10	0,06	0,45	-0,04	0,03	0,41
Торлекс 3372308246	1315	242,11	0,89	-0,13	0,03	0,83	-0,03	0,02	0,80
Лайффорс 3200824439	1164	515,91	0,52	-0,06	0,07	0,40	-0,06	0,03	0,37
Альтаэмбэси 543756297	991	485,06	0,58	-0,10	0,06	0,46	-0,05	0,03	0,42
Альтамерси 56350338	705	482,29	0,58	-0,21	0,06	0,46	-0,06	0,03	0,42
Холлис 3372308760	685	264,65	0,87	0,00	0,04	0,80	-0,04	0,02	0,77
АльтаДракула 3149334735	658	334,71	0,80	0,07	0,05	0,70	0,00	0,02	0,66
Ралли 111	493	328,43	0,81	-0,03	0,05	0,71	-0,03	0,02	0,67
Альтафорева 3131131390	400	493,07	0,56	-0,05	0,06	0,44	-0,07	0,03	0,41
Айксаэр 107966005	314	314,04	0,82	-0,02	0,04	0,73	-0,01	0,02	0,69
Карат 1744	207	504,67	0,54	0,05	0,06	0,42	-0,02	0,03	0,39
Альтавормонт 3128713944	203	499,03	0,55	0,05	0,06	0,43	-0,01	0,03	0,39

Таблица 3

Племенная ценность нейтральных быков

Table 3

Breeding value of neutral bulls

Кличка и №	Удой, кг			МДЖ, %			МДЖ, %		
	ПЦ	РЕV	R ²	ПЦ	РЕV	R ²	ПЦ	РЕV	R ²
Кэшбек 3372308571	92	356,05	0,77	-0,09	0,05	0,67	0,01	0,02	0,62
Фаерворк 3144934446	49	275,57	0,86	0,00	0,04	0,79	-0,01	0,02	0,75
Джелари 4109205825	36	477,00	0,59	0,05	0,06	0,47	0,01	0,03	0,43
Мундэнс 3138766984	36	311,20	0,83	0,00	0,04	0,74	0,00	0,02	0,70
Тутаймер 3127290428	35	349,02	0,78	-0,08	0,05	0,68	-0,02	0,02	0,64
Спок 3013115112	17	287,19	0,85	0,01	0,04	0,77	0,02	0,02	0,73
Альтабомбэст 3131664081	-4	388,46	0,73	-0,11	0,05	0,62	0,04	0,02	0,57
Альтаэкземпляр 3129449398	-4	298,82	0,84	0,01	0,04	0,76	0,00	0,02	0,72
Эквинокс 3012503493	-44	404,29	0,71	0,10	0,05	0,59	-0,01	0,03	0,54
Дефенс 3142332735	-45	299,93	0,84	0,01	0,04	0,76	0,02	0,02	0,72
Фиппо 539782187	-50	330,34	0,80	0,01	0,05	0,71	0,03	0,02	0,66
Хел 120483013614185	-51	393,75	0,72	0,07	0,05	0,61	0,01	0,02	0,56
Хейзенберг 3014365213	-52	454,35	0,63	-0,05	0,06	0,51	0,01	0,03	0,46
Снифаген 3372308270	-53	309,78	0,83	-0,03	0,04	0,74	0,00	0,02	0,70
Хаммертайм 3131083966	-56	358,49	0,77	-0,07	0,05	0,66	0,01	0,02	0,62
Бонафайд 3204165213	-90	397,57	0,72	0,05	0,05	0,60	-0,01	0,02	0,56
Инферно 74564747	-95	265,37	0,87	-0,02	0,04	0,80	-0,02	0,02	0,77

На исследуемой популяции было использовано 56 быков, вошедших по итогам оценки племенной ценности в группу ухудшателей по удою. Однако среди них установлены быки, улучшающие и ухудшающие показатели МДЖ и МДБ (табл. 4).

Таблица 4

Племенная ценность быков-ухудшателей удою

Table 4

Breeding value of deteriorator bulls

Кличка и №	Удой, кг			МДЖ, %			МДЖ, %		
	ПЦ	РЕV	R ²	ПЦ	РЕV	R ²	ПЦ	РЕV	R ²
Камински 3129016318	-237	415,26	0,69	-0,06	0,06	0,57	-0,01	0,03	0,53
Гуру 29533129340689	-256	310,24	0,83	0,09	0,04	0,74	-0,01	0,02	0,70
Сублим 3204164789	-272	422,85	0,68	-0,05	0,06	0,56	0,02	0,03	0,52
Чарл 23007971590	-320	453,16	0,63	-0,05	0,06	0,51	0,06	0,03	0,47
Вино 3141562683	-366	246,24	0,89	0,00	0,04	0,83	0,01	0,02	0,80
Гремерси 4752906967	-427	304,75	0,83	-0,02	0,04	0,74	0,02	0,02	0,70
Челимо 4109205956	-480	283,80	0,86	-0,02	0,04	0,77	-0,01	0,02	0,74
Фрэмpton 3147277570	-523	422,33	0,68	0,04	0,06	0,56	0,04	0,03	0,52
Альтатарнкей 3129128746	-580	430,90	0,67	0,11	0,06	0,55	0,05	0,03	0,51
Кингстон 3138817643	-588	260,51	0,88	0,10	0,04	0,81	0,02	0,02	0,78
Сайкэй 1023	-649	292,82	0,85	0,02	0,04	0,77	0,02	0,02	0,73
Хьюстон 3125982611	-684	295,37	0,84	0,01	0,04	0,76	0,01	0,02	0,72
Альтакенсет 3013060744	-695	321,03	0,81	0,00	0,04	0,72	0,01	0,02	0,68
Альталоттопи 3129128755	-773	295,84	0,84	0,00	0,04	0,76	0,02	0,02	0,72

Кличка и №	Удой, кг			МДЖ, %			МДЖ, %		
	ПЦ	РЕV	R ²	ПЦ	РЕV	R ²	ПЦ	РЕV	R ²
Знатный 3711503747	–1137	411,71	0,70	0,13	0,06	0,58	0,06	0,03	0,53
Кристмас 4752907071	–1334	363,00	0,76	0,06	0,05	0,65	0,04	0,02	0,61
Финиш 44	–1387	470,07	0,60	0,15	0,06	0,49	0,08	0,03	0,45
Имантау 763	–1703	453,70	0,63	–0,03	0,06	0,51	0,03	0,03	0,47
Грант 5668	–2476	476,65	0,59	0,22	0,06	0,47	0,09	0,03	0,43

Диапазон, в котором находятся быки-ухудшатели по удою, составляет от –122 до –2476 кг. В пятерку быков, получивших наименьшую оценку, вошли: Знатный 3711503747 (–1137 кг); Кристмас 4752907071 (–1334 кг); Финиш 44 (–1387 кг); Имантау 763 (–1703 кг); Грант 5668 (–2476 кг). Из 56 быков-ухудшателей по удою 21 бык является улучшателем по МДЖ и 6 являются улучшателями по МДБ. 4 быка-производителя, одновременно улучшающих МДЖ и МДБ, – это Грант 5668 МДЖ (+0,22%), МДБ (+0,09%); Финиш 44 МДЖ (+0,15%), МДБ (+0,08%); Знатный 3711503747 МДЖ (+0,13%), МДБ (+0,06%); Альтатарнкей 3129128746 МДЖ (+0,11%), МДБ (+0,05%). Среди оцененных животных есть 3 быка, ухудшающие сразу два признака, это Чарл 23007971590 удой (–320 кг), МДЖ (–0,05%); Сублим 3204164789 удой (–272 кг), МДЖ (–0,05%); Камински 3129016318 удой (–237 кг), МДЖ (–0,06%). У 9 производителей достоверность оценки племенной ценности по удою равна или больше 0,8. Это быки Альтакенсет 3013060744 (0,81), Гремерси 4752906967 (0,83), Гуру 29533129340689 (0,83), Хьюстон 3125982611 (0,84), Альталоттопи 3129128755 (0,84), Сайкэй 1023 (0,85), Челимо 4109205956 (0,86), Кингстон 3138817643 (0,88), Вино 3141562683 (0,89).

По результатам анализа выявлено, что во всех трех группах есть животные с высокой и очень высокой степенью достоверности оценки племенной ценности по удою. Всего среди 125 быков-производителей было установлено 28 быков, несущих положительное влияние на показатель массовой доли жира в молоке и 6 быков с положительным влиянием на массовую долю белка. Наибольшая доля животных, улучшающих МДЖ (75%), относится к ухудшающим показатель удою; доля быков-улучшателей с плюсовым влиянием на МДЖ составляет всего 11%, а среди быков с нейтральным влиянием на удой – 14%. Все быки-производители, улучшающие показатель МДБ, относятся к быкам, ухудшающим удой, а все быки, ухудшающие МДБ, относятся к группе быков-улучшателей по удою.

Таким образом, видим явную отрицательную взаимосвязь удою с показателями массовой доли жира и белка в молоке.

Среди всех исследуемых быков нет быков, сразу улучшающих все три признака, но нет и тех, кто одновременно ухудшал бы все три признака. 7 быков являются

улучшателями сразу двух признаков. У 5 быков установлено отрицательное влияние сразу по двум признакам.

Сравнительный анализ методов оценки быков-производителей «Дочери-сверстницы» и BLUP показал, что из всего имеющегося массива быков методом «Дочери-сверстницы» оценены 88 производителей, или 31,1%, тогда как по методу BLUP в обработку вошло все поголовье используемых быков, из которых с достоверностью оценки 50% и более было отобрано 125 гол., или 44,2% (табл. 5).

В результате сравнения методов по числу быков, получивших оценку, установлено, что методом BLUP можно оценить всех использованных на популяции быков, однако часть из них будет оценена с низкой степенью достоверности полученных данных. Стоит также отметить, что при оценке быков методом «Дочери-сверстницы» используются правила, четко устанавливающие минимальное число дочерей, при котором бык может быть оценен. В свою очередь, метод BLUP не имеет четких параметров по уровню достоверности, при котором следует вести отбор животных, ввиду чего число быков, попадающих в группу для дальнейшей селекционной работы, может варьировать.

Для сравнения двух методов оценки племенной ценности был произведен расчет классической и ранговой корреляции между показателями племенной ценности одних и тех же быков (88 гол.), полученных при расчете методами «Дочери-сверстницы» и BLUP (табл. 6).

Таблица 5

Число быков-производителей, получивших оценку племенной ценности

Table 5

Number of stud bulls that received breeding value assessment

Наименование показателей	Метод оценки племенной ценности быков	
	«Дочери-сверстницы»	BLUP
Общее поголовье исследованных быков, гол.	283	283
Количество быков, отобранных для анализа, гол.	88	125
Доля отобранных быков от общего поголовья, %	31,1	44,2

Таблица 6

Взаимосвязь результатов оценки ПЦ быков-производителей по двум методам

Table 6

Relationship between the results of assessing the breeding value of stud bulls using two methods

Коррелируемые показатели племенной ценности	Классическая корреляция	Ранговая корреляция
Надой (д-с) – Надой (BLUP)	0,41***	0,38***
МДЖ (д-с) – МДЖ (BLUP)	0,33***	0,34***
МДБ (д-с) – МДБ (BLUP)	0,43***	0,39***

$p \leq 0,05^*$; $0,01^{**}$; $0,001^{***}$.

В результате расчета и анализа установлена положительная корреляция средней силы ($r = 0,33-0,43$) с высокой степенью достоверности полученных данных ($P \geq 0,999$) между показателями племенной ценности быков-производителей по продуктивным признакам потомства. Полученные данные свидетельствуют об общей направленности результатов оценки по используемым методам.

Выводы

Conclusions

Сравнительный анализ двух методов оценки племенной ценности быков-производителей показал, что метод BLUP позволяет оценить всех животных в популяции, однако уровень достоверности полученных данных будет различаться и более 50% быков могут быть отсеяны по причине низкого показателя достоверности результатов оценки. Метод «Дочери-сверстницы» позволяет оценить меньшее число быков, но имеет четко прописанные условия, при которых бык может быть оценен. Результаты, полученные методами «Дочери-сверстницы» и BLUP, положительно коррелируют между собой, что подтверждает общую тенденцию при оценке одних и тех же животных. Метод BLUP имеет большой потенциал, позволяющий увеличить точность оценки за счет включения в расчет множества факторов, но нуждается в установлении четких параметров отбора по уровню достоверности получаемых данных.

Список источников

1. Теребова С.В., Гусаров И.В., Обряева О.Д. Молочное животноводство: проблемы повышения экономической эффективности на основе оптимизации кормления (часть 1) // *Молочное и мясное скотоводство*. 2023. № 3. С. 50–56. <https://doi.org/10.33943/MMS.2023.48.98.009>
2. Теребова С.В., Гусаров И.В., Обряева О.Д. Молочное животноводство: проблемы повышения экономической эффективности на основе оптимизации кормления (часть 2) // *Молочное и мясное скотоводство*. 2023. № 4. С. 44–48. <https://doi.org/10.33943/MMS.2023.16.31.008>
3. Самусенко Л.Д. Лактационная деятельность коров – как фактор продуктивного долголетия // *Вестник аграрной науки*. 2021. № 2 (89). С. 100–104. <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.2.100>
4. Зырянова С.В., Абрамова М.В., Селимян М.О., Абрамова Н.И. Сравнительная характеристика коров ярославской породы различных регионов Российской Федерации // *АгроЗооТехника*. 2025. Т. 8, № 2. <https://doi.org/10.15838/alt.2025.8.2.6>
5. Татуева О.В., Кольцов Д.Н. Влияние голштинизации на продуктивное долголетие коров черно-пестрой породы в условиях Смоленской области // *Российская сельскохозяйственная наука*. 2023. № 4. С. 56–61. <https://doi.org/10.31857/S2500262723040117>
6. Мезенцева Д.О., Харлап С.Ю., Горелик О.В. Оценка взаимосвязи продуктивных признаков у коров голштинской породы // *Молодежь и наука*. 2023. № 12. С. 1–4. EDN: THYCMK
7. Селимян М.О., Абрамова Н.И., Хромова О.Л. Селекционно-генетические параметры новой популяции голштинского скота Вологодской области // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2025. № 6 (116). С. 229–234. <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2025-116-6-229-234>
8. Baimukanov D.A., Seidaliyev N.B., Alentayev A.S., Abugaliyev S.K., et al. Improving the reproductive ability of the dairy cattle. *Reports of the National*

Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. 2019;2(324): 20-31. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-1483.33>

9. Baimukanov D.A., Seidaliyev N.B., Alentayev A.S., Abugaliyev S.K. et al. Productivity and estimated breeding value of the dairy cattle gene pool in the Republic of Kazakhstan. *Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.* 2019;1(377):39-53. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-1467.5>

10. Chen C.Y., Han J., Hunter D.J., Kraft P. et al. Explicit modeling of ancestry improves polygenic risk scores and BLUP prediction. *Genetic Epidemiology.* 2015;39(6):427-438. <https://doi.org/10.1002/gepi.21906>

11. Li H.Y., Webster R., Hi Z. Mapping soil salinity in the yangtze delta: REML and universal kriging (E-BLUP) revisited. *Geoderma.* 2015;237:71-77. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.08.008>

12. Mefford J., Zaitlen N., Park D., Zheng Z. et al. Efficient estimation and applications of cross-validated genetic predictions to polygenic risk scores and linear mixed models. *J Comput Biol.* 2020;27(4):599-612. <https://doi.org/10.1089/cmb.2019.0325>

13. Henderson C.R. *Applications of linear models in animal breeding.* Guelph: University of Guelph, 1984:462

14. ICAR Guidelines section 9: Guidelines for Dairy Cattle Genetic Evaluation. Version September, 2022:17

15. Van Raden P.M., Wiggans G.R. Derivation, calculation and use of national Animal Model information. *J. Dairy Sci.* 1991;74(8):2737-2746

16. Кузнецов В.М. *Методы племенной оценки животных с введением в теорию BLUP.* Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2003. 358 с.

17. Дунин И.М., Тяпугин С.Е., Семенова Н.В., Козлова Н.А. и др. Эффективность селекции молочного скота при использовании различных методов прогноза племенной ценности // *Молочное и мясное скотоводство.* 2024. № 2. С. 3–5. <https://doi.org/10.33943/MMS.2024.18.25.001>

18. Кузнецов В.М. Племенная оценка животных: прошлое, настоящее, будущее // *Проблемы биологии продуктивных животных.* 2012. № 4. С. 118–157. EDN: PVTLWB

19. Сакса Е.И. Эффективность использования быков, оцененных разными методами, при совершенствовании высокопродуктивных стад // *Молочное и мясное скотоводство.* 2018. № 1. С. 5-8

20. Тулинова О.В., Васильева Е.Н. Перспективные разработки в области селекционно-племенной работы с молочными породами крупного рогатого скота // *Генетика и разведение животных.* 2015. № 3. С. 9-16

21. Кузнецов В.М. *Основы научных исследований в животноводстве.* Киров: Зональный НИИСХ Северо-Востока, 2006. 568 с.

References

1. Terebova S.V., Gusarov I.V., Obryaeva O.D. Dairy cattle husbandry: problems of increasing economic efficiency based on feeding optimization (part 1). *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding.* 2023;(3):50-56. (In Russ.) <https://doi.org/10.33943/MMS.2023.48.98.009>

2. Terebova S.V., Gusarov I.V., Obryaeva O.D. Dairy cattle husbandry: problems of increasing economic efficiency based on feeding optimization (part 2). *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding.* 2023;(4):44-48. (In Russ.) <https://doi.org/10.33943/MMS.2023.16.31.008>

3. Samusenko L.D. Lactation activities of cows – as a factor of productive longevity. *Bulletin of Agrarian Science*. 2021;(2(89)):100-104. (In Russ.) <https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2021.2.100>
4. Zyryanova S.V., Abramova M.V., Selimyan M.O., Abramova N.I. Comparative characteristics of yaroslavl breed cows from different Russian regions. *AgroZooTekhnika*. 2025;8(2):6. (In Russ.) <https://doi.org/10.15838/alt.2025.8.2.6>
5. Tatueva O.V., Koltsov D.N. The effect of Holstein on the productive longevity of cows' black-and- white breed in the conditions of the Smolensk Region. *Rossiiskaia selskokhoziaistvennaia nauka*. 2023;(4):56-61. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S2500262723040117>
6. Mezentsева D.O., Kharlap S.Yu., Gorelik O.V. Evaluation of the relationship of productive traits in Holstein cows. *Molodezh i nauka*. 2023;(12):1-4. (In Russ.)
7. Selimyan M.O., Abramova N.I., Khromova O.L. Breeding and genetic parameters of a new population of holstein cattle in the vologda region. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2025;(6(116)):229-234. (In Russ.) <https://doi.org/10.37670/2073-0853-2025-116-6-229-234>
8. Baimukanov D.A., Seidaliyev N.B., Alentayev A.S., Abugaliyev S.K. et al. Improving the reproductive ability of the dairy cattle. *Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2019;2(324):20-31. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-1483.33>
9. Baimukanov D.A., Seidaliyev N.B., Alentayev A.S., Abugaliyev S.K. et al. Productivity and estimated breeding value of the dairy cattle gene pool in the Republic of Kazakhstan. *Bulletin of National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. 2019;1(377):39-53. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-1467.5>
10. Chen C.Y., Han J., Hunter D.J., Kraft P. et al. Explicit modeling of ancestry improves polygenic risk scores and BLUP prediction. *Genetic Epidemiology*. 2015;39(6):427-438. <https://doi.org/10.1002/gepi.21906>
11. Li H.Y., Webster R., Hi Z. Mapping soil salinity in the yangtze delta: REML and universal kriging (E-BLUP) revisited. *Geoderma*. 2015;237:71-77. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2014.08.008>
12. Mefford J., Zaitlen N., Park D., Zheng Z. et al. Efficient estimation and applications of cross-validated genetic predictions to polygenic risk scores and linear mixed models. *J Comput Biol*. 2020;27(4):599-612. <https://doi.org/10.1089/cmb.2019.0325>
13. Henderson C.R. *Applications of linear models in animal breeding*. Guelph: University of Guelph, 1984:462.
14. ICAR Guidelines section 9: Guidelines for Dairy Cattle Genetic Evaluation. Version September, 2022:17.
15. Van Raden P.M., Wiggans G.R. Derivation, calculation and use of national Animal Model information. *J. Dairy Sci*. 1991;74(8):2737-2746.
16. Kuznetsov V.M. *Methods of breeding evaluation of animals with an introduction to the BLUP theory*. Kirov, Russia: Zonalniy NIISKh Severo-Vostoka, 2003:358. (In Russ.)
17. Dunin I.M., Tyapugin S.E., Semenova N.V., Kozlova N.A. et al. Efficiency of using different breeding methods of tribal value prediction. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2024;(2):3-5. (In Russ.) <https://doi.org/10.33943/MMS.2024.18.25.001>
18. Kuznetsov V.M. Breeding estimation of animals: past, present, future (a review). *Problems of Productive Animal Biology*. 2012;(4):118-157. (In Russ.)
19. Saksa E.I. Efficiency of use of bulls evaluated by various methods for improvement of highly productive herds. *Journal of Dairy and Beef Cattle Breeding*. 2018;(1):5-8. (In Russ.)

20. Tulinova O.V., Vasilieva E.N. Advanced development in the area of breeding and selection of dairy cattle. *Genetika i razvedenie zhivotnyh*. 2015;(3):9-16. (In Russ.)

21. Kuznetsov V.M. *Fundamentals of scientific research in animal husbandry*. Kirov, Russia: Zonalniy NIISKh Severo-Vostoka, 2006:568. (In Russ.)

Сведения об авторах

Максим Олегович Селимян, научный сотрудник, заведующий лабораторией молекулярно-генетической и иммуногенетической экспертизы ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук»; 160014, Российская Федерация, г. Вологда, ул. Горького, 56а; e-mail: sss090909@msail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6681-7879>

Наталья Ивановна Абрамова, канд. с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук»; 160014, Российская Федерация, г. Вологда, ул. Горького, 56а; e-mail: abramovam2016@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5315-7656>

Ольга Леонидовна Хромова, старший научный сотрудник, ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук»; 160014, Российская Федерация, г. Вологда, ул. Горького, 56а; e-mail: khromova_olenka@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8101-6316>

Людмила Николаевна Богорадова, лаборант-исследователь, ФГБУН «Вологодский научный центр Российской академии наук»; 160014, Российская Федерация, г. Вологда, ул. Горького, 56а; e-mail: Liudmila.bogoradova@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1936-2821>

Information about the authors

Maksim O. Selimyan, Research Fellow, Head of the Laboratory of Molecular Genetics and Immunogenetic Examination, Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences; 56a Gorkogo St., Vologda, 160014, Russian Federation; e-mail: sss090909@msail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-6681-7879>

Natalia I. Abramova, CSc (Ag), Senior Research Associate, Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences; 56a Gorkogo St., Vologda, 160014, Russian Federation; e-mail: abramovam2016@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-5315-7656>

Olga L. Khromova, Senior Research Associate, Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences; 56a Gorkogo St., Vologda, 160014, Russian Federation; e-mail: khromova_olenka@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8101-6316>

Lyudmila N. Bogoradova, Laboratory Research Assistant, Vologda Research Center of the Russian Academy of Sciences; 56a Gorkogo St., Vologda, 160014, Russian Federation; e-mail: Liudmila.bogoradova@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1936-2821>

ЭКОНОМИКА

**Информационная система для К(Ф)Х
как инструмент повышения продовольственной безопасности
за счет вовлечения неиспользуемых сельскохозяйственных земель
в оборот**

**Наталья Вениаминовна Арзамасцева[✉], Ришат Анатольевич Мигунов,
Анастасия Алексеевна Бородина, Наталья Федоровна Зарук,
Марина Владимировна Муравьева, Эльдар Магомедович Келеметов,
Анастасия Анатольевна Сюткина**

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

[✉]Автор, ответственный за переписку: narzamasceva@rgau-msha.ru

Аннотация

Эффективное вовлечение неиспользуемых сельскохозяйственных угодий в производственный оборот рассматривается как ключевой элемент обеспечения продовольственной безопасности страны и реализации Государственной программы № 731, которая предусматривает введение в оборот 13 млн га неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения до 2030 года. Государственная программа направлена на стимулирование товаропроизводителей на вовлечение пустующих сельскохозяйственных угодий. Исследования показывают, что используемые экономические меры, правовые подходы, модернизация федеральной и региональных информационных систем о сельскохозяйственных землях являются низкоэффективными. Площадь неиспользуемых сельскохозяйственных угодий с 01.01.2020 г. по 01.01.2024 г. сократилась на 3%. За данный период введено в производственный оборот 1,06 млн га пустующих сельскохозяйственных угодий. Необходимо совершенствовать меры и подходы для вовлечения неиспользуемых земель в оборот в целях достижения показателей продовольственной безопасности России. В работе рассмотрены К(Ф)Х как землепользователи, для которых была разработана информационная система. Фермеры для принятия решения по освоению неиспользуемых сельскохозяйственных угодий, помимо ожидаемой прибыли, учитывают состояние сельскохозяйственных угодий, экологическую ситуацию территории, уровень развития экономики-социальной инфраструктуры. Данную информацию фермеры имеют возможность получить из нескольких информационных систем. Эти информационные системы представлены в табличной форме, и отсутствует возможность сравнивать варианты выбранных территорий, ранжировать их для полного анализа выбора местоположения для проживания и производства. В дальнейшем выбор фермером местности с учетом экономических, экологических, социальных факторов снижает вероятность забрасывания данных земель.

Ключевые слова

неиспользуемые сельскохозяйственные угодья, крестьянское (фермерское) хозяйство, информационная система, плодородие земель, социальная инфраструктура, экология, продовольственная безопасность

Для цитирования

Арзамасцева Н.В., Мигунов Р.А., Бородин А.А., Зарук Н.Ф. и др. Информационная система для К(Ф)Х как инструмент повышения продовольственной безопасности за счет вовлечения неиспользуемых сельскохозяйственных земель в оборот // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 3. С. 157–172.

ECONOMICS

An information system for peasant (farm) enterprises as a tool for enhancing food security through the reclamation of unused agricultural land

**Natalia V. Arzamastseva[✉], Rishat A. Migunov,
Anastasia A. Borodina, Natalia F. Zaruk, Marina V. Muravyova,
Eldar M. Kelemetov, Anastasia A. Syutkina**

Russian State Agrarian University –
Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

[✉]**Corresponding author:** narzamasceva@rgau-msha.ru

Abstract

The effective reclamation of unused agricultural land is regarded as a key component of national food security and the implementation of State Programme No. 731, which mandates the reclamation of 13 million hectares of unused agricultural land by 2030. The State Programme aims to incentivize agricultural producers to bring fallow agricultural land back into productive use. The study demonstrates that the current economic measures, legal approaches, and modernization of federal and regional information systems on agricultural land remain largely ineffective. From January 1, 2020 to January 1, 2024, the area of unused agricultural land decreased by only 3%. Over this period, 1.06 million hectares of fallow agricultural land were brought back into production. It is therefore necessary to improve the existing measures and approaches for reclaiming unused land in order to meet Russia's food security targets. The study examines peasant (farm) enterprises as land users, for which an information system has been developed. When making decisions on the reclamation of unused agricultural land, farmers consider not only expected profitability but also the condition of the land, the environmental situation of the territory, and the level of socio-economic infrastructure development. Farmers can currently obtain such information from several disparate information systems, which are presented in tabular form and do not allow for comparative analysis or ranking of selected territories for a comprehensive assessment of location choices for both residence and production activities. A well-informed selection of a locality by farmers, taking into account economic, environmental, and social factors, is likely to reduce the probability of subsequent land abandonment.

Keywords

unused agricultural land, peasant (farm) enterprise, information system, soil fertility, social infrastructure, ecology, food security

For citation

Arzamastseva N.V., Migunov R.A., Borodina A.A., Zaruk N.F. et al. An information system for peasant (farm) enterprises as a tool for enhancing food security through the reclamation of unused agricultural land. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(3):157–172.

Введение

Introduction

Для решения проблемы продовольственной безопасности страны в условиях сложной геополитической ситуации возникла необходимость вовлечь в аграрный сектор 13 млн га неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения до 2030 года. Уровень эффективности ввода земель в производственный оборот определяется как количественными, так и качественными показателями. Например, исходя из трактовки Государственной программы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации, регионы могут выполнить данную задачу, делая акцент на землях сельскохозяйственного назначения, но не на сельскохозяйственных угодьях. При реализации Госпрограммы в приоритете должно быть введение в производственный оборот неиспользуемых сельскохозяйственных угодий. Минсельхоз РФ отслеживает данную динамику.

Эффективное вовлечение пустующих сельскохозяйственных земель должно принимать во внимание противоположный процесс – трансформацию сельскохозяйственных земель в другие категории [1]. Исследования показывают, что с 01.01.2020 г. по 01.01.2024 г. ежегодное введение неиспользуемых сельхозугодий в оборот более одного млн га происходит ежегодная трансформация в том же объеме. Об этом свидетельствуют данные Минсельхоза РФ: за данный период площадь используемых сельскохозяйственных угодий не изменилась и составляет 197 млн га.

Государство для эффективного вовлечения земель «адресно» влияет на формы хозяйствования, которые являются перспективными пользователями заброшенных земель. Крестьянские (фермерские) хозяйства, как потенциальные пользователи пустующих сельскохозяйственных земель, при выборе местности для производства и проживании учитывают плодородие почвы, экологическую ситуацию, социальную инфраструктуру. У фермеров появляется потребность в получении полной информации о территории, где планируется использовать пустующие земельные участки и проживать с семьей. Создание информационной системы, интегрирующей агрохимические показатели почвы, данные о состоянии окружающей среды, информацию об уровнях развития социальной инфраструктуры, позволит фермерам определить местность производства и проживания, и наряду с этим государство решает проблему вовлечения неиспользуемых земельных участков.

Цель исследований: разработка информационной системы для К(Ф)Х, способствующей ускорению принятия решения о выборе местности, где планируется приобрести неиспользуемые сельскохозяйственные угодья, и снижению вероятности дальнейшего забрасывания этих земель.

Методика исследований

Research methodology

В качестве методологической основы исследований выступает комплексный подход, в рамках которого рассмотрены вопросы об эффективном вовлечения неиспользуемых сельскохозяйственных угодий в производственный оборот. Для анализа состояния и использования пустующих угодий применялись статистические методы обработки информации. Для расчетов использованы статистические базы и материалы Министерства сельского хозяйства РФ.

Разработка интерактивной карты стартовала с проектирования пользовательского интерфейса. В Figma создается детальный макет будущей карты, определяется расположение всех элементов управления, фильтрации, панели с показателями. Для создания не статичной карты, а гибкого и масштабируемого решения был использован файл penza.geojson, содержащий векторные данные (границы, объекты) пилотного региона, загруженные из 2ГИС. Использование GeoJSON-формата и модульной архитектуры способствовало созданию универсального шаблона карты. В дальнейшем при масштабировании системы на новые регионы достаточно будет добавить новый GeoJSON-файл с границами нужной территории, и все функции системы продолжат работать. Это существенно снижает временные затраты на развитие продукта. Создан аналитический модуль для сравнения территорий – системы рейтинга районов. На основе отобранных ранее показателей разработана веб-страница, где все районы ранжируются по выбранному критерию. Добавлен функционал, где пользователь может провести динамическую сортировку по любому показателю (по возрастанию или убыванию), меняя рейтинг районов. Это позволяет быстро выявить лидеров и аутсайдеров по конкретному критерию (или группе критериев) и получить комплексную оценку. Информационной базой для создания системы послужили материалы Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Пензенской области.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

На 01.01.2024 г. площадь неиспользуемых сельскохозяйственных угодий в Российской Федерации составляла 31617,954 тыс. га [2]. Наибольшая доля пустующих сельскохозяйственных угодий наблюдается в Сибирском федеральном округе (22,06%), Центральном федеральном округе (20,08%), Приволжском (19,58%) (рис. 1).

Анализируя масштаб проблемы по федеральным округам, выявили, что в Северо-Западном федеральном округе – 57,99% неиспользуемых сельскохозяйственных угодий от всех сельхозугодий в округе, в Уральском федеральном округе – 27,09%, в Дальневосточном – 25,14%. Наименьшая доля пустующих угодий выявлена в Южном федеральном округе (4,69%), в Северо-Кавказском федеральном округе (1,35%).

Оценка доли неиспользуемых сельскохозяйственных угодий показывает, что в таких федеральных округах, как Уральский, Дальневосточный, Северо-Западный, высокий процент неиспользуемых сельскохозяйственных земель обоснован сложными агроклиматическими условиями. Распространение негативных почвенных процессов, низкий уровень финансового обеспечения сельского хозяйства объясняют большие площади неиспользуемых угодий в Центральном и Приволжском федеральных округах.

Анализ площади неиспользуемых сельскохозяйственных угодий за 2019–2023 гг. показывает, что вовлечено в производственный оборот только 1,06 млн га пустующих сельскохозяйственных угодий (рис. 2). При этом ежегодно более 1 млн га угодий включались в оборот.

Разработанные меры и подходы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса на федеральном и региональных уровнях требуют совершенствования, дополнения и корректировки для решения задачи увеличения площади земель сельскохозяйственного назначения на 13 млн га с учетом процесса выбытия земель.

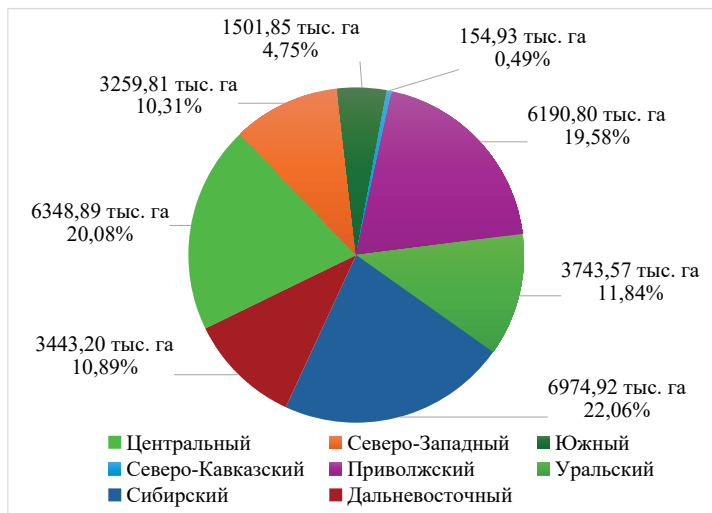


Рис. 1. Структура неиспользуемых сельскохозяйственных угодий по федеральным округам РФ на 01.01.2024 г., %
(составлено авторами на основе данных [3])

Figure 1. Structure of unused agricultural land by federal districts of the Russian Federation as of January 1, 2024, in %
[compiled by the authors based on data from 3]

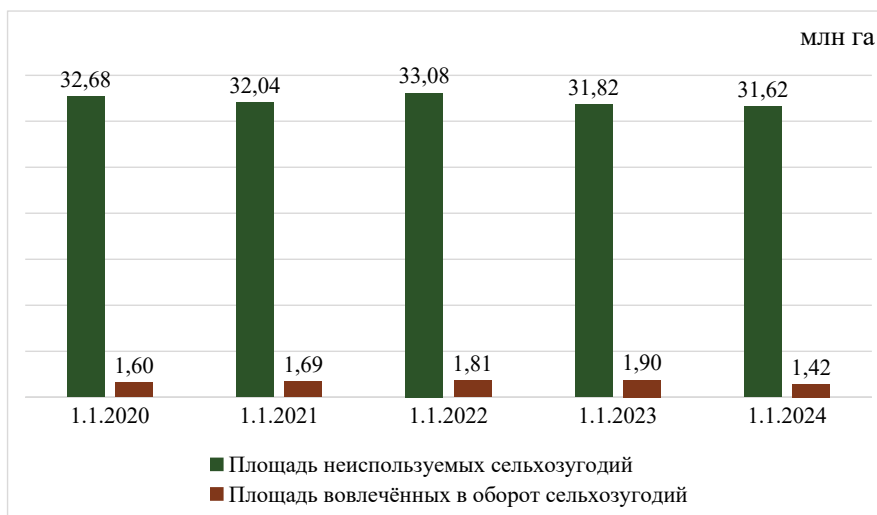


Рис. 2. Динамика площадей неиспользуемых и вовлеченных в оборот сельскохозяйственных угодий с 01.01.2020 г. по 01.01.2024 г., млн га
(составлено авторами на основе данных [3])

Figure 2. Dynamics of the area of unused and agricultural land involved in circulation from January 1, 2020, to January 1, 2024, million hectares
[compiled by the authors based on data from 3]

На реализацию Госпрограммы № 731 выделено 754 млрд руб., из них 539 млрд руб. – на федеральный бюджет. Финансирование направлено на мелиоративные мероприятия, создание достоверных баз данных о сельскохозяйственных землях, мероприятия по оценке состояния плодородия земли, межеванию и постановке

на кадастровый учет неиспользуемых участков, неиспользуемых земельных долей, неразграниченных государственных земель.

Эксперты считают, что разработанные экономические стимулы для пользователей, в том числе К(Ф)Х, пустующих земель будут способствовать реализации программы [3, 4]. Анализ региональной поддержки товаропроизводителей, в том числе К(Ф)Х, показывает, что они имеют следующее основание:

- кредитные и налоговые льготы;
- выдача подъемных и грантов;
- рассрочка арендных платежей;
- бесплатное выделение сельскохозяйственных земель;
- выделение целевых субсидий на возмещение части затрат на мероприятия по восстановлению почвенного плодородия неиспользуемых сельскохозяйственных земель;
- финансовая поддержка покупки семян и техники при возделывании сельскохозяйственной продукции на ранних неиспользуемых землях;
- создание инвестиционных проектов для малых форм агробизнеса.

Согласно оценке экспертов недофинансирование программы в настоящее время составляет 80,5 млрд руб., что сдерживает ее выполнение в полном объеме. В ходе финансового аудита были выявлены нарушения в распределении и перераспределении субсидий по регионам и в отчетах о результатах использования субсидий, что свидетельствует о необходимости корректировки имеющихся экономических мер и подходов вовлечения неиспользуемых сельхозугодий в оборот.

Совершенствование законодательства в части эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения способствует расширению использования пустующих сельскохозяйственных земель также и крестьянскими (фермерскими) хозяйствами [5, 6]:

- Выявление достоверной информации о площади как используемых, так и неиспользуемых сельскохозяйственных угодий. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 ноября 2025 г. № 1943 «Об утверждении Положения о порядке установления и изменения границ сельскохозяйственных угодий в составе земель сельскохозяйственного назначения». Постановление вступило в силу с 1 марта 2026 г. и действует в течение 6 лет.

- Ускорение процедуры постановки земельных участков на кадастровый учет. Федеральный закон от 30 декабря 2021 г. № 475-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», которым установлены правовые основы государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и ведения Реестра. С 1 января 2025 г. регистрация земельных участков возможна в ускоренном режиме, в том числе для К(Ф)Х.

- Определение правового статуса неиспользуемых земельных долей. Федеральный закон от 24 июля 2002 г. № 101-ФЗ, в ред. от 29 декабря 2025 г., «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения». С 1 января 2025 г. невостребованные земельные доли автоматически переходят в собственность муниципалитета во внесудебном порядке.

- Динамизация разграничения государственных сельскохозяйственных земель. Федеральный закон от 25 октября 2001 г. № 137-ФЗ, в ред. от 29 декабря 2025 г., «О введении в действие Земельного кодекса Российской Федерации».

- Ужесточение нецелевого использования сельскохозяйственных земель. Федеральный закон от 1 апреля 2025 г. № 52-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». Перевод земель сельскохозяйственного

назначения в земли иных категорий возможен только по согласованию с Минсельхозом России.

– Определение видов мероприятий и методики формирования затрат на восстановление плодородия сельскохозяйственных земель. На основании Федерального закона № 101-ФЗ издан приказ Минсельхоза России от 14 апреля 2023 г. № 388 «Об утверждении видов мероприятий, связанных с воспроизводством плодородия земель сельскохозяйственного назначения, и порядка определения стоимости их проведения».

Важной составляющей в решении проблемы вовлечения неиспользуемых сельхозугодий в оборот является наличие информационных ресурсов о земельных участках [7]. Информационные системы о сельскохозяйственных землях позволяют оценить состояние и использование сельскохозяйственных угодий и содействуют принятию эффективных управленческих решений.

В Российской Федерации имеются федеральная (ЕФИС ЗСН) и региональные информационные системы о сельскохозяйственных землях. Анализ динамики количества региональных информационных систем показывает, что в некоторых федеральных округах наблюдается сокращение количества информационных ресурсов о сельскохозяйственных землях. Это связано с тем, что функционирование ЕФИС ЗСН по регионам (Камчатский край, Тамбовская, Томская, Тюменская, Ярославская области, Удмуртская Республика, Республика Алтай) закрывает потребности в наличии региональных информационных систем. Другие причины – прекращение наполнения региональной системы, выведение региональной системы из эксплуатации. В то же время в других регионах осуществляется разработка, происходит введение в эксплуатацию и модернизация информационных систем о землях сельскохозяйственного назначения (табл. 1).

Таблица 1

**Динамика количества региональных информационных систем
о сельскохозяйственных землях в период с 2019 по 2023 гг.**
(составлено авторами на основе данных [3])

Table 1

**Dynamics of the number of regional information systems
on agricultural land from 2019 to 2023**
[compiled by the authors based on data from 3]

Федеральные округа РФ	01.01.2020 г.	01.01.2021 г.	01.01.2022 г.	01.01.2023 г.	01.01.2024 г.
Центральный	9	10	10	11	7
Северо-Западный	1	4	4	6	6
Южный	2	3	3	4	4
Северо-Кавказский	1	1	1	2	2
Приволжский	6	6	6	7	6
Уральский	3	3	3	3	2
Сибирский	4	6	6	8	5
Дальневосточный	4	5	5	6	5

Региональные информационные системы о сельскохозяйственных землях содержат следующие сведения:

- цифровые контуры сельскохозяйственных угодий;
- сведения о состоянии сельскохозяйственных угодий;
- данные о состоянии сельскохозяйственных культур в период их вегетации;
- сведения о землепользователях;
- данные кадастрового учета;
- данные агрохимических обследований;
- данные об особо ценных сельскохозяйственных угодьях;
- паспорта земельных участков;
- иные сведения о состоянии и использовании сельскохозяйственных земель.

Важным аспектом является использование федеральной и региональных информационных систем о сельскохозяйственных землях в управлении АПК для эффективного вовлечения пустующих сельскохозяйственных угодий в оборот. Реализация Госпрограммы № 731 способствует формированию новых информационных продуктов в федеральной и региональных информационных системах. Расширяются и совершенствуются модули информационных систем, характеризующие состояние пустующих сельскохозяйственных земель и перспективное использование данных участков земли, например:

- актуализация цифровых контуров неиспользуемых сельскохозяйственных угодий;
- выявление неэффективного использования земельных массивов;
- оценка распространения негативных почвенных процессов;
- формирование и актуализация данных о зарастании участка древесно-кустарниковой растительностью;
- формирование и актуализация сведений о распространении борщевика Сосновского;
- экономическая, агрохимическая, экологическая оценки пригодности неиспользуемых земель в производственном обороте;
- оценка затрат на агротехнические мероприятия для вовлечения неиспользуемых угодий в оборот;
- оценка неиспользуемых земельных массивов для обеспечения инвестиционных предложений.

Источниками данных для федеральной и региональных информационных систем о сельскохозяйственных землях являются муниципальные и региональные органы управления АПК, федеральные органы исполнительной власти, ФГБУ агрохимической службы, ФГБУ мелиорации, ГК «Роскосмос», Росреестр, научные и учебные учреждения и организации. Для повышения достоверности, точности, динамичности данных расширяются функции ДЗЗ и БПЛА.

Рассмотренные в работе экономико-правовые меры и подходы, базы данных о сельскохозяйственных землях содействуют освоению пустующих земель К(Ф)Х. В разрезе данной проблемы авторы статьи предлагают разработанную ими информационную систему для К(Ф)Х, которая также будет способствовать вовлечению неиспользуемых земель в оборот.

Крестьянское (фермерское) хозяйство – форма предпринимательства, при которой участники объединяются для производственной или иной хозяйственной деятельности в сфере сельского хозяйства (Федеральный закон № 74-ФЗ). Членами крестьянского (фермерского) хозяйства могут быть родственники (супруги, родители, дети, братья, сестры, внуки), но не более чем из трех семей, и граждане, не состоящие в родстве с главой хозяйства (максимум 5 чел.). Крестьянские (фермерские)

хозяйства на 1 января 2024 г. использовали 7001,8 тыс. га земель сельскохозяйственного назначения [8].

В связи с тем, что крестьянские (фермерские) хозяйства – это деятельность нескольких семей и граждан, соответственно при выборе местоположения предприятия и сельскохозяйственных угодий учитываются наличие и уровень развития экономико-социальной инфраструктуры. Данный фактор учитывается главным образом при выборе земельных участков, ранее не использовавшихся в течение длительного времени. Территории неиспользуемых сельскохозяйственных земель характеризуются отсутствием или слабо развитой производственной и социальной инфраструктурой. Следовательно, для семей, которые являются членами крестьянского (фермерского) хозяйства, готовых осваивать неиспользуемые сельскохозяйственные земли, важно оценить наличие экономико-социальной инфраструктуры на данной территории [2]. Это можно сделать визуально либо получить информацию из администрации муниципалитета.

Становление и дальнейшее развитие К(Ф)Х зависят в значительной степени от состояния плодородия сельскохозяйственных угодий, прогнозируемой урожайности сельскохозяйственных культур [9]. Данную информацию заинтересованные фермеры могут получить из нескольких информационных систем, в каждой из которых представлена неполная информация о качестве сельскохозяйственных угодий. Администрация муниципалитета предоставляет сведения из реестра (местоположение, кадастровый номер, вид разрешенного использования земельного участка (ВРИ ЗУ), вид сельскохозяйственного угодья, площадь (в гектарах), вид права, обременение) [10]. Региональные органы управления АПК имеют данные по агрохимическим свойствам почв, производительности сельскохозяйственных угодий данной территории.

Крестьянские (фермерские) хозяйства согласно Федеральному закону № 74-ФЗ имеют возможность: заниматься выращиванием зерновых и зернобобовых культур, овощей, фруктов и ягод, молочным и мясным скотоводством, птицеводством, рыбоводством и пчеловодством; перерабатывать и хранить сельскохозяйственную продукцию; предлагать сельскохозяйственные услуги; заниматься лесоводством и лесозаготовками; развивать сельский туризм. Исходя из предпринимательской деятельности К(Ф)Х экологический аспект является важным составляющим, особенно если хозяйство специализируется на пчеловодстве, рыбоводстве, агротуризме. Сведения об экологической ситуации территории имеются в администрации района. Несмотря на это информация является недоступной для общего пользования.

Фермеры для принятия решения по освоению неиспользуемых сельскохозяйственных угодий, помимо ожидаемой прибыли, учитывают условия: состояние сельскохозяйственных угодий, экологическая ситуация территории, уровень развития экономико-социальной инфраструктуры. Данную информацию фермеры имеют возможность получить из нескольких информационных систем. Эти информационные системы представлены в табличном виде, и отсутствует возможность сравнивать варианты выбранных территорий, ранжировать их для полного анализа выбора местоположения для проживания и производства фермером.

Предложенная авторами информационная система интегрирует несколько баз данных, отражая состояние сельскохозяйственных угодий, экологическую ситуацию территории, уровень развития экономической и социальной инфраструктуры. Разработанная информационная система содержит показатели по районам Пензенской области [11]. В дальнейшем планируется включение в информационную систему остальных регионов Российской Федерации.

Информационная система представлена в виде интерактивной карты, что улучшает наглядность информационного ресурса. На интерактивной карте представлены

все районы Пензенской области, и при наведении курсором на определенный район появляется совокупность показателей, характеризующих состояние сельскохозяйственных угодий, экологическую ситуацию, уровень развития инфраструктуры данного района. На рисунке 3 представлена система показателей для Сосновоборского района Пензенской области.

Интерактивная карта позволяет рассмотреть обособленно каждый блок показателей для повышения удобства и ускорения анализа районов. Фермер может на примере Сосновоборского района Пензенской области оценить уровень плодородия сельскохозяйственных земель, экологическую ситуацию, уровень развития социальной инфраструктуры (рис. 4).

Разработанная информационная система дает возможность ранжировать районы по любому экономико-социо-экологическому показателю (рис. 5). По блоку «Состояние плодородия сельскохозяйственных угодий» разработан интегрированный показатель, учитывающий агрохимические свойства почвы, тип почвы и нормативные показатели для сельскохозяйственных культур (зерновых и пропашных). Ранжирование районов по показателю «Градация по агрохимическим свойствам почв» позволяет определить районы, лучшие по качеству земли. По блоку «Экологическая ситуация» был доступен один показатель, и его использовали для ранжирования районов области. По блоку «Развитие социальной инфраструктуры» интегрированным в информационной системе является показатель «Плотность населения».

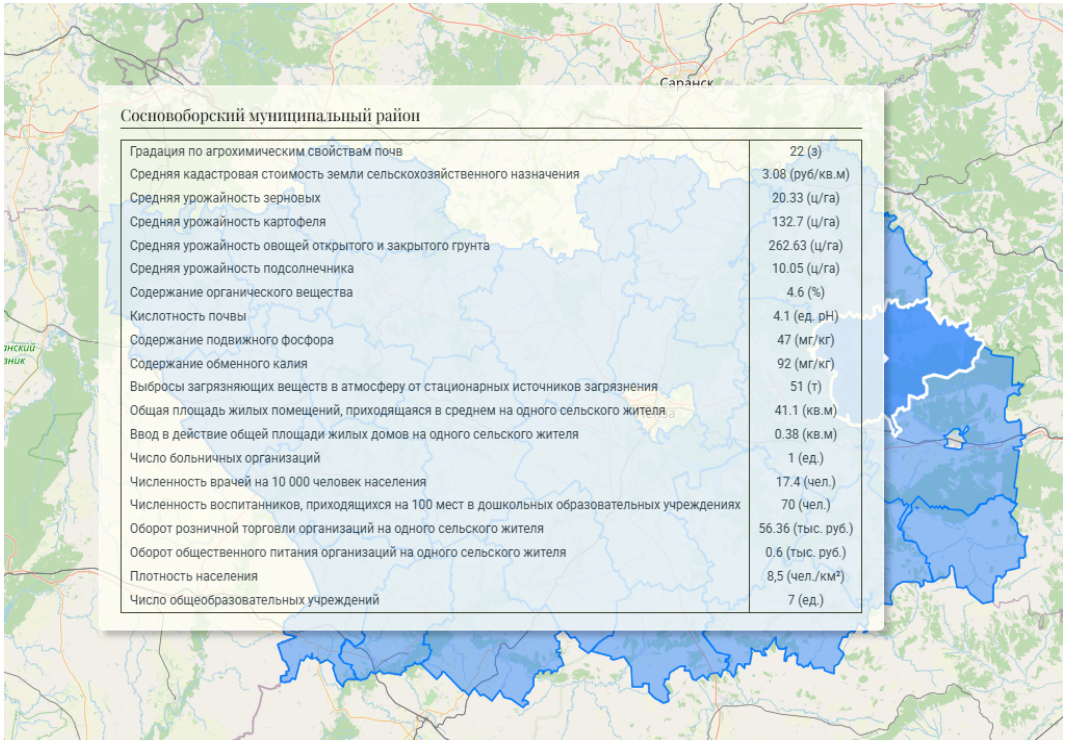


Рис. 3. Система показателей по Сосновоборскому району Пензенской области на 1 января 2023 г.
(составлено авторами на основе данных [17])

Figure 3. System of indicators for the Sosnovoborsky District of the Penza Region as of January 1, 2023
[compiled by the authors based on data from 17]

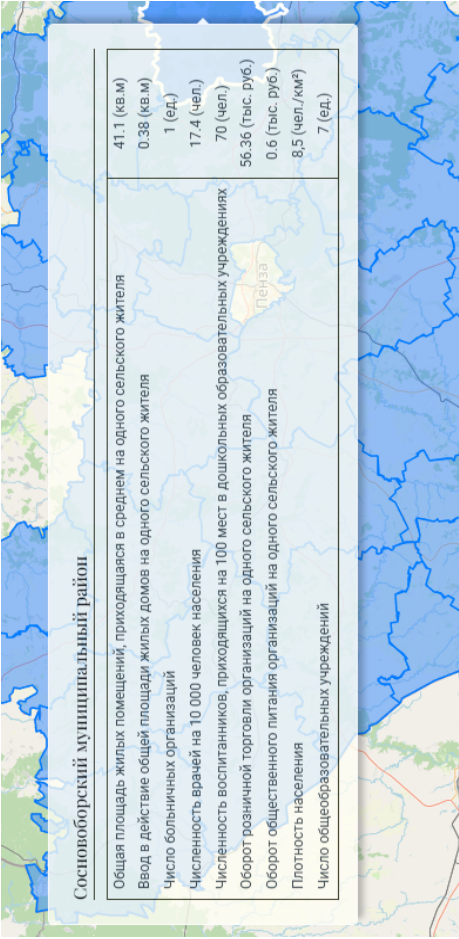
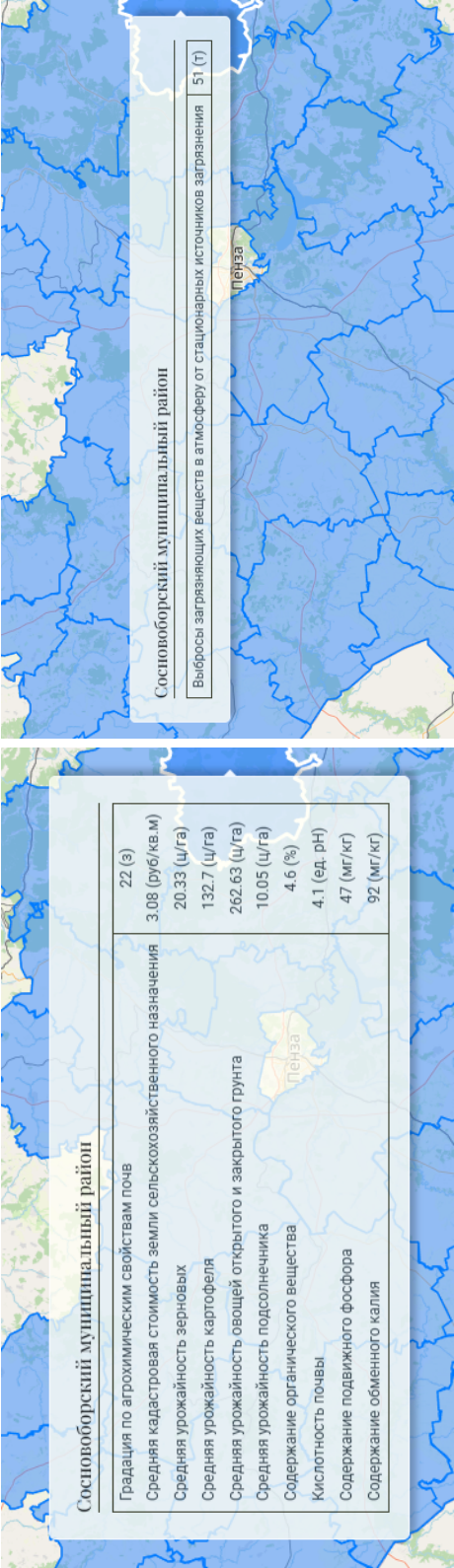


Рис. 4. Экономико-социо-экологические показатели по Сосновоборскому району Пензенской области на 1 января 2023 г. (составлено авторами на основе данных [17])

Figure 4. Economic, social, and environmental indicators for the Sosnovoborsky District of the Penza Region as of January 1, 2023 [compiled by the authors based on data from 17]

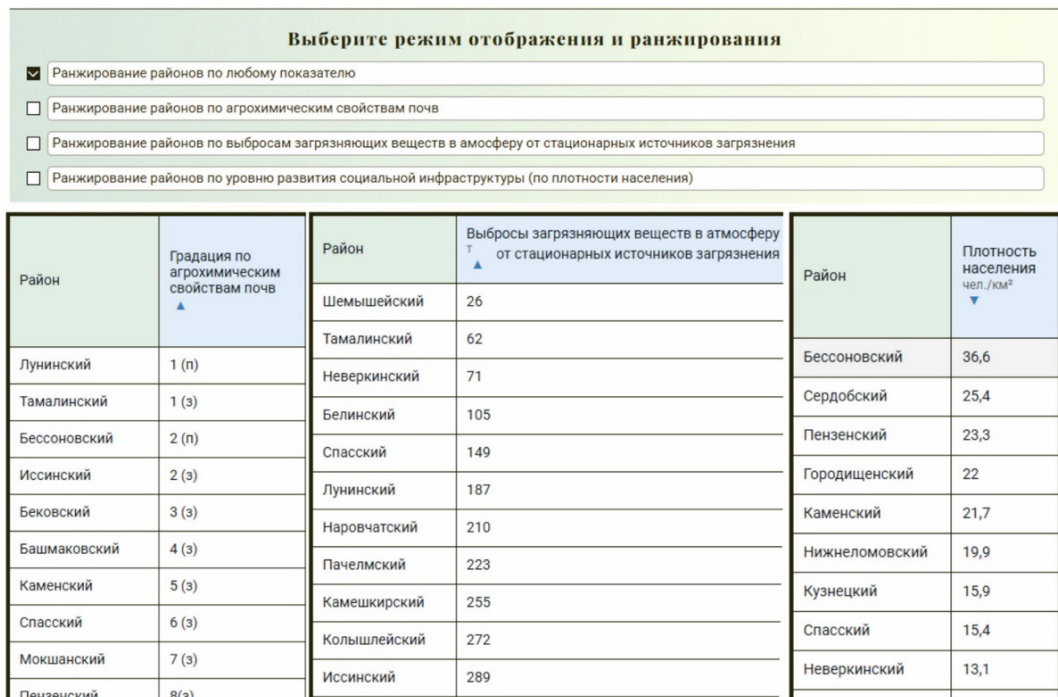


Рис. 5. Ранжирование районов Пензенской области по экономико-социо-экологическим показателям на 1 января 2023 г. (составлено авторами на основе данных [17])

Figure 5. Ranking of districts of the Penza Region by economic, social, and environmental indicators as of January 1, 2023 [compiled by the authors based on data from 17]

Эксперты считают, что плотность населения служит критерием социально-экономического развития территории [12]. Ранжирование по данному показателю позволяет оценить уровень развития социальной инфраструктуры районов.

В Пензенской области Лунинский, Тамалинский, Бессоновский районы имеют более плодородные сельскохозяйственные угодья. Благоприятной является экологическая ситуация в Шемышейском, Тамалинском, Неверкинском районах области. По уровню развития социальной инфраструктуры лидируют Бессоновский, Сердобский, Пензенский районы (рис. 5). Фермеру при выборе района Пензенской области, где планируется приобретение неиспользуемых сельскохозяйственных земель, информационная система позволяет найти оптимальное для него решение с учетом приоритетных факторов: Бессоновский район лидирует по плодородию земли и развитию социальной инфраструктуры, Тамалинский район лидирует по плодородию земли и экологической ситуации.

Выводы Conclusions

Продовольственная безопасность страны, санкции, импортозамещение ставят перед государством задачу обеспечения сельского хозяйства земельными ресурсами [13]. В Российской Федерации 31,6 млн га неиспользуемых сельскохозяйственных угодий являются потенциалом для развития сельского хозяйства. Одним из подходов

решения проблемы эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения является стимулирование К(Ф)Х приобрести пустующие земельные участки для сельскохозяйственного производства.

Эффективному вовлечению в оборот земель сельскохозяйственного назначения фермерами способствуют: экономические меры (кредитные и налоговые льготы, выдача подъемных и грантов, рассрочка арендных платежей, бесплатное выделение сельскохозяйственных земель, выделение целевых субсидий, создание инвестиционных проектов для малых форм агробизнеса); правовые подходы (совершенствование законодательства в части эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения); модернизация федеральной и региональных информационных систем о сельскохозяйственных землях (повышение степени полноты, достоверности и актуальности данных о состоянии и использовании сельскохозяйственных угодий).

Фермеры при выборе местности, где находятся неиспользуемые сельскохозяйственные угодья, учитывают состояние сельскохозяйственных угодий, уровень развития социальной инфраструктуры, экологическую ситуацию. Сама форма хозяйствования предполагает производственную деятельность и проживание в «одной» местности. Соответственно семья фермера рассматривает местность с точки зрения благоприятных условий для производства и проживания.

Разработанная авторами информационная система (на примере Пензенской области) позволяет К(Ф)Х подобрать местность, где планируется использовать пустующие сельхозугодья. При принятии решения, используя данную информационную систему, фермер учитывает агрохимические свойства почвы данной местности, экологию, социальную инфраструктуру. Информационная система позволяет ускорить принятие решения фермерами относительно местности для производства и проживания, снизить влияние эффекта «ухудшающего отбора» в обороте сельскохозяйственных земель, решить проблему вовлечения неиспользуемых сельскохозяйственных земель.

Список источников

1. Арзамасцева Н.В., Мигунов Р.А., Бородина А.А., Муравьев М.В. и др. Разработка информационной системы для эффективного функционирования фонда перераспределения земель // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2025. № 5. С. 148–165. <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2025-5-148-165>
2. *Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения Российской Федерации в 2023 году*. Москва: Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, 2024. 414 с.
3. Светлов Н.М. Перспективы использования сельхозугодий, выведенных из оборота // *АПК: экономика, управление*. 2017. № 10. С. 45–53. EDN: ZMYTVD
4. Шагайда Н.И., Светлов Н.М., Узун В.Я., Логинова Д.А. и др. *Потенциал роста сельскохозяйственного производства России за счет вовлечения в оборот неиспользуемых сельскохозяйственных угодий*: Монография. Москва: РАНХ и ГС при Президенте Российской Федерации, 2018. 70 с. EDN: VMKUQA
5. Земельный кодекс Российской Федерации от 25 октября 2001. № 136-ФЗ, в ред. от 20 марта 2025 г. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (дата обращения: 10.02.2026)
6. Волков С.Н., Липски С.А. Правовые и землеустроительные меры по вовлечению неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения в хозяйственный оборот и обеспечению их эффективного использования // *Землеустройство, кадастр и мониторинг земель*. 2017. № 2. С. 5–10. EDN: YGUJHD

7. Желясков А.Л., Сетуридзе Д.Э. *Экономическая и социальная эффективность вовлечения неиспользуемых земель сельскохозяйственного назначения в хозяйственный оборот (методы, теория, практика)*. Пермь: ИПЦ Прокрость, 2021. 127 с. EDN: BRAPDP

8. О крестьянском (фермерском) хозяйстве: Закон РСФСР от 22 ноября 1990 г. № 348-1, в ред. от 21 марта 2002 г. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_11050/ (дата обращения: 10.01.2026)

9. Сычев В.Г. *Современное состояние плодородия почв и основные аспекты его регулирования*. Москва: Российская академия наук, 2019. 349 с. EDN: ETPUNH

10. Приложение к приказу Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 10 ноября 2020 г. № П/0412. URL: <https://base.garant.ru/75062082/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> (дата обращения: 10.02.2026)

11. *Пензенская область. Основные показатели развития с 2010 г. по 2022 г.*: Статистический сборник. Пенза: Пензастат, 2023. 704 с.

12. Швецов А.В., Бондарев Б.Е., Носов С.И. Оценка и зонирование пригородных территорий в целях их устойчивого развития // *Вестник Алтайской академии экономики и права*. 2023. № 12-1. С. 175–186. EDN: NNSJLG

13. Migunov R.A., Syutkina A.A., Zaruk N.F., Kolomeeva E.S. et al. Global Challenges and Barriers to Sustainable Economic Growth in the Agribusiness Sector. *WSEAS Transactions on Business and Economics*. 2023;20:923-930. <https://doi.org/10.37394/23207.2023.20.85>

References

1. Arzamastseva N.V., Migunov R.A., Borodina A.A. Muravyova M.V. et al. Information system development for the effective functioning of the Land Redistribution Fund. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2025;(5):148-165. (In Russ.) <https://doi.org/10.26897/0021-342X-2025-5-148-165>

2. *Report on the status and use of agricultural land in the Russian Federation in 2023*. Moscow, Russia: Ministry of Agriculture of the Russian Federation, 2024:414. (In Russ.)

3. Svetlov N.M. The prospects of using of unused agricultural farmlands. *AIC: Economics, Management*. 2017;(10):45-53. (In Russ.)

4. Shagaida N.I., Svetlov N.M., Uzun V.Ya., Loginova D.A. et al. *The potential for growth in Russia's agricultural production due to the involvement of unused agricultural lands: a monograph*. Moscow, Russia: Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, 2018:70. (In Russ.)

5. Land Code of the Russian Federation, No. 136-FZ of October 25, 2001. (In Russ.) URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (accessed: February 10, 2026).

6. Volkov S.N., Lipski S.A. Legal and land use planning measures for involvement of unused agricultural land into economic circulation and for ensuring their effective use. *Zemleustroystvo, kadastr i monitoring zemel*. 2017;(2(145)):5-10. (In Russ.)

7. Zhelyaskov A.L., Seturidze D.E. *Economic and social efficiency of involving unused agricultural lands into economic circulation (methods, theory, practice)*. Perm, Russia: IPTs Prokrost, 2021:127. (In Russ.)

8. Law of the RSFSR No. 348-1 of November 22, 1990 (as amended on March 21, 2002) “On Peasant (Farm) Economy”. (In Russ.) URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_11050/ (accessed: January 10, 2026).

9. Sychev V.G. *The current state of soil fertility and the main aspects of its regulation*. Moscow, Russia: Russian Academy of Sciences, 2019:349. (In Russ.)
10. Appendix to the Order of the Federal Service for State Registration, Cadastre and Cartography No. P/0412 of November 10, 2020. (In Russ.) URL: <https://base.garant.ru/75062082/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> (accessed: February 10, 2026).
11. *Penza Region. Key development indicators from 2010 to 2022: a statistical digest*. Penza, Russia: Penzastat, 2023:704. (In Russ.)
12. Shvetsov A.V., Bondarev B.E., Nosov S.I. Assessment and zoning of suburban areas for their sustainable development. *Vestnik Altayskoy akademii ekonomiki i prava*. 2023;(12-1):175-186. (In Russ.)
13. Migunov R.A., Syutkina A.A., Zaruk N.F., Kolomeeva E.S. et al. Global Challenges and Barriers to Sustainable Economic Growth in the Agribusiness Sector. *WSEAS Transactions on Business and Economics*. 2023;20:923-930. <https://doi.org/10.37394/23207.2023.20.85>

Информация об авторах

Наталья Вениаминовна Арзамасцева, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры политической экономии и мировой экономики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: narzamasceva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3775-0505>

Ришат Анатольевич Мигунов, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры политической экономии и мировой экономики, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: migunov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4893-4665>

Анастасия Алексеевна Бородина, специалист управления научной и инновационной деятельности, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: b.a.a.211@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0006-2475-7800>

Наталья Федоровна Зарук, д-р экон. наук, профессор кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: zaruk@rgau-msha.ru

Марина Владимировна Муравьева, д-р экон. наук, доцент, профессор кафедры связей с общественностью, речевой коммуникации и туризма, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: muravmar2007@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5126-1508>

Эльдар Магомедович Келеметов, канд. экон. наук, доцент кафедры экономики и организации производства, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская

Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: kelemetov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4474-6272>

Анастасия Анатольевна Сюткина, специалист, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: a.sytkina@rgau-msha.ru

Information about the authors

Natalia V. Arzamastseva, CSc (Econ), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Political Economics and World Economy, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: narzamasceva@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-3775-0505>

Rishat A. Migunov, CSc (Econ), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Political Economics and World Economy, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, Russian Federation; e-mail: migunov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0003-4893-4665>

Anastasia A. Borodina, Specialist at the Department of Scientific and Innovation Activities, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, Russian Federation; e-mail: b.a.a.211@yandex.ru; <https://orcid.org/0009-0006-2475-7800>

Natalia F. Zaruk, DSc (Econ), Professor at the Department of Bookkeeping, Finance and Tax Assessment, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, Russian Federation; e-mail: zaruk@rgau-msha.ru

Marina V. Muravyova, DSc (Econ), Associate Professor, Professor at the Department of Public Relations, Speech Communication and Tourism, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, Russian Federation; e-mail: muravmar2007@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0001-5126-1508>

Eldar M. Kelemetov, CSc (Econ), Associate Professor at the Department of Economy and Production Management, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, Russian Federation; e-mail: kelemetov@rgau-msha.ru; <https://orcid.org/0000-0002-4474-6272>

Anastasia A. Syutkina, Specialist, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, Russian Federation; e-mail: a.sytkina@rgau-msha.ru

ЭКОНОМИКА

**Цифровые системы совершенствования
процесса управления производством и реализацией
органической продукции на основе концепции
ее оптимального размещения**

Шуньсинь Лю✉

Российский государственный аграрный университет –
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

✉ Автор, ответственный за переписку: shunxin1414@gmail.com

Аннотация

Развитие органического сельского хозяйства требует внедрения цифровых технологий для повышения эффективности управления производством и обеспечения прозрачности продовольственных цепочек. Целью исследований явились обоснование научно-методических подходов к построению цифровых систем управления органическим производством и разработка концепции оптимального пространственного размещения хозяйств. Проведен сравнительный анализ цифровой инфраструктуры России и Китая, выявлены ключевые технологические элементы: информационные платформы, IoT-сенсоры, ГИС-системы, Big Data, блокчейн. Показано, что российская модель базируется на децентрализации и региональной адаптивности, китайская – на централизованной интеграции и масштабируемости. Разработана модель оптимального размещения органических хозяйств на основе ГИС-моделирования и многокритериального анализа экологических, логистических и социально-экономических факторов. Обоснована пятиуровневая система управления: сбор данных, пространственный анализ, оптимизация размещения, принятие решений, мониторинг. Доказано, что цифровизация формирует интегрированную агроэкосистему, обеспечивающую прослеживаемость продукции от производителя до потребителя через блокчейн-технологии. Полученные результаты создают основу для формирования евразийской системы цифрового управления органическим сектором.

Ключевые слова

цифровизация, органическое сельское хозяйство, геоинформационные системы, оптимальное размещение, большие данные, интернет вещей, блокчейн, прослеживаемость, умное сельское хозяйство, цифровая трансформация

Для цитирования

Лю Ш. Цифровые системы совершенствования процесса управления производством и реализацией органической продукции на основе концепции ее оптимального размещения // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 3. С. 173–187.

Digital systems for improving the management of production and marketing of organic products based on the concept of optimal allocation

Liu Shunxin

Russian State Agrarian University –
Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

✉ **Corresponding author:** shunxin1414@gmail.com

Abstract

The development of organic agriculture requires the introduction of digital technologies to improve production management efficiency and ensure transparency in food supply chains. The aim of the study is to substantiate scientific and methodological approaches to the development of digital management systems for organic production and to formulate a concept for the optimal spatial allocation of farms. A comparative analysis of the digital infrastructure of Russia and China was conducted, identifying key technological components: information platforms, IoT sensors, GIS systems, Big Data, and blockchain. It is shown that the Russian model is based on decentralization and regional adaptability, while the Chinese model relies on centralized integration and scalability. A model for optimal allocation of organic farms was developed based on GIS modeling and multi-criteria analysis of environmental, logistical, and socio-economic factors. A five-level management system is substantiated: data collection, spatial analysis, allocation optimization, decision-making, and monitoring. It is proven that digitalization creates an integrated agroecosystem that ensures product traceability from producer to consumer through blockchain technologies. The results obtained provide a foundation for the formation of a Eurasian digital management system for the organic sector.

Keywords

digitalization, organic agriculture, geographic information systems, optimal allocation, Big Data, IoT, blockchain, traceability, Smart Agriculture, digital transformation

For citation

Liu Sh. Digital systems for improving the management of production and marketing of organic products based on the concept of optimal allocation. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(3):173–187.

Введение

Introduction

Глобальная трансформация агропромышленного комплекса характеризуется переходом к моделям устойчивого развития, где органическое сельское хозяйство становится приоритетным направлением экологической и продовольственной политики [1]. Цифровизация выступает ключевым фактором повышения конкурентоспособности органического сектора, обеспечивая интеграцию производственных, логистических и контрольных процессов в единую управленческую систему [1].

В России и Китае цифровые технологии рассматриваются как стратегический инструмент реализации национальных программ развития аграрного сектора. Российская Федерация реализует федеральный проект «Цифровое сельское хозяйство», направленный на создание единой цифровой платформы АПК с внедрением технологий искусственного интеллекта, интернета вещей и дистанционного зондирования

Земли [2]. Китайская Народная Республика развивает программу Digital Village Strategy 2021–2025, обеспечивающую интеграцию облачных платформ Smart Agriculture Cloud и систем цифрового мониторинга органического производства [3].

Актуальность цифровизации органического сектора определяется несколькими факторами. Во-первых, управление органическим производством требует постоянного контроля экологических параметров: состояния почв, водных ресурсов, биоразнообразия, углеродного следа. Во-вторых, цифровые технологии позволяют объединить данные из различных источников в единую аналитическую среду, обеспечивая прозрачность процессов и снижая транзакционные издержки. В-третьих, системы прослеживаемости на основе блокчейна формируют доверие потребителей к органической продукции и минимизируют риски фальсификации.

Особую значимость приобретает задача оптимального пространственного размещения органических хозяйств, поскольку территориальная организация производства определяет логистические издержки, экологическую нагрузку на экосистемы и устойчивость сельских регионов. Для России данная задача является актуальной в связи с высокой территориальной дифференциацией природно-климатических условий, для Китая – в контексте дисбаланса между индустриализированными восточными и аграрными западными провинциями.

Применение геоинформационных технологий, больших данных и искусственного интеллекта позволяет осуществлять научно обоснованное размещение органического производства с учетом комплекса экологических, экономических и социальных факторов [4]. Цифровизация трансформирует органическое сельское хозяйство из традиционной отрасли в интеллектуальную экосистему, объединяющую производство, науку, регулирование и общественное восприятие.

Цель исследований: сравнительный анализ моделей цифрового управления органическим производством в России и Китае и обоснование концепции оптимального пространственного размещения органических хозяйств.

Методика исследований

Research methodology

Методологическую основу исследований составляет системный анализ цифровой трансформации органического сельского хозяйства России и Китая за период 2020–2024 гг. [5]. Применялись методы сравнительного институционального анализа для выявления особенностей национальных моделей цифровизации, статистического анализа для оценки динамики внедрения цифровых технологий, пространственного моделирования для обоснования оптимального размещения органических хозяйств.

Информационную базу исследований составили данные Министерства сельского хозяйства РФ, Россельхознадзора, Единого государственного реестра производителей органической продукции [6], Министерства сельского хозяйства и сельских районов Китая, Китайской национальной администрации по сертификации и аккредитации. Использовались материалы международных организаций по развитию органического сельского хозяйства и внедрению цифровых технологий.

Для рассмотрения цифровой инфраструктуры применялся метод структурно-функционального анализа, позволяющий выделить ключевые элементы системы и оценить их взаимодействие. Концепция оптимального размещения разработана на основе методов геоинформационного моделирования и многокритериальной оптимизации [7]. Для оценки эффективности цифровых систем использовались показатели охвата технологиями, уровня прослеживаемости продукции, снижения транзакционных издержек [8].

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Органическое сельское хозяйство демонстрирует устойчивую глобальную динамику роста. По данным FiBL/IFOAM, к концу 2024 г. мировая площадь органических сельскохозяйственных угодий достигла 98,9 млн га, что на 2,6% превышает показатель предыдущего года. Глобальный рынок органической продукции составил 136,4 млрд евро. Лидерами по площади органических земель являются Австралия (53 млн га), Индия (4,5 млн га) и Аргентина (4 млн га).

Китай занимает одну из ведущих позиций в азиатском регионе по развитию органического сельского хозяйства. За период 2018–2024 гг. площадь сертифицированных органических угодий увеличилась с 1,9 до 3,4 млн га, продемонстрировав среднегодовой темп прироста примерно в 10% (рис. 1). В 2024 г. прирост составил 522 тыс. га (+17,2%), что свидетельствует об ускорении развития сектора. По объему рынка органической продукции Китай занимает третье место в мире (12,6 млрд евро), уступая лишь США и Германии [9].

Цифровизация органического сектора Китая опирается на развитую технологическую инфраструктуру. К концу 2024 г. в стране функционировало более 250 тыс. IoT-ферм, свыше 200 тыс. агродронов и 2,2 млн ед. сельхозтехники, оснащенной навигационной системой BeiDou. Национальная программа Digital Village Strategy 2021–2025 обеспечивает интеграцию облачных платформ Smart Agriculture Cloud с системами мониторинга органического производства, формируя единое информационное пространство от поля до потребителя.

В России органическое сельское хозяйство находится на начальном этапе институционального становления. По данным Роскачества, на конец 2025 г.

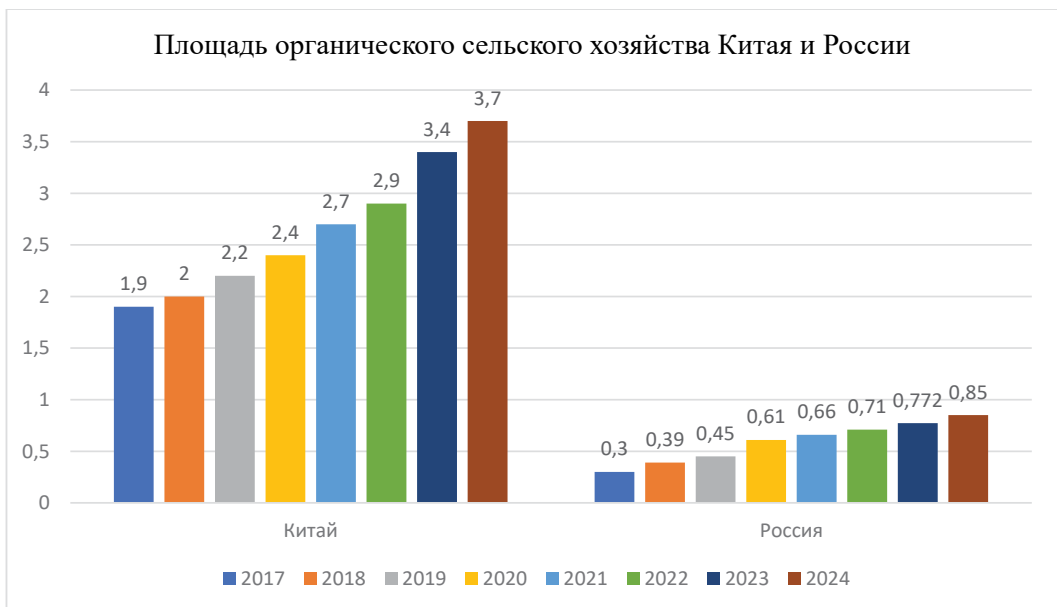


Рис. 1. Динамика площади органического сельского хозяйства Китая и России за период 2018–2024 гг., млн га
(составлено автором на основе данных [9–11])

Figure 1. Dynamics of China's organic farming area, 2018–2024, million hectares
[compiled by the author based on data from 9, 10, 11]

в Едином государственном реестре производителей органической продукции зарегистрировано 254 организации (рост – в 13,5 раза к 2019 г.), площадь органических земель составляет около 0,85 млн га [6]. Стратегия развития органического производства до 2030 г. предусматривает увеличение площадей до 4,3 млн га и рост объема производства до 114,5 млрд руб. Однако статистические данные о цифровизации именно органического сектора в России отсутствуют, имеющаяся информация охватывает сельское хозяйство в целом. Это затрудняет сравнительный анализ и свидетельствует о необходимости формирования специализированной системы мониторинга цифровой трансформации органического производства [11].

Цифровая инфраструктура представляет собой совокупность взаимосвязанных платформ, баз данных, аналитических систем и технологических решений, обеспечивающих управление органическим производством. В России формирование цифровой инфраструктуры находится в стадии активного институционального становления. Создаются базы данных сертифицированных производителей, земельных участков и биоресурсов, реализуются региональные проекты цифрового мониторинга [12].

В Китае построена централизованная многоуровневая архитектура, включающая в себя национальные платформы Smart Agriculture Cloud, China Agricultural Brain и сеть Digital Village Network, объединяющие производственные, логистические и контрольные процессы в единое информационное пространство [13]. Обеспечиваются синхронизация между центральными и провинциальными структурами и полная прослеживаемость продукции от поля до прилавка.

Функционирование цифрового управления базируется на 5 ключевых компонентах. Информационные платформы и базы данных обеспечивают хранение информации о производителях, земельных участках, сертификации и результатах контроля. Системы IoT и сенсорные сети осуществляют мониторинг микроклимата, состояния почв, химического состава воды и воздуха [12, 14, 15].

Геоинформационные системы выполняют пространственный анализ земель, моделирование урожайности и определение зон экологической устойчивости. Big Data и AI-аналитика позволяют проводить моделирование урожайности, прогнозирование рисков и кластерный анализ производства. Блокчейн-технологии гарантируют происхождение продукции, обеспечивают контроль сертификации и прозрачность цепочек поставок.

Российская модель цифровизации характеризуется децентрализованным подходом, при котором цифровые решения внедряются по регионам с учетом территориальной специфики. Это обеспечивает адаптивность к природно-климатическим особенностям различных зон, но порождает фрагментарность данных. Ключевыми платформами являются региональные агро-ГИС и платформа «Цифровое сельское хозяйство» [14, 16].

Китайская модель основана на централизованной, вертикально управляемой структуре, обеспечивающей единую стандартизацию и высокую степень прослеживаемости продукции [17, 18]. Государственные системы интегрируют данные на национальном уровне. В 2024 г. в Китае функционировало более 250 тыс. IoT-ферм, обрабатывалось свыше 30 млрд ед. данных ежегодно [3].

Ключевое отличие заключается в уровне цифровой зрелости: в Китае цифровые технологии встроены в управленческие процессы на уровне фермы и муниципалитета, в России они выполняют преимущественно информационно-аналитическую функцию. Однако российская модель демонстрирует преимущество в гибкости и адаптивности к региональным условиям, что является важным фактором при формировании органических зон.

Структурные различия российской и китайской моделей отражены в таблице 1.

**Сравнительная характеристика моделей цифровизации
органического сельского хозяйства**
(составлено автором на основе данных [3, 11])

Table 1

Comparative characteristics of the digitalization models of organic agriculture
[compiled by the author based on data from 3, 11]

Характеристика	Российская модель	Китайская модель
Тип организации	Децентрализованная, региональная вариативность	Централизованная, вертикальная иерархия
Информационные платформы	Региональные агро-ГИС, платформа «Цифровое сельское хозяйство», Реестр производителей	Smart Agriculture Cloud, China Agricultural Brain, Digital Village Network
IoT и сенсорные сети	Проект «Цифровое поле», пилотные внедрения	Более 250 тыс. IoT-ферм, сеть Huawei Agriculture IoT
ГИС-системы	Региональные системы пространственного анализа	AgriMap, BeiDou Agri-GIS
Big Data и AI	AgroCode, аналитика по 47 регионам	AgriBrain, обработка 30 млрд данных в год
Блокчейн	AgroTrace (пилот, Краснодарский край, 2023 г.)	China Organic Product Traceability System (национальная, 2022 г.)
Преимущества	Гибкость, адаптивность к региональным условиям	Масштабируемость, высокая степень интеграции

Россия делает ставку на региональную вариативность и экологическую адаптивность, Китай – на масштабирование и технологическую интеграцию. Обе модели взаимодополняемы и могут служить основой для формирования евразийской системы цифрового управления органическим производством.

Оптимальное размещение органических хозяйств является ключевым фактором эффективности отрасли, определяющим логистические издержки, экологическую нагрузку на территорию и устойчивость сельских регионов. Применение геоинформационных технологий и многокритериального анализа позволяет перейти от экспертных оценок к научно обоснованным пространственным решениям.

ГИС-моделирование пригодности территорий осуществляется на основе наложения цифровых слоев: почвенных карт, данных дистанционного зондирования, климатических показателей, транспортной доступности и социально-экономических характеристик регионов [17]. Для России ключевыми параметрами являются чистота почв, наличие переработки и логистическая инфраструктура, для Китая – климатические условия, доступность ресурсов и продовольственный баланс.

Многокритериальная оптимизация реализуется с применением методов аналитической иерархии процессов и методики TOPSIS [13]. Определяются веса критериев на основе экспертных оценок: экологическая пригодность (35%), логистическая

доступность (25%), социально-экономическое развитие региона (20%), наличие инфраструктуры переработки (15%), государственная поддержка (5%).

В условиях цифровой трансформации аграрного сектора особое значение приобретает внедрение современных цифровых технологий, обеспечивающих повышение эффективности производства, снижение издержек и рост конкурентоспособности сельскохозяйственных предприятий. Анализ уровня распространения различных цифровых решений позволяет выявить ключевые направления цифровизации отрасли, а также оценить степень готовности предприятий к внедрению инновационных технологий. На рисунке 2 представлена динамика использования основных видов цифровых технологий сельскохозяйственными организациями в период 2021–2023 гг.

Представленные данные свидетельствуют о неравномерности внедрения различных цифровых технологий в сельском хозяйстве. Наибольшее распространение в рассматриваемый период получили облачные сервисы: их использование увеличилось с 21,5% в 2021 г. до 25,5% в 2023 г. Это указывает на рост интереса предприятий к гибким и масштабируемым решениям для хранения и обработки данных.

Высокий уровень распространения также демонстрируют геоинформационные системы (ГИС), доля использования которых остается относительно стабильной (около 15–16%). Это объясняется их значимостью для управления земельными ресурсами, мониторинга посевов и планирования сельскохозяйственных работ.

Интернет вещей (IoT) показывает умеренный рост (с 14 до 14,2%), что свидетельствует о постепенном внедрении технологий дистанционного мониторинга

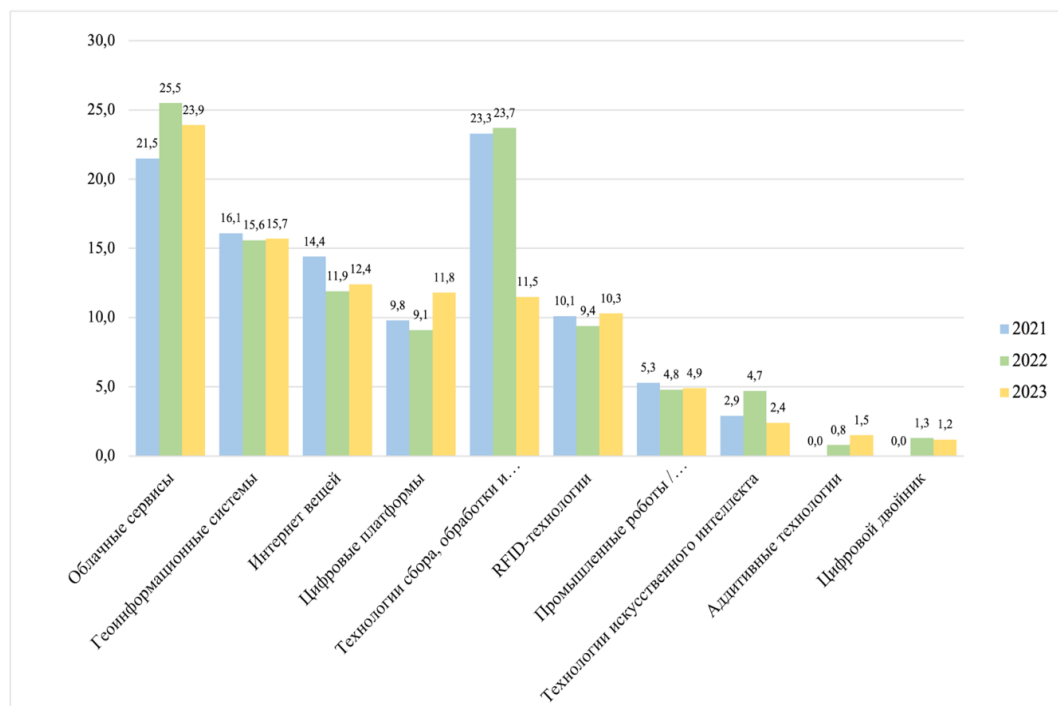


Рис. 2. Динамика использования цифровых технологий сельскохозяйственными организациями в 2021–2023 гг., % от общего числа организаций (составлено автором на основе данных [11])

Figure 2. Dynamics of digital technology adoption by agricultural enterprises in 2021–2023, % of the total enterprises [compiled by the author based on data from 11]

и автоматизации производственных процессов. При этом цифровые платформы демонстрируют более заметную положительную динамику (с 9,8 до 11,8%), отражая развитие электронных каналов взаимодействия и управления бизнес-процессами.

Особого внимания заслуживает рост применения технологий больших данных, доля которых увеличилась с 23,3 до 23,7%, оставаясь на стабильно высоком уровне. Это подтверждает востребованность аналитических инструментов для принятия управленческих решений. В то же время ряд технологий характеризуется относительно низким уровнем распространения. Так, использование технологий искусственного интеллекта увеличилось с 2,9 до 4,7%, однако остается ограниченным, что связано с высокой стоимостью внедрения и недостатком квалифицированных кадров. Аналогичная ситуация наблюдается в отношении аддитивных технологий и цифровых двойников, доля которых не превышает 1,5% [11].

В целом можно сделать вывод о том, что цифровизация сельского хозяйства развивается поступательно. При этом наибольшее распространение получают технологии с относительно низким порогом внедрения и быстрым экономическим эффектом (облачные сервисы, ГИС, большие данные), тогда как более сложные и капиталоемкие решения (ИИ, цифровые двойники) находятся пока на начальной стадии внедрения.

Для более глубокого понимания тенденций развития органического сельского хозяйства целесообразно обратиться к сопоставлению стоимостных показателей производства и обращения органической продукции в России и Китае. Сравнительный анализ двух стран представляет особый научный интерес, поскольку они различаются по масштабам аграрного производства, темпам институционального становления органического сектора, уровню внутреннего спроса и степени государственной поддержки. При этом Китай в последние годы демонстрирует более высокую динамику развития рынка органической продукции, тогда как Россия находится на этапе активного формирования нормативной, организационной и производственной базы отрасли. Рассмотрение соответствующих показателей позволяет выявить различия в масштабах развития органического сектора, определить положение России на фоне одного из крупнейших мировых рынков и обосновать необходимость дальнейшего совершенствования механизмов стимулирования органического производства.

Данные таблицы 2 показывают существенное различие в масштабах развития органического сектора в России и Китае. В Российской Федерации объем производства конечной органической продукции для внутреннего рынка остается сравнительно небольшим, что свидетельствует о продолжающемся этапе становления отрасли. В то же время в Китае стоимостные показатели органической продукции значительно выше, что указывает на более развитую систему производства, переработки и реализации такой продукции.

Особого внимания заслуживает тот факт, что китайский рынок демонстрирует устойчивую положительную динамику. Это свидетельствует не только о расширении производственной базы, но и о наличии стабильного внутреннего спроса на органические продукты, развитой системы сертификации и эффективных каналов продвижения продукции на рынок. Высокие показатели КНР также отражают более активное включение органического сельского хозяйства в общую модель «зеленого» экономического роста.

Российские показатели на этом фоне выглядят значительно более скромными, однако это не означает отсутствия потенциала. Напротив, сравнительный анализ позволяет сделать вывод о наличии значительного резерва для расширения отрасли. Россия располагает существенными земельными ресурсами, возможностями вовлечения залежных земель в органическое производство, а также благоприятными предпосылками для увеличения числа сертифицированных производителей. Вместе с тем

**Сопоставление стоимостного объема
органической продукции в Китае и России**
(составлено автором на основе данных [6, 9, 10])

Table 2

Comparison of organic product value in China and Russia
[compiled by the author based on data from 6, 9, 10]

Страна	Год	Показатель	Значение
Россия	2021	Объем производства органической продукции	9,1 млрд руб.
Китай	2021	Объем продаж органической продукции	1084 млрд руб.
Россия	2023	Объем производства органической продукции	14,4 млрд руб.
Китай	2023	Объем продаж органической продукции	1290 млрд руб.

сдерживающими факторами остаются недостаточная емкость внутреннего рынка, ограниченность каналов сбыта, сравнительно невысокая информированность потребителей и пока еще недостаточная системность мер государственной поддержки.

Таким образом, сопоставление России и Китая в данном отношении позволяет заключить, что китайская модель на современном этапе характеризуется более высокой степенью зрелости органического сектора, тогда как российский рынок находится в фазе роста и институционального укрепления. Это подтверждает необходимость дальнейшего развития в России механизмов сертификации, поддержки производителей, стимулирования внутреннего спроса и создания инфраструктуры переработки и реализации органической продукции.

Концепция оптимального размещения органических хозяйств представлена в виде пятиуровневой модели управления. Первый уровень – сбор данных с IoT-сенсоров, спутников, дронов для формирования базы пространственных и экологических данных. Второй уровень – ГИС-моделирование с применением инструментов пространственного анализа, зонирования и наложения слоев. Третий уровень – многокритериальная оптимизация с использованием алгоритмов оценки весов критериев для определения приоритетных зон и формирования матрицы предпочтений территорий. Четвертый уровень – принятие решений на платформах Smart Agriculture Cloud и «Цифровое сельское хозяйство» для координации инвестиционных и агрополитических решений. Пятый уровень – мониторинг и корректировка с применением Big Data, AI и нейросетей для контроля изменений, прогнозирования и обновления моделей.

Структура модели пространственного распределения органических хозяйств представлена в таблице 3.

Концепция демонстрирует переход от статического планирования к динамической цифровой модели, основанной на данных реального времени и самообучающихся алгоритмах. Для России обеспечиваются рациональное использование земель и повышение конкурентоспособности регионов, для Китая – экологическая сбалансированность и равномерное развитие сельских территорий.

Цифровые модели управления основаны на принципе непрерывного мониторинга и адаптивного регулирования, обеспечивающем получение данных в реальном времени, анализ динамики производственных процессов и мгновенное

Пятиуровневая модель пространственного распределения органических хозяйств

(составлено автором на основе данных [4, 9, 13, 14, 18])

Table 3

Five-level model of spatial allocation of organic farms
[compiled by the author based on data from 4, 9, 13, 14, 18]

Уровень	Инструменты	Функции	Результат
I. Сбор данных	IoT-сенсоры, спутники, дроны	Мониторинг состояния почв, растительности, водных ресурсов	База пространственных и экологических данных
II. ГИС-моделирование	ГИС-платформы, AgriMap, QGIS	Пространственный анализ, зонирование	Карты пригодности земель и зон риска
III. Многокритериальная оптимизация	Алгоритмы AHP, TOPSIS	Оценка весов критериев, определение приоритетных зон	Матрица предпочтений территорий
IV. Принятие решений	Smart Agriculture Cloud, цифровое сельское хозяйство	Координация инвестиционных и агрополитических решений	Оптимальное размещение хозяйств
V. Мониторинг и корректировка	Big Data, AI, нейросети	Контроль изменений, прогнозирование, обновление моделей	Динамическая карта развития сектора

реагирование на отклонения от нормативных параметров. Формируется новая парадигма data-driven agriculture, при которой решения принимаются на основании анализа больших данных, прогнозных моделей и алгоритмов искусственного интеллекта.

В России развивается адаптивно-региональная модель, ориентированная на оптимизацию технологических процессов и интеграцию информационных технологий в фермерские хозяйства. Проект «Цифровое поле» внедряет IoT-датчики влажности, pH-сенсоры и станции агромониторинга, обеспечивающие контроль параметров почвы и микроклимата [3].

Китай реализует централизованную предиктивную модель, основанную на нейросетевом анализе и автоматическом управлении производственными циклами. Платформа Huawei Smart Farm интегрирует данные с IoT-сенсоров, анализирует их с помощью искусственного интеллекта и формирует рекомендации по оптимизации севооборотов, внесению органических удобрений и защите растений [18].

Ключевым элементом цифрового управления становится система поддержки принятия решений, объединяющая модули мониторинга, прогнозирования и оптимизации. В России функционирует платформа АгроЦифра, предоставляющая фермерам аналитические инструменты для планирования посевных площадей и управления ресурсами. В Китае развернута система AgriBrain, обрабатывающая

данные 30 млрд ед. ежегодно и обеспечивающая прогнозирование урожайности с точностью 92% [18].

Развитие сквозных цифровых цепочек поставок обеспечивает контроль происхождения, качества и экологической чистоты продукции на всех стадиях ее движения: от поля до конечного потребителя. Системы формируют основу доверия между производителем и потребителем, создают прозрачные механизмы сертификации и повышают конкурентоспособность органического сектора на международных рынках.

В России формирование системы цифровой прослеживаемости началось с внедрения Единого реестра органических производителей и создания платформы «AgroTrace», объединяющей функции мониторинга, сертификации, контроля происхождения и взаимодействия с потребителями [7]. Система обеспечивает регистрацию всех сертифицированных производителей, фиксацию результатов инспекций и автоматическую верификацию подлинности органических сертификатов через QR-коды на упаковке.

В Китае действует Organic Product Traceability System, связанная с платформой Alibaba Food Safety Platform и национальной стратегией «Безопасная пища Китая» [3, 18]. Система регистрирует всех производителей, автоматически верифицирует сертификаты и обеспечивает онлайн-отслеживание движения продукции на внутреннем и экспортном рынках. Потребители сканируют QR-код на упаковке и получают полную информацию о происхождении продукта, условиях выращивания, результатах лабораторных испытаний.

Блокчейн-технологии становятся ключевым инструментом обеспечения достоверности данных в цепочках поставок. Распределенный реестр исключает возможность фальсификации информации, поскольку каждая транзакция фиксируется в блоке и верифицируется участниками сети. В России пилотный проект блокчейн-платформы AgroTrace реализуется в Краснодарском крае; в Китае блокчейн интегрирован в национальную систему China Organic Product Traceability System с 2022 г. [3].

Цифровизация цепочек поставок повышает прозрачность рынка, минимизирует риски фальсификации органической продукции, ускоряет принятие решений и создает условия для адресной поддержки производителей. Социальная значимость выражается в создании рабочих мест, развитии цифровых компетенций фермеров и в росте общественного доверия к органической продукции.

Выводы

Conclusions

Цифровая инфраструктура органического сектора опирается на информационные платформы и базы данных, системы IoT и сенсорные сети, геоинформационные системы, Big Data и AI-аналитику, блокчейн-технологии. Каждый элемент выполняет свою функцию: управление процессами, мониторинг экологических параметров, прослеживаемость продукции.

Российская и китайская модели цифровизации различаются. Российская модель децентрализована и адаптируется к региональным условиям, интегрирует цифровые решения в существующую инфраструктуру. Китайская модель централизована, технологически интегрирована, масштабируема. Модели взаимодополняемы и могут лечь в основу евразийской системы цифрового управления.

Концепция оптимального пространственного размещения органических хозяйств строится на геоинформационных технологиях и многокритериальном анализе.

Модель включает в себя сбор данных, ГИС-моделирование, многокритериальную оптимизацию, принятие решений, мониторинг с корректировкой. Подход дает научно обоснованный выбор территорий с учетом экологических, логистических и социально-экономических факторов.

Цифровые системы управления производственными процессами работают в парадигме data-driven agriculture. Решения принимаются на основании анализа больших данных и прогнозных моделей. IoT-датчики, системы поддержки принятия решений, платформы искусственного интеллекта повышают эффективность использования ресурсов, снижают экологическую нагрузку, увеличивают урожайность. Насколько стабильны эти эффекты в долгосрочной перспективе – отдельный вопрос, требующий дополнительных исследований.

Блокчейн-технологии и цифровые цепочки поставок дают прослеживаемость органической продукции от поля до потребителя. AgroTrace в России и China Organic Product Traceability System в Китае снижают риски фальсификации, повышают прозрачность рынка, открывают возможности для экспорта. Правда, внедрение этих систем является пока неравномерным: крупные производители используют их более активно, чем мелкие хозяйства.

Цифровизация меняет органическое сельское хозяйство, связывая производство, управление, экологию и общественное восприятие в единую систему. Включение цифровых решений в стратегические документы России и Китая может повысить конкурентоспособность органического сектора и приблизить достижение целей устойчивого развития. Однако многое зависит от того, как эти технологии будут внедряться на практике.

Список источников

1. *Об органической продукции: Федеральный закон РФ от 3 августа 2018 г. № 280-ФЗ, ред. от 31 июля 2025 г.* URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43456> (дата обращения: 15.03.2026)
2. *О развитии сельского хозяйства: Федеральный закон РФ от 29 декабря 2006 г. № 264-ФЗ, ред. от 31 июля 2025 г.* URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/24837> (дата обращения: 16.03.2026)
3. Раевская Е.Г. Применение искусственного интеллекта в сельском хозяйстве Китая (обзор) // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2024. Т. 25, № 5. С. 739–753. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.739-753>
4. Зарук Н.Ф., Мигунов Р.А., Кагирова М.В., Коломеева Е.С. и др. *Размещение производства органической продукции растениеводства в условиях формирования зеленой экономики*. Москва: ЭйПиСиПабблишинг, 2023. 188 с. EDN: SJFEAZ
5. Эпштейн Д.Б. Цифровая трансформация АПК и ее проблемы // *Российский экономический журнал*. 2023. № 3. С. 63–80. https://doi.org/10.52210/0130-9757_2023_3_63
6. *Официальный сайт Союза органического земледелия*. URL: <https://soz.bio/edinyy-gosudarstvennyy-reestr-proiz-3/> (дата обращения: 25.02.2026)
7. Никулина Ю.Н. Эффективность цифровизации сельского хозяйства: что мы знаем о результатах и методах количественных исследований? // *Экономика сельского хозяйства России*. 2023. № 1. С. 57–65. <https://doi.org/10.32651/231-57>
8. Васильев Н.П., Протопопова Л.Д., Даянова Г.И., Крылова А.Н. и др. Формирование единой цифровой платформы сельского хозяйства региона // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2024. № 1 (397). С. 53–56. https://doi.org/10.55186/25876740_2024_67_1_53

9. *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2026*. Frick: Research Institute of Organic Agriculture FiBL; Bonn: IFOAM – Organics International, 2026. URL: https://www.fibl.org/en/search?q=The%20World%20of%20Organic%20Agriculture&num=10&lr=lang_en&start=0 (дата обращения: 07.04.2026)
10. Об утверждении Стратегии развития производства органической продукции в Российской Федерации до 2030 года: Распоряжение Правительства РФ от 4 июля 2023 г. № 1788-р., ред. от 5 августа 2025 г. // Система КонсультантПлюс: официальный интернет-портал. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_452275/ (дата обращения: 19.02.2026)
11. Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/> (дата обращения: 05.02.2026)
12. Кобозева Е.М., Добрик С.Г. Влияние технологий Интернета вещей на трансформационные процессы в различных отраслях экономики // *Вестник Адыгейского государственного университета. Серия «Экономика»*. 2025. Вып. 1 (355). С. 89–95. <https://doi.org/10.53598/24103683-2025-1-355-89-95>
13. Киварина М.В., Юрина Н.Н. Цифровые решения в АПК: новые возможности регионов // *АПК: Экономика, управление*. 2024. № 8. С. 34–42. <https://doi.org/10.33305/248-34>
14. Zaruk N.F., Kagirowa M.V., Romantseva Yu.N., Kolomeeva E.S. et al. Concept of locating crop production with minimal adverse impact on the environment. *Caspian Journal of Environmental Sciences*. 2025;23(2):547-559. <https://doi.org/0.22124/CJES.2025.8761>
15. Мальсагова Р.Г. Проблемы и перспективы применения искусственного интеллекта, больших данных и блокчейн-технологий в сельском хозяйстве России // *Международный сельскохозяйственный журнал*. 2025. № 2 (404). С. 220–224. https://doi.org/10.55186/25876740_2025_68_2_220
16. Zaruk N.F., Kolomeeva E.S., Romantseva Yu.N., Kagirowa M.V. et al. State regulation of the Chinese organic products market // *BIO Web of Conferences*. 2024;82:03003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248203003>
17. Ялунина Е.Н., Прядилина Н.К., Скворцов Е.А. Совершенствование процесса принятия управленческих решений в сельском хозяйстве с применением систем искусственного интеллекта // *Аграрный вестник Урала*. 2024. Т. 24, № 3. С. 440–449. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-03-440-449>
18. Королева Л.А., Фань И. Мировой опыт повышения продовольственной безопасности на основе интеграции технологий Blockchain и IoT // *Россия в глобальном мире*. 2025. Т. 28. Вып. 3. С. 32–48. <https://doi.org/10.48612/rg/RGW.28.3.2>
19. Willer H., Trávníček J., Meier C., Schlatter B. *The World of Organic Agriculture: Statistics and Emerging Trends 2025*. Frick: Research Institute of Organic Agriculture FiBL; Bonn: IFOAM – Organics International. 2025:350. URL: <https://www.fibl.org/en/shop-en/1797-organic-world-2025> (дата обращения: 21.03.2026)

References

1. Federal Law of the Russian Federation, No. 280-FZ “On Organic Products” of August 3, 2018 (as amended on July 31, 2025). (In Russ.) URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/43456> (accessed: March 15, 2026).
2. Federal Law of the Russian Federation, No. 264-FZ “On Agricultural Development” of December 29, 2006 (as amended on July 31, 2025). (In Russ.) URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/24837> (accessed: March 16, 2026).

3. Raevskaya E.G. Introducing artificial intelligence in Chinese agriculture (review). *Agricultural Science Euro-North-East*. 2024;25(5):739-753. (In Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.739-753>
4. Zaruk N.F., Migunov R.A., Kagirowa M.V., Kolomeev E.S. et al. *Allocation of organic plant production in the context of the formation of a green economy*. Moscow, Russia: APCPublishing, 2023:188. (In Russ.)
5. Epstein D.B. Digital transformation of the agro-industrial complex and its problems. *Russian Economic Journal*. 2023;(3):63-80. (In Russ.) https://doi.org/10.52210/0130-9757_2023_3_63
6. Official website of the Union of Organic Agriculture. (In Russ.) URL: <https://soz.bio/edinyy-gosudarstvennyy-reestr-proiz-3/> (accessed: February 25, 2026).
7. Nikulina Yu.N. Effectiveness of digitalization of agriculture: what do we know about results and methods of quantitative research? *Economics of Agriculture of Russia*. 2023;(1):57-65. (In Russ.) <https://doi.org/10.32651/231-57>
8. Vasiliev N.P., Protopopova L.D., Dayanova G.I., Krylova A.N. et al. Formation of a unified digital platform for the region's agriculture. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*. 2024;(1(397)):53-56. (In Russ.) https://doi.org/10.55186/25876740_2024_67_1_53
9. *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2026*. Frick: Research Institute of Organic Agriculture FiBL; Bonn: IFOAM – Organics International, 2026. URL: https://www.fibl.org/en/search?q=The%20World%20of%20Organic%20Agriculture&num=10&lr=lang_en&start=0 (accessed: April 7, 2026).
10. Decree of the Government of the Russian Federation, No. 1788-r “On approval of the Strategy for the Development of Organic Production in the Russian Federation until 2030” of July 4, 2023 (as amended on August 5, 2025). *ConsultantPlus*. (In Russ.) URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_452275/ (accessed: February 19, 2026).
11. *Federal State Statistics Service*. (In Russ.) URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/> (accessed: February 5, 2026).
12. Kobozeva E.M., Dobrik S.G. The impact of Internet Things technologies on transformation processes in various economic sectors. *Vestnik Adygeyskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika*. 2025;(1(355)):89-95. (In Russ.) <https://doi.org/10.53598/24103683-2025-1-355-89-95>
13. Kivarina M.V., Iurina N.N. Digital solutions in the agro-industrial complex: new opportunities for regions. *AIC: Economics, Management*. 2024;(8):34-42. (In Russ.) <https://doi.org/10.33305/248-34>
14. Zaruk N.F., Kagirowa M.V., Romantseva Yu.N., Kolomeeva E.S. et al. Concept of locating crop production with minimal adverse impact on the environment. *Caspian Journal of Environmental Sciences*. 2025;23(2):547-559. <https://doi.org/0.22124/CJES.2025.8761>
15. Malsagova R.G. Problems and prospects of using artificial intelligence, Big Data and blockchain technologies in Russian agriculture. *Mezhdunarodnyi sel'skokhozyaistvennyi zhurnal*. 2025;(2(404)):220-224. (In Russ.) https://doi.org/10.55186/25876740_2025_68_2_220
16. Zaruk N.F., Kolomeeva E.S., Romantseva Yu.N., Kagirowa M.V. et al. State regulation of the Chinese organic products market. *BIO Web of Conferences*. 2024;82:03003. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248203003>
17. Yalunina E.N., Pryadilina N.K., Skvortsov E.A. Improving the process of making management decisions in agriculture using artificial intelligence

systems. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024;24(3):440-449. (In Russ.) <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2024-24-03-440-449>

18. Koroleva L.A., Fan I. Global experience in improving food security through the integration of Blockchain and IoT technologies in food supply chain management. *Rossiya v globalnom mire*. 2025;28(3):32-48. (In Russ.) <https://doi.org/10.48612/rg/RGW.28.3.2>

19. Willer H., Trávníček J., Meier C., Schlatter B. *The World of Organic Agriculture: Statistics and Emerging Trends 2025*. Frick: Research Institute of Organic Agriculture FiBL; Bonn: IFOAM – Organics International; 2025:350. URL: <https://www.fibl.org/en/shop-en/1797-organic-world-2025> (accessed: March 21, 2026).

Информация об авторе

Лю Шуньсинь, аспирант кафедры бухгалтерского учета, финансов и налогообложения, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»; 127434, Российская Федерация, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: shunxin1414@gmail.com

Information about the author

Liu Shunxin, postgraduate student of the Department of Accounting, Finance and Taxation, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: shunxin1414@gmail.com

ЭКОНОМИКА

**Развитие механизмов государственной поддержки землепользователей
сельскохозяйственных земель в условиях экономической нестабильности**

Ильяс Юнусович Машуков✉

Российская академия народного хозяйства и государственной службы
при Президенте Российской Федерации

✉ **Автор, ответственный за переписку:** mashukov.ilyas@yandex.ru

Аннотация

В статье приведены результаты исследований эволюции механизмов государственной поддержки землепользователей сельскохозяйственных земель в условиях экономической нестабильности 2020–2026 гг. Актуальность темы обусловлена фундаментальной трансформацией аграрной политики Российской Федерации, связанной с утверждением новой редакции Доктрины продовольственной безопасности (Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20) и беспрецедентным санкционным давлением 2022–2025 гг., которое вызвало диспаритет цен на материально-технические ресурсы (рост цен на удобрения и сельхозтехнику на 40–60%), нарушение логистических цепочек и необходимость форсированного импортозамещения по критическим позициям (семена, ветеринарные препараты). Цель исследований – проследить эволюцию подходов к государственной поддержке землепользователей, выявить доктринальные разрывы между существующими механизмами и объективными потребностями аграрного сектора, предложить авторскую периодизацию и сформулировать конкретные законодательные изменения. Методологическую основу образуют формально-юридический, сравнительно-правовой, экономико-статистический и системный методы. На основе анализа статистических данных Росстата, программных документов Минсельхоза РФ и региональной практики выявлена трансформация подходов: от компенсирующих субсидий к инвестиционно-ориентированным инструментам с обязательным агроклиматическим зонированием. Обоснована необходимость агроклиматического зонирования как юридически значимого фактора дифференциации субсидий, поскольку разница в затратоемкости производства между благоприятными и депрессивными зонами достигает 2,5–3 раз. Сформулировано авторское понятие «эффективность государственной поддержки землепользования» применительно к условиям экономической нестабильности. Предложена авторская периодизация развития института поддержки: компенсирующий (2013–2020), переходный (2021–2023) и зонально-дифференцированный (2024–2026) периоды с внедрением повышающих коэффициентов до 2,0 для депрессивных зон. Разработаны конкретные законодательные предложения: закрепление в Федеральном законе № 264-ФЗ понятия «агроклиматическая зона» и обязательное применение зональных коэффициентов; заключение соглашений о достижении минимального прироста урожайности (не менее 3% в год) для депрессивных зон; дополнение Доктрины продовольственной безопасности показателем окупаемости субсидий.

Ключевые слова

государственная поддержка, землепользователи, сельскохозяйственные земли, экономическая нестабильность, импортозамещение, агроклиматическое зонирование, субсидии, Доктрина продовольственной безопасности, эффективность землепользования, депрессивные агроландшафты

Для цитирования

Машуков И.Ю. Развитие механизмов государственной поддержки землепользователей сельскохозяйственных земель в условиях экономической нестабильности // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 3. С. 188–200.

ECONOMICS

Development of state support mechanisms for agricultural land users under conditions of economic instability

Ilyas Yu. Mashukov✉

Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration,
Moscow, Russia

✉Corresponding author: mashukov.ilyas@yandex.ru

Abstract

The article presents the results of a study on the evolution of state support mechanisms for agricultural land users under conditions of economic instability in 2020–2026. The relevance of the topic is determined by the fundamental transformation of the agricultural policy of the Russian Federation, associated with the adoption of the new version of the Food Security Doctrine (Presidential Decree No. 20 of January 21, 2020) and the unprecedented sanctions pressure of 2022–2025, which caused a disparity in prices for material and technical resources (a 40–60% increase in fertilizer and agricultural machinery prices), disruption of logistics chains, and the need for accelerated import substitution in critical areas (seeds, veterinary drugs). The aim of the study is to trace the evolution of approaches to state support for land users, identify doctrinal gaps between existing mechanisms and the objective needs of the agricultural sector, propose an author's periodization, and formulate specific legislative amendments. The methodological framework is based on formal-legal, comparative-legal, economic-statistical, and systemic methods. Based on the analysis of statistical data from Rosstat, program documents of the Ministry of Agriculture of the Russian Federation, and regional practices, the transformation of approaches has been identified: from compensatory subsidies to investment-oriented instruments with mandatory agroclimatic zoning. The necessity of agroclimatic zoning as a legally significant factor for subsidy differentiation is substantiated, since the difference in production costs between favorable and depressed zones reaches 2.5–3 times. The author's concept of "efficiency of state support for land use" in the context of economic instability is formulated. The author's periodization of the development of the support institution is proposed: compensatory (2013–2020), transitional (2021–2023), and zonally differentiated (2024–2026) periods with the introduction of increasing coefficients of up to 2.0 for depressed zones. Specific legislative proposals have been developed: enshrining the concept of "agroclimatic zone" in Federal Law No. 264-FZ and the mandatory application of zonal coefficients; concluding agreements on achieving a minimum yield increase (at least 3% per year) for depressed zones; supplementing the Food Security Doctrine with an indicator of subsidy payback.

Keywords

state support, land users, agricultural lands, economic instability, import substitution, agroclimatic zoning, subsidies, Food Security Doctrine, land use efficiency, depressive agricultural landscapes

For citation

Mashukov I.Yu. Development of state support mechanisms for agricultural land users under conditions of economic instability. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(3):188–200.

Введение

Introduction

Актуальность темы исследований обусловлена фундаментальной трансформацией аграрной политики Российской Федерации в 2020–2026 гг. Если до 2020 г. механизмы государственной поддержки землепользователей опирались на относительно стабильную систему субсидирования, сформированную Государственной программой развития сельского хозяйства на 2013–2020 годы, то после утверждения новой редакции Доктрины продовольственной безопасности (Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20¹) и последовавшего за этим санкционным давлением 2022–2025 гг. законодатель и правоприменитель столкнулись с необходимостью кардинального пересмотра самого понятия «эффективная государственная поддержка».

Классическая конструкция государственной поддержки, выстроенная на принципах софинансирования расходов и несвязанной поддержки на 1 га посевной площади, вступает в противоречие с новыми вызовами: диспаритетом цен на сельхозтехнику и удобрения (рост на 40–60% в 2022–2023 гг.), необходимостью форсированного импортозамещения по ряду критических позиций (семена, ветеринарные препараты) и деградацией почвенного плодородия на значительных площадях.

Как отмечает А.И. Алтухов, игнорирование зональной специфики при распределении субсидий ведет к консервации технологической отсталости депрессивных регионов и снижению общей эффективности бюджетных расходов [1]. Т.А. Мирошниченко подчеркивает, что возникает противоречие между объемами выделяемой поддержки и реальным приростом продукции, особенно в регионах с низким естественным плодородием почв [2].

Цель исследований: проследить эволюцию подходов к государственной поддержке землепользователей в 2020–2026 гг., выявить доктринальные разрывы между существующими механизмами и объективными потребностями аграрного сектора, предложить авторскую периодизацию и сформулировать предложения по совершенствованию законодательства в данной сфере.

Методика исследований

Research method

Методологическую основу исследований образуют формально-юридический, сравнительно-правовой, экономико-статистический, системный методы, а также анализ доктринальных источников и программных документов.

Для оценки эффективности государственной поддержки землепользователей использован комплекс общенаучных и специальных методов исследования.

Формально-юридический метод применялся при анализе нормативно-правовых актов, регулирующих предоставление субсидий сельскохозяйственным товаропроизводителям (Доктрина продовольственной безопасности, Государственная программа развития сельского хозяйства, Федеральный закон № 264-ФЗ).

Сравнительно-правовой метод позволил сопоставить российскую практику агроклиматического зонирования с зарубежным опытом (страны ЕС, США).

Экономико-статистический метод использован для анализа динамики объемов субсидий, урожайности зерновых культур и расчета показателя окупаемости

¹ Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации: утв. Указом Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 // Собрание законодательства РФ. 2020. № 4, ст. 345.

субсидий (прирост продукции на 1 руб. субсидий). Исходные данные получены из официальных статистических сборников Росстата и отраслевых отчетов Минсельхоза РФ.

Системный метод позволил рассмотреть зернопродуктовый подкомплекс как целостную систему, выделить взаимосвязи экологических, социальных и экономических факторов устойчивого развития.

Метод экспертных оценок применялся для определения весовых коэффициентов показателей в интегральной модели устойчивости. В качестве экспертов выступили представители региональных органов управления АПК (Саратовская область, $n = 15$). Согласованность экспертных оценок проверена с использованием коэффициента конкордации Кендалла.

Расчет интегрального показателя ESG-устойчивости осуществлялся по авторской методике, включающей в себя нормирование частных показателей (методом отношения к эталонному значению) и их агрегирование с учетом весовых коэффициентов.

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Первоначально Государственная программа развития сельского хозяйства на 2013–2020 годы закрепляла преимущественно компенсирующий характер поддержки. Основными инструментами выступали субсидии на 1 га посевной площади (несвязанная поддержка), субсидирование процентной ставки по инвестиционным кредитам и компенсация части затрат на элитное семеноводство и приобретение минеральных удобрений.

Согласно официальной статистике в 2020–2024 гг. наблюдался устойчивый рост объемов государственной поддержки растениеводства². Однако, как справедливо отмечает О.В. Чепик, в науке аграрной экономики до сих пор нет единого мнения об эффективности «подушевого» распределения субсидий в отличие от зонально-дифференцированного подхода [3]. Кроме того, следует рассмотреть вопрос разграничения понятий «государственная поддержка» и «государственное регулирование», которые часто смешиваются в правоприменительной практике. В контексте импортозамещения и обеспечения продовольственной безопасности указанное разграничение приобретает особую значимость и требует дополнительного доктринального осмысления [4].

Ключевая проблема заключается в том, что попытка распространить единый подход к субсидированию на все регионы столкнулась с непреодолимым препятствием: разница в баллах бонитета почв между регионами Южного федерального округа и регионами Нечерноземья достигает двукратного разрыва при одновременном различии в затратоемкости производства в 2,5–3 раза. Как указано в Доктрине продовольственной безопасности¹, одним из принципов государственной экономической политики является «учет региональных особенностей при реализации мер государственной поддержки».

А.Г. Папцов, анализируя зарубежный опыт, приходит к выводу о том, что в странах Европейского союза и США зональная дифференциация субсидий является обязательным элементом аграрной политики, тогда как в России этот подход только начинает внедряться [5]. Исследователь также отмечает, что эффективность мер поддержки напрямую зависит от их адаптации к природно-климатическим условиям конкретной территории, а это требует перехода от единых нормативов к гибкой системе коэффициентов [5].

И.Г. Ушачев подчеркивает, что продовольственная безопасность страны не может быть обеспечена без приоритетной поддержки зон рискованного земледелия, обосновывая значимость комплексного подхода, обеспечивающего одновременно экономическую эффективность и социальную устойчивость сельских территорий [4]. Данный вывод приобретает особую значимость в контексте Доктрины продовольственной безопасности, которая в качестве одного из целевых индикаторов устанавливает «рентабельность сельскохозяйственных организаций (с учетом субсидий)».

В декабре 2019 г. была утверждена новая редакция Государственной программы развития сельского хозяйства на 2013–2025 годы, а в январе 2020 г. – обновленная Доктрина продовольственной безопасности. В указанных документах впервые на нормативном уровне было закреплено требование о необходимости перехода к адресной поддержке с учетом региональной и внутрирегиональной специфики. Однако, как отмечает Н.Г. Барышников, само по себе программное закрепление принципа адресности без разработки конкретных методик его реализации остается декларацией [7]. В связи с этим в 2021–2022 гг. Минсельхозом РФ был разработан и внедрен ряд методических рекомендаций по агроклиматическому зонированию в целях государственной поддержки.

Зонирование является основой для дифференциации ставок субсидий, что позволяет учитывать природно-климатические особенности территорий при распределении средств государственной поддержки. Причина неполной реализации принципа зонирования кроется не столько в технической сложности, сколько в доктринальной коллизии. Если для благоприятных регионов внедрение дифференцированных коэффициентов означает неизбежное снижение абсолютного объема субсидий, то для депрессивных зон это означает их повышение. Однако политика «выравнивания» в течение долгого времени была доминирующей.

Ключевой вывод, сделанный на основе анализа программных документов и доктринальных позиций, заключается в том, что в период 2020–2023 гг. законодатель и исполнительная власть осознанно взяли курс на переход от «плоских» субсидий к зонально-дифференцированной модели, но фактическая реализация этого перехода столкнулась с сопротивлением на региональном уровне. Вместо резкого внедрения новых механизмов был избран путь постепенного экспериментирования: пилотные проекты по агроклиматическому зонированию были запущены в 5 регионах [9]. Как отмечает О.А. Сагина, в условиях санкционного давления требуется пересмотр традиционных подходов к государственному регулированию аграрного сектора [12].

Промежуточный вывод относительно периода 2020–2023 гг. заключается в следующем: базовые принципы новой модели поддержки были сформулированы, но механизмы их реализации оставались невстроенными в основное бюджетное законодательство.

С 2024 г. вступили в силу изменения в Государственную программу развития сельского хозяйства, а также (что более важно) началась практическая реализация механизмов, заложенных в Доктрине продовольственной безопасности. Эти изменения полностью трансформировали архитектуру государственной поддержки для земледельцев.

С 2024 г. распределение субсидий на поддержку растениеводства (несвязанная поддержка, субсидии на элитное семеноводство, на приобретение удобрений) осуществляется с учетом отнесения муниципального района к одной из трех агроклиматических зон.

Зонирование осуществляется Межведомственной комиссией по агроклиматическому районированию. Основаниями для отнесения территории к определенной

зоне являются сумма активных температур, коэффициент увлажнения, балл бонитета почв.

Как отмечает С.Н. Волков, земельные ресурсы, являясь одним из главных природных достояний, должны стать основой стабильного и устойчивого развития АПК [8]. Однако для этого необходимо не просто выделить особо ценные земли, но и обеспечить повышенную поддержку для землепользователей, сохраняющих и приумножающих плодородие почв в неблагоприятных условиях. Вместе с тем существует риск «бюрократического упрощения»: зона присваивается муниципальному району «в целом», без учета внутрирайонной дифференциации почв [8].

Кардинально меняется сама природа «адресности». Если ранее требовался только формальный статус сельхозтоваропроизводителя, то теперь достаточно факта нахождения в депрессивной зоне, чтобы получать повышенные субсидии автоматически – без дополнительных заявок и согласований.

В современной доктрине аграрной экономики отсутствует единый подход к оценке эффективности различных видов государственной поддержки. Н.Г. Барышников, анализируя региональные особенности субсидирования, приходит к выводу о том, что эффективность бюджетных расходов в АПК может быть повышена только за счет перехода от компенсирующих мер к стимулирующим [7].

В соответствии с правилами ВТО все меры государственной поддержки подразделяются на «желтую корзину», «зеленую корзину» и «голубую корзину» [5].

Несмотря на декларируемую необходимость перехода к мерам «зеленой корзины», в условиях экономической нестабильности 2022–2025 гг. доля «желтых» мер не только не снизилась, но и возросла [9]. Это объясняется необходимостью экстренного реагирования на рост цен на удобрения и ГСМ.

Доктринальный анализ позволяет выделить три вида поддержки в зависимости от целевой направленности и механизма предоставления [3]. Для наглядного сравнения видов, объемов и целевой направленности мер поддержки различные виды представлены в таблице 1.

Первый вид – «Базовая компенсирующая поддержка» – охватывает субсидии, предоставляемые всем землепользователям без дополнительных условий. Наблюдается тенденция сокращения доли этого вида поддержки от общего объема. Причина заключается в низкой окупаемости бюджетных средств, отсутствии прямой корреляции с приростом продукции [9].

Второй вид – «Зонально-дифференцированные субсидии» – предоставляется только землепользователям в зонах, отнесенных к умеренной и депрессивной.

Третий вид – «Инвестиционная поддержка» – представляет собой субсидирование инвестиционных проектов, предоставляемое на конкурсной основе.

Важно отметить следующий правовой и экономический парадокс: землепользователь в благоприятной зоне получает в расчете на 1 га меньший объем субсидий (1,8 тыс. руб.), но его продуктивность выше. Землепользователь в депрессивной зоне получает больше субсидий (3,6 тыс. руб.), но урожайность – ниже².

Такая асимметрия является, с одной стороны, неизбежной платой за сохранение сельскохозяйственного производства и социальной инфраструктуры на этих территориях¹, а с другой – порождает риски иждивенчества.

Таким образом, гибридная модель поддержки разграничивает компенсационную и стимулирующую функции по зональному критерию, что является более

² Сельское хозяйство в России. 2025: Статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики (Росстат). М., 2025. 81 с. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S_x_2025.pdf (дата обращения: 10.05.2026).

**Виды, объемы и целевая направленность
государственной поддержки землепользователей в 2024–2026 гг.**

Table 1

Types, volumes, and targeted focus of state support for land users in 2024–2026

Вид поддержки	Механизм предоставления	Объем субсидий, тыс. руб/га	Целевая направленность
Базовая компенсирующая	Предоставляется всем землепользователям без дополнительных условий	0,5–0,8	Частичная компенсация затрат на ГСМ и удобрения
Зонально-дифференцированная	Зависит от агроклиматической зоны (коэффициент – от 0,5 до 2,0)	1,8 (благоприятная зона)/3,6 (депрессивная зона)	Выравнивание условий хозяйствования в разных зонах
Инвестиционная (конкурсная)	Предоставляется на конкурсной основе под инвестиционные проекты	–	Стимулирование технологической модернизации

взвешенным подходом по сравнению с ранее действовавшим «уравнильным» распределением. Однако остаются риски, связанные с отсутствием прямой привязки субсидий к результату.

Судебно-арбитражная практика рассмотрения споров, связанных с предоставлением субсидий землепользователям, выработала устойчивый подход: субсидия признается предоставленной правомерно при соблюдении формальных критериев (наличие статуса сельхозтоваропроизводителя, соответствие заявки, отсутствие недоимки по налогам). Вместе с тем анализ конкретных решений (например, дело № А14–2456/2022 Арбитражного суда Воронежской области) показывает, что суды практически не исследуют вопрос о том, был ли достигнут фактический прирост продукции в результате получения субсидии³.

Как справедливо отмечает Н.В. Польшакова, большая часть проблем, возникающих в процессе создания механизма формирования устойчивого землепользования, определяется игнорированием экосистемных подходов в использовании земельных ресурсов [10]. Применительно к теме государственной поддержки это означает, что

³ Решение Арбитражного суда Воронежской области от 15 июля 2022 г. по делу № А14–2456/2022. Доступ из справочно-правовой системы «КонсультантПлюс».

**Показатели эффективности государственной поддержки
в разрезе агроклиматических зон (2024–2025 гг.)**

Table 2

Performance indicators of state support across agroclimatic zones (2024–2025)

Показатель	Благоприятная зона (ЮФО)	Депрессивная зона (Нечерноземье)	Отношение (депрессивная/ благоприятная)
Субсидии на 1 га пашни, тыс. руб.	1,8	3,6	2,0
Урожайность зерновых, ц/га	45,2	18,5	0,41
Затратоемкость производства, тыс. руб/ц	0,62	1,52	2,45
Окупаемость субсидий (прирост продукции на 1 руб. субсидий), руб/руб.	1,35	0,90	0,67

Примечание. Рассчитано автором по данным Федеральной службы государственной статистики (Росстат): «Сельское хозяйство в России. 2025: Статистический сборник». – М., 2025. – С. 34–35, 58–59, 72. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S_x_2025.pdf (дата обращения: 10.05.2026), а также на основе сведений Минсельхоза России «О ходе реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия за 2024 год» (разд. «Субсидирование растениеводства»). – М., 2025. – С. 12–15.

субсидии выделяются без учета реального состояния почвенного плодородия. Данную проблему обостряет отсутствие системного экологического подхода, на что обращает внимание А.П. Огарков: сохранение и воспроизводство плодородия почв не могут быть обеспечены только финансовыми инструментами без учета природных особенностей территорий [6].

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности одним из показателей для оценки состояния продовольственной безопасности является «рентабельность сельскохозяйственных организаций (с учетом субсидий⁴)». Однако из показателя не выделяется доля, обеспеченная именно субсидиями, а не рыночными факторами.

Таким образом, проблема эффективности субсидирования обнажает фундаментальный конфликт между бюджетным правом, требующим формального контроля целевого использования средств, и экономической теорией, требующей оценки результативности вложений. Внедрение агроклиматического зонирования в 2024–2026 гг. стало первым шагом к преодолению этого конфликта, но оставляет без ответа вопрос о стимулировании реального роста продуктивности. В связи с этим необходимо внедрить автоматическую корректировку объема субсидий следующего года в зависимости от достигнутых результатов (повышающие коэффициенты при перевыполнении и понижающие – при недостижении плановых показателей). Опыт Свердловской

⁴ Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации: утв. Указом Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20 // Собрание законодательства РФ. 2020. № 4, ст. 345.

области по внедрению субсидирования прироста урожайности зерновых культур, описанный И.Ф. Сухановой, показывает, что такой подход позволяет повысить окупаемость субсидий [11, 16].

Проведенные исследования позволяют предложить периодизацию становления и эволюции механизмов государственной поддержки землепользователей сельскохозяйственных земель в современной России (с акцентом на периоде действия Доктрины продовольственной безопасности 2020–2026 гг.). Выделяются три последовательных периода. Основные характеристики каждого из выделенных периодов представлены в таблице 3.

Первый период – компенсирующий (2013–2020 гг.) – характеризуется тем, что государственная поддержка предоставлялась преимущественно в форме несвязанных субсидий на 1 га посевной площади и субсидирования процентной ставки по кредитам. Субъектами поддержки признавались все сельхозтоваропроизводители независимо от агроклиматической зоны. Именно эта уравнительная модель привела к диспропорциям в развитии регионов [1]. Как отмечает И.Н. Буздалов, доминирование компенсирующих мер над стимулирующими является системной проблемой российской аграрной политики [15].

Второй период – переходный (2021–2023 гг.) – наступил в связи с утверждением новой Доктрины продовольственной безопасности в январе 2020 г. и последующим санкционным давлением 2022 г.; характеризуется попытками внедрить механизмы агроклиматического зонирования и адресной поддержки. Выявлено, что эти изменения были реализованы лишь частично, поскольку носили рекомендательный характер [7].

Третий период – зонально-дифференцированный (2024–2026 гг.) – знаменует кардинальные перемены. Законодатель отказался от «уравнительного» подхода, закрепив в подзаконных актах обязательное применение повышающих

Таблица 3

**Периодизация развития института государственной поддержки
аграрного землепользования**

Table 3

**Periodization of the development of the state support institution
for agricultural land use**

Период (годы)	Название этапа	Ключевая характеристика	Основной механизм
2013–2020	Компенсирующий	Уравнительное распределение субсидий без учета зональной специфики	Несвязанные субсидии на 1 га, субсидирование процентной ставки
2021–2023	Переходный	Декларирование принципов адресности и зонирования, пилотные проекты	Рекомендательные методики агроклиматического зонирования
2024–2026	Зонально-дифференцированный	Обязательное применение зональных коэффициентов (до 2,0 для депрессивных зон)	Субсидии, дифференцированные по агроклиматическим зонам

коэффициентов для депрессивных агроклиматических зон (коэффициент – 2,0). Субсидии на 1 га пашни в депрессивных зонах составили 3,6 тыс. руб. против 1,8 тыс. руб. в благоприятных зонах⁵. Как отмечает В.И. Нечаев, переход к инновационной модели аграрного производства требует не только финансовых вливаний, но и создания институциональных условий для технологической модернизации [13].

В результате исследований установлено, что государственная поддержка земледельцев сельскохозяйственных земель в Российской Федерации в 2020–2026 гг. прошла путь от уравнилельно-компенсирующей модели к зонально-дифференцированной. Доктрина продовольственной безопасности 2020 г. заложила принципиально новые подходы, однако их фактическая реализация заняла почти 4 года и столкнулась с сопротивлением на региональном уровне.

Выводы

Conclusions

В ходе проведенных исследований были получены следующие основные результаты, имеющие научную и практическую значимость.

Выявлена и проинтерпретирована динамика объемов и эффективности государственной поддержки. Установлено, что рост абсолютных объемов субсидий не сопровождается пропорциональным ростом продуктивности в депрессивных регионах. Окупаемость субсидий в депрессивных зонах составляет 0,9 руб. прироста на 1 руб. субсидий, что свидетельствует о недостаточности объемов поддержки для преодоления порога рентабельности.

Обоснована необходимость агроклиматического зонирования как юридически значимого фактора дифференциации субсидий. Показано, что внедрение повышающих коэффициентов для депрессивных зон (2,0) является вынужденной мерой, направленной на сохранение сельскохозяйственного производства и социальной инфраструктуры на этих территориях. Данный вывод объясняет, почему законодатель в итоге избрал гибридную модель (базовая поддержка + зональные коэффициенты), а не единые нормативы для всех регионов.

Сформулировано авторское понятие «эффективность государственной поддержки землепользования» применительно к условиям экономической нестабильности. Под этим понимается отношение прироста валовой продукции сельского хозяйства (в натуральном или стоимостном выражении) к объему бюджетных субсидий, скорректированное с учетом балла бонитета почв и агроклиматического индекса территории. Введение этого показателя позволяет более точно оценивать результативность бюджетных расходов и служит основой для совершенствования механизмов распределения субсидий.

Предложена авторская периодизация развития института государственной поддержки аграрного землепользования. Выделены три последовательных периода: компенсирующий (2013–2020), переходный (2021–2023) и зонально-дифференцированный (2024–2026). Периодизация демонстрирует эволюцию от уравнилельного подхода к зонально-дифференцированному, где ключевым трендом являются внедрение агроклиматического зонирования и попытка перехода к стимулирующим, а не компенсирующим механизмам.

⁵ Сельское хозяйство в России. 2025: Статистический сборник / Федеральная служба государственной статистики (Росстат). М., 2025. 81 с. URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/S_x_2025.pdf (дата обращения: 10.05.2026).

Разработаны конкретные законодательные предложения, направленные на устранение выявленных правовых пробелов и асимметрии, а именно:

1. Рекомендовать Минсельхозу России дополнить методику распределения не-связанной поддержки обязательным условием: субсидия на 1 га в депрессивной зоне предоставляется только при условии заключения соглашения с землепользователем о достижении минимального прироста урожайности (не менее 3% в год для растениеводческих хозяйств).

2. Внести изменения в Федеральный закон № 264-ФЗ «О развитии сельского хозяйства», закрепив в ст. 7 понятие «агроклиматическая зона» и обязательность применения зональных коэффициентов при расчете субсидий, предоставляемых из федерального бюджета.

3. Дополнить Доктрину продовольственной безопасности показателем «Окупаемость субсидий» (прирост продукции на 1 руб. субсидий) с целевым индикатором для депрессивных зон не менее 1,2 руб/руб.

Список источников

1. Алтухов А.И. *Обеспечение продовольственной безопасности страны в условиях зарубежных санкций* // Россия: тенденции и перспективы развития: Ежегодник: материалы XV Международной научной конференции «Модернизация России: ключевые проблемы и решения». Том Выпуск 10, Часть I. Москва: Институт научной информации по общественным наукам РАН, 2015. С. 215–219. EDN: UDCWUR

2. Мирошниченко Т.А. Повышение финансовой инклюзии для малого агробизнеса как фактор устойчивого развития сельских территорий // *Вестник Забайкальского государственного университета*. 2022. Т. 28, № 5. С. 93–100. <https://doi.org/10.21209/2227-9245-2022-28-5-93-100>

3. Чепик О.В. *Финансовый механизм государственного регулирования и поддержки сельского хозяйства*. М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021. 274 с.

4. Ушачев И.Г. Стратегические направления обеспечения продовольственной безопасности России // *Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий*. 2022. № 5. С. 7–11. EDN: RYWWEF

5. Папцов А.Г. *Государственная поддержка сельского хозяйства в зарубежных странах*. М.: ВНИИЭСХ, 2022. 150 с.

6. Огарков А.П. *Социально-экономические и экологические проблемы аграрного природопользования*. М.: Инфра-М, 2020. 256 с.

7. Маслова В.В., Силаева Л.П., Авдеев М.В. Развитие государственной поддержки сельского хозяйства: региональный аспект // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024. № 12(118). С. 51–59. <https://doi.org/10.33938/2412-51>

8. Волков С.Н. *Землеустройство*. М.: ГУЗ, 2013. 992 с.

9. Голова Е.Е., Блинов О.А. Государственная поддержка сельского хозяйства в условиях геополитических вызовов // *Экономика, предпринимательство и право*. 2023. Т. 13, № 9. С. 3555–3576. <https://doi.org/10.18334/epp.13.9.119150>

10. Польшакова Н.В., Коломейченко А.С. Анализ эффективности использования земельных ресурсов на основе инновационных технологий // *Управление экономическими системами: Электронный научный журнал*. 2015. № 11(83). С. 10–18. EDN: VLPESF

11. Суханова И.Ф., Брызгалин Т.В. Экспортный потенциал расширенного воспроизводства продовольствия России в условиях эскалации экономических санкций и ограничений // *АПК: экономика, управление*. 2023. № 4. С. 60–72. <https://doi.org/10.33305/234-60>

12. Сагина О.А. Управление государственной поддержкой сельского хозяйства и сельских территорий: ключевые аспекты и вызовы // *Вестник НГИЭИ*. 2024. № 2 (153). С. 93–101. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2024-2-93-101>
13. Нечаев В.И., Бирман В.Ф., Санду И.С., Бершицкий Ю.И. и др. *Организация инновационной деятельности в АПК*. Москва: Издательство КолосС, 2012. 296 с.
14. Серова Е.В. *Аграрная экономика*. М.: Издательский дом ВШЭ, 1999. 480 с.
15. Буздалов И.Н. Господдержка сельского хозяйства и перекачка: запредельный дисбаланс и его последствия // *Экономическая наука современной России*. 2013. № 4 (63). С. 94–103. EDN: RVFFXX
16. Samogin D.Yu. Models of payback of subsidies in agrarian business. *Russian Journal of Management*. 2020;8(2):6-10. <https://doi.org/10.29039/2409-6024-2020-8-2-6-10>

References

1. Altukhov A.I. Ensuring food security of the country in the context of international sanctions. In: *Rossiya: tendentsii i perspektivy razvitiya. XV Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya 'Modernizatsiya. Rossii: klyuchevye problemy i resheniya'. December 18-19, 2014. Volume 10, Part I*. Moscow, Russia: Institute of Scientific Information on Social Sciences of the Russian Academy of Sciences, 2015:215-219. (In Russ.)
2. Miroshnichenko T.A. Increasing financial inclusion for small agribusiness as the basis for the sustainable development of rural areas. *Transbaikal State University Journal*. 2022;28(5):93-100. (In Russ.) <https://doi.org/10.21209/2227-9245-2022-28-5-93-100>
3. Chepik O.V. *Financial mechanism of state regulation and support of agriculture*. Moscow, Russia: Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, 2021:274. (In Russ.)
4. Ushachev I.G. Strategies for ensuring food security in Russia. *Economy of Agricultural and Processing Enterprises*. 2022;(5):7-11. (In Russ.)
5. Paptsov A.G. *State support of agriculture in foreign countries*. Moscow, Russia: VNIIESH, 2022:150. (In Russ.)
6. Ogarkov A.P. *Socio-economic and environmental problems of agricultural nature management*. Moscow, Russia: Infra-M Publishing House, 2020:256. (In Russ.)
7. Maslova V.V., Silaeva L.P., Avdeev M.V. The development of state support for agriculture: the regional aspect. *Economy, labor, management in agriculture*. 2024;12:51-59. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/2412-51>
8. Volkov S.N. *Land management*. Moscow, Russia: State University of Land Use Planning, 2013:992. (In Russ.)
9. Golova E.E., Blinov O.A. State support for agriculture amidst geopolitical challenges. *Journal of Economics, Entrepreneurship and Law*. 2023;13(9):3555-3576. (In Russ.) <https://doi.org/10.18334/epp.13.9.119150>
10. Polshakova N.V., Kolomeichenko A.S. Analysis of the efficiency of land resource use based on innovative technologies. *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektronniy nauchniy zhurnal*. 2015;(11(83)):10. (In Russ.)
11. Sukhanova I.F., Bryzgalin T.V. Export potential of expanded food reproduction in Russia amid escalating economic sanctions and restrictions. *AIC: Economics, Management*. 2023;(4):60-72. (In Russ.) <https://doi.org/10.33305/234-60>
12. Sagina O.A. Management of state support to agriculture and rural territories: key aspects and challenges. *Vestnik NGIEI*. 2024;(2(153)):93-101. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2024-2-93-101>

13. Nechaev V.I., Birman V.F., Sandu I.S., Bershitsky Yu.I. et al. *Organization of innovative activities in the agro-industrial complex*. Moscow, Russia: KolosS Publishing House, 2012:296. (In Russ.)

14. Serova E.V. *Agrarian economy*. Moscow, Russia: National Research University Higher School of Economics, 1999:480. (In Russ.)

15. Buzdalov I.N. State support and money repumping: disbalance and its consequences. *Economics of Contemporary Russia*. 2013;(4(63)):94-104. (In Russ.)

Samogin D.Yu. Models of payback of subsidies in agrarian business. *Russian Journal of Management*. 2020;8(2):6-10. <https://doi.org/10.29039/2409-6024-2020-8-2-6-10>

Сведения об авторе

Машуков Ильяс Юнусович, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации»; 119571, Российская Федерация, г. Москва, вн. тер. г. муниципальный округ Тропарево-Никулино, пр-кт Вернадского, 82, стр. 1; e-mail: mashukov.ilyas@yandex.ru

Information about the author

Ilyas Yu. Mashukov, Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration; 82/1 Vernadskogo Ave., Moscow, 119571, Russian Federation; e-mail: mashukov.ilyas@yandex.ru

ЭКОНОМИКА

**Чистые активы как индикатор финансовой устойчивости
животноводческих предприятий**

**Оксана Викторовна Мощенко^{1✉}, Александр Юрьевич Усанов¹,
Анастасия Сергеевна Бабанская¹, Маргарита Роор²**

¹ Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Москва, Российская Федерация

² Университет Валенсии, Испания

✉ Автор, ответственный за переписку: OVMoshchenko@fa.ru

Аннотация

Современное развитие аграрного сектора Российской Федерации сопровождается высоким уровнем неопределенности, что связано с изменчивостью макроэкономической среды, колебаниями рыночной конъюнктуры и необходимостью адаптации предприятий к требованиям устойчивого развития. В этих условиях возрастает потребность в инструментах, позволяющих быстро и объективно оценивать реальное финансовое положение организаций. Одним из ключевых индикаторов, отражающих долгосрочную способность предприятия к функционированию, являются чистые активы, динамика которых служит важным критерием финансовой устойчивости. Цель исследований заключается в разработке и апробации модели оценки устойчивости чистых активов сельскохозяйственных предприятий, учитывающей отраслевую принадлежность, территориальное расположение и возраст компаний. В отличие от универсальных методик, традиционно используемых в промышленности и финансовом секторе, предложенный подход ориентирован на специфику агропромышленного комплекса, что повышает точность и практическую значимость анализа. Разработанная модель сочетает доступность и простоту применения с возможностью выявления ключевых рисков и потенциальных дисбалансов в структуре активов и обязательств. Она базируется на совокупности финансовых показателей (чистая прибыль, выручка, величина обязательств) и нефинансовых параметров (возраст предприятия, региональная специфика), что позволяет получить интегральную оценку устойчивости. Результаты апробации показали, что модель надежно выполняет функцию экспресс-диагностики, позволяя оперативно классифицировать сельскохозяйственные предприятия по уровням устойчивости и выделять группы с повышенными рисками. При этом ее применение открывает возможности как для управленческих решений внутри компаний, так и для органов государственной власти и кредитных организаций, заинтересованных в объективной оценке финансового положения аграрного сектора.

Ключевые слова

чистые активы, устойчивость, животноводство, чистая прибыль, выручка, обязательства

Для цитирования

Мощенко О.В., Усанов А.Ю., Бабанская А.С., Роор М. Чистые активы как индикатор финансовой устойчивости животноводческих предприятий // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2026. № 3. С. 201–219.

Net assets as an indicator of financial sustainability of livestock enterprises

Oksana V. Moshchenko¹✉, Aleksandr Y. Usanov¹,
Anastasia S. Babanskaya¹, Margarita Rohr²

¹Financial University under the Government of the Russian Federation,
Moscow, Russian Federation

²University of Valencia, Spain

✉Corresponding author: OVMoshchenko@fa.ru

Abstract

The current development of the agricultural sector in the Russian Federation is accompanied by a high level of uncertainty, driven by the volatility of the macroeconomic environment, fluctuations in market conditions, and the need for enterprises to adapt to the requirements of sustainable development. Under these conditions, there is a growing demand for tools that allow for a rapid and objective assessment of the actual financial position of enterprises. One of the key indicators reflecting the long-term operational capacity of an enterprise is net assets, the dynamics of which serve as an important criterion of financial sustainability. The aim of this study is to develop and test a model for assessing net asset sustainability of in agricultural enterprises, taking into account industry affiliation, geographical location, and company age. In contrast to universal methodologies traditionally used in industry and the financial sector, the proposed approach is tailored to the specific characteristics of the agro-industrial sector, thereby enhancing the accuracy and practical relevance of the analysis. The developed model combines accessibility and ease of application with the ability to identify key risks and potential imbalances in the structure of assets and liabilities. It is based on a set of financial indicators (net profit, revenue, liabilities) and non-financial parameters (enterprise age, regional specifics), allowing for an integrated sustainability assessment. The results of the testing demonstrate that the model reliably performs the function of rapid diagnostics, enabling the classification of agricultural enterprises by sustainability levels and the identification of groups with elevated risks. Its application offers opportunities for both internal management decisions within companies and for government authorities and credit institutions interested in an objective assessment of the financial position of the agricultural sector.

Keywords

net assets, sustainability, livestock farming, net profit, revenue, liabilities

For citation

Moshchenko O.V., Usanov A.Yu., Babanskaya A.S., Rohr M. Net assets as an indicator of financial sustainability of livestock enterprises. *Izvestiya of Timiryazev Agricultural Academy*. 2026;(3):201–219.

Введение

Introduction

Цель исследований заключается в разработке и обосновании прикладной модели оценки устойчивости чистых активов животноводческих предприятий, которая позволит поддерживать принятие управленческих решений в аграрном секторе, выявлять зоны потенциального риска и проводить экспресс-диагностику финансового состояния на основе данных бухгалтерской (финансовой) отчетности.

Среди ключевых задач отмечены: обоснование отраслевых факторов, влияющих на оценку чистых активов; разработка модели (интегрального индекса) устойчивости чистых активов; апробация и оценка ее применимости на примере животноводческих предприятий России.

Объектом исследований являются финансово-экономические показатели животноводческих предприятий как субъектов аграрного сектора экономики, в том числе отражаемые в бухгалтерской (финансовой) отчетности.

В качестве предмета исследований выступают чистые активы животноводческих предприятий как ключевой индикатор их финансовой устойчивости, а также факторы, влияющие на их динамику и стабильность (отраслевая специфика, региональные особенности, возраст организации).

Исследования базируются на трудах отечественных экономистов, законодательных и нормативных актах Министерства финансов РФ, а также на международных стандартах финансовой отчетности. Обоснование модели выполнено с учетом специфики животноводческих подотраслей, территориальной неоднородности аграрного производства и жизненного цикла предприятий.

В мировой практике термин «чистые активы» чаще используется как синоним собственного капитала (equity) либо чистого имущества (net worth). В соответствии с Международными стандартами финансовой отчетности (IAS1 Presentation of Financial Statements) капитал определяется как остаточный интерес в активах организации после вычета всех обязательств¹. В странах Европейского союза контроль за величиной собственного капитала связан с доктриной сохранения капитала (capital maintenance), закрепленной в корпоративном законодательстве ЕС². В акционерных обществах действует требование о недопустимости снижения собственного капитала ниже минимального уровня, что обеспечивает правовую защиту кредиторов.

В Соединенных Штатах Америки в рамках стандартов US GAAP используется понятие Net Assets, особенно применительно к некоммерческим организациям. В аграрном секторе США действует специальный стандарт ASC905 Agriculture, который учитывает специфику биологических активов (посевы, животные)³. Контроль за величиной чистых активов в сельском хозяйстве тесно связан с практикой кредитных организаций и государственных агентств, предоставляющих льготное финансирование фермерам.

В исследованиях международных организаций (FAO, Всемирный банк) показатель чистых активов (Net Worth) трактуется как важнейший индикатор устойчивости фермерских хозяйств. При этом особое внимание уделяется стоимости земли и биологических активов как ключевых факторов финансовой устойчивости аграрного сектора [1]. В странах Латинской Америки (например, в Бразилии и Аргентине) чистые активы рассматриваются как индикатор инвестиционной привлекательности сельхозпредприятий и используются при принятии решений о предоставлении субсидий и кредитов.

В российской практике показатель «чистые активы» закреплен нормативно. Согласно приказу Минфина РФ от 28 августа 2014 г. № 84н «Об утверждении порядка определения стоимости чистых активов» величина чистых активов рассчитывается как разница между принимаемыми к расчету активами и обязательствами

¹ International Accounting Standard 1: Presentation of Financial Statements. URL: <https://www.ifrs.org/content/dam/ifrs/publications/pdf-standards/english/2022/issued/part-a/ias-1-presentation-of-financial-statements.pdf?bypass=on> (дата обращения: 16.11.2025).

² Directive (EU) 2017/1132 of the European parliament and of the council of 14 June 2017 URL: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32017L1132> (дата обращения: 16.11.2025).

³ FASB. ASC905 Agriculture / FASB. Financial Accounting Standards Board, 2020.

организации⁴. Для акционерных обществ предусмотрено ограничение: если стоимость чистых активов становится ниже уставного капитала, необходимо принять меры по его уменьшению или ликвидации предприятия⁵.

Таким образом, зарубежная регуляторная практика характеризуется акцентом на поддержании минимального уровня собственного капитала и обязательном аудиторском контроле, в то время как отечественная система опирается на нормативное регулирование расчета чистых активов и увязку данного показателя с правовым статусом предприятия.

Актуальность исследования чистых активов в качестве индикатора финансовой устойчивости животноводческих предприятий обусловлена спецификой аграрного сектора, где длительные производственные циклы, сезонность и зависимость от биологических активов формируют особые требования к оценке финансового состояния. Анализ современной научной литературы позволяет выделить ключевые теоретические и прикладные аспекты данной проблемы.

В работах последних лет активно разрабатываются подходы к расчету и интерпретации показателя чистых активов. Так, М.К. Грибань [2] обосновывает применимость метода чистых активов для оценки бизнеса в современных условиях, подчеркивая его значимость как индикатора реального финансового положения организации. Е.В. Волкова и В.В. Жалнин [3] исследуют механизмы управления рисками снижения величины чистых активов, акцентируя внимание на роли регламентации корпоративных прав в непубличных компаниях. В трудах Р. Brusov и Т. Filatova [4] предложен качественно новый подход к оценке стоимости бизнеса, учитывающий взаимосвязь капитала, рентабельности и интегральной ценности компании, который может быть адаптирован для расчета стоимости чистых активов в аграрном секторе.

Для животноводческих предприятий особую значимость приобретает учет отраслевых особенностей при анализе чистых активов. Р.У. Гусманов с соавт. [5] демонстрирует эффективность многомерных методов моделирования использования основного капитала в аграрном производстве, что позволяет более точно оценивать вклад биологических активов в общую величину чистых активов. Однако такой подход имеет ограничения при совмещении компаниями нескольких видов деятельности. М.К. Чистякова и коллеги [6] разрабатывают концептуальный подход к оценке финансового состояния сельскохозяйственных организаций, включающий в себя специфические индикаторы, релевантные для животноводства. М.А. Измайлова и Ю.Н. Брагинцев [7] анализируют тенденции развития агробизнеса в условиях новых вызовов, подчеркивая необходимость адаптации традиционных финансовых показателей к реалиям современного животноводства.

С.В. Щурина [8] исследует возможности государства по продвижению фермерства и сельской кооперации, что напрямую отражается на финансовом состоянии животноводческих предприятий, величине и структуре их активов. О.В. Лосева с соавт. [9] предлагает модель оценки стоимости цифровых интеллектуальных активов, которая может быть применена для учета нематериальных активов в структуре чистых активов аграрных предприятий.

Достоверность оценки чистых активов во многом зависит от качества учетно-аналитического обеспечения и внутреннего контроля, что отражено в работах

⁴ Об утверждении Порядка определения стоимости чистых активов: Приказ Минфина России от 28 августа 2014 г. № 84н (зарег. в Минюсте России 14 октября 2014 г. № 34299) // КонсультантПлюс.

⁵ Об акционерных обществах: Федеральный закон от 26 декабря 1995 г. № 208-ФЗ // КонсультантПлюс.

А.С. Babanskaya и соавт. [10], А.Н. Ряховской и М.В. Мельник [11]. Е.Б. Герасимова [12] предлагает стандартизированный подход к анализу устойчивости деятельности организации, что позволяет унифицировать методику расчета чистых активов и повысить сопоставимость результатов между предприятиями.

Мы разделяем позицию авторов, которые обращают внимание на то, что важно учитывать региональные особенности и макроэкономические факторы. Так, М.Н. Семиколенова с соавт. [13] акцентирует внимание на взаимосвязи финансовой устойчивости сельскохозяйственных организаций с региональной экономической безопасностью. Авторы подчеркивают, что в условиях внешних вызовов показатели, отражающие реальное финансовое положение предприятий (включая чистые активы), становятся важнейшими индикаторами стабильности всего агропромышленного комплекса. Исследования Р.А. Мигунова и коллег [14], О.В. Кочетыговой и соавт. [15] помогают понять влияние территориальной специфики на формирование чистых активов животноводческих предприятий. И.С. Мокрышев [16] обращает внимание на пространственную неоднородность потенциала регионов, что объясняет различия в структуре чистых активов аграрных организаций.

Ряд авторов отмечает взаимосвязь параметров устойчивого развития с изменением стоимости чистых активов. Так, в исследованиях И.Ю. Новоселовой и А.Л. Новоселова показано, что инвестиции в техническое обновление напрямую связаны с ростом ESG-рейтинга компаний и формированием стоимости их чистых активов [17]. Исследование А. Glushetskiy [18] демонстрирует разнообразие подходов к оценке корпоративных активов в условиях правовых реформ. В исследованиях финансового развития подчеркивается роль транзакционных и агентских издержек финансового посредничества в формировании устойчивости капитала хозяйствующих субъектов [19]. По мнению К.В. Криничанского и соавторов включение коэффициента финансовой независимости в интегральный индекс связано со значением структуры капитала для устойчивости чистых активов. Использование дихотомии «долг-капитал» нередко формирует формалистский подход к классификации финансовых инструментов, не обеспечивающий четкого разграничения распределения риска и вознаграждения [20].

Таким образом, теоретическая база исследований объединяет финансово-аналитические, институциональные и ESG-компоненты, что позволяет рассматривать чистые активы не только как показатель финансовой устойчивости, но и как интегральный индикатор устойчивого развития сельскохозяйственных предприятий.

В результате теоретического обзора научной литературе можно выделить несколько проблем: во-первых, слабая репрезентативность эмпирических исследований (чаще региональные выборки); во-вторых, необходимость адаптации методик расчета чистых активов к отраслевой специфике животноводства.

В статье предложена и обоснована модель оценки устойчивости чистых активов сельскохозяйственных предприятий, учитывающая отраслевую специфику, региональные различия и возраст организаций, что обеспечивает ее прикладную ценность. Модель позволяет на основе доступных данных бухгалтерской отчетности проводить экспресс-оценку финансового состояния и выявлять зоны потенциального риска. Полученные результаты подтверждают возможность применения модели как инструмента первичной диагностики и поддержки управленческих решений в аграрном секторе.

Цель исследований: разработка и обоснование прикладной модели оценки устойчивости чистых активов животноводческих предприятий, которая позволит поддерживать принятие управленческих решений в аграрном секторе, выявлять зоны потенциального риска и проводить экспресс-диагностику финансового состояния на основе данных бухгалтерской (финансовой) отчетности.

Методика исследований

Research method

Описание статистической выборки. В выборочную совокупность вошли все действующие животноводческие предприятия России, сгруппированные по видам деятельности (основной ОКВЭД: 01.41, 01.46, 01.47) и величине чистых активов. При формировании выборочной совокупности не учитывались индивидуальные предприниматели и крестьянские (фермерские) хозяйства (КФХ). В таблице 1 представлены данные по видам деятельности аграрных организаций с распределением по величине чистых активов за 2020 и 2024 гг. по данным СПАРК-ИНТЕРФАКС. В качестве основных секторов выступают разведение молочного крупного рогатого скота и производство сырого молока (880 организаций), свиноводство (169 организаций) и птицеводство (328 организаций).

Структура по величине активов демонстрирует, что молочное животноводство остается наиболее массовым направлением, однако в нем преобладают компании с относительно невысоким уровнем активов: за 2024 г. 213 предприятий (24,2%) с чистыми активами до 179 млн руб. и 512 (58,1%) в диапазоне 179 млн – 1 млрд руб. Лишь 156 (17,7%) животноводческих молочных предприятий вышли на уровень крупных хозяйств с активами более 1 млрд руб., что указывает на отсутствие целостности и неоднородность отрасли.

Таблица 1

Распределение чистых активов по видам экономической деятельности животноводческих предприятий России за 2024 г., число предприятий
(расчеты авторов по данным СПАРК-ИНТЕРФАКС)

Table 1

Distribution of net assets by type of economic activity of livestock enterprises in Russia for 2024 (number of enterprises)
[authors' calculations based on SPARK-INTERFAX data]

Виды деятельности	Всего	Чистые активы, руб.					
		до 179 млн		179 млн-1млрд		более 1 млрд	
		2020	2024	2020	2024	2020	2024
Разведение молочного крупного рогатого скота, производство сырого молока	880	332	213	456	512	92	156
Доля в сегменте, %	100	37,7	24,2	51,8	58,1	10,5	17,7
Разведение свиней	169	43	34	58	65	68	70
Доля в сегменте, %	100	25,4	20,1	34,3	38,5	40,2	41,4
Разведение сельскохозяйственной птицы	328	144	98	108	112	76	118
Доля в сегменте, %	100	43,9	29,9	32,9	34,1	23,2	36,0

При анализе динамики чистых активов с 2020 по 2024 гг. в разрезе разных групп животноводческих предприятий наблюдаются процессы концентрации и укрепления уровня финансовой устойчивости. По всем подотраслям животноводства увеличивается доля предприятий с чистыми активами более 1 млрд руб., наибольший рост наблюдается по птицеводству и молочному скотоводству (КРС) – на 12,8 и 7,2% соответственно.

Если рассматривать структуру предприятий по чистым активам за 2024 г., то сектор свиноводства выглядит более сбалансированным: при меньшем общем числе компаний (169) наблюдается значительная доля крупных предприятий – более 41% от всей выборки по данному направлению. Это подтверждает процесс концентрации капитала и укрупнения свиноводческих комплексов, которые за последние годы стали одними из наиболее инвестиционно-привлекательных в аграрном секторе. Средние хозяйства (38,5% компаний с активами от 179 млн до 1 млрд руб.) также играют значимую роль, обеспечивая устойчивость сегмента.

В птицеводстве (328 компаний) структура распределена относительно равномерно: 98 (29,9%) предприятий с низким уровнем активов, 112 (34,1%) – со средним и 118 (36,0%) – с крупным. Это показывает, что отрасль сочетает как значительное количество мелких производителей, так и развитый сегмент крупных интегрированных холдингов. В отличие от молочного животноводства здесь присутствует устойчивая диверсификация, обеспечивающая гибкость отрасли и ее способность адаптироваться к рыночной и геополитической нестабильности.

В целом анализ данных таблицы 1 выявляет закономерность: чем выше уровень технологичности и индустриализации подотрасли (свиноводство, птицеводство), тем больше доля крупных компаний и выше концентрация капитала. В молочном же секторе, напротив, доминирует мелкий и средний бизнес, что ограничивает его конкурентоспособность на фоне растущего импортозамещения и экспорта. Это различие объясняет неоднородность динамики развития агропромышленного комплекса и задает направления для государственной поддержки: консолидация и модернизация молочного животноводства при сохранении устойчивости капиталоемких отраслей свиноводства и птицеводства.

Поправки на отраслевую специфику при оценке чистых активов. Показатель чистых активов в сельском хозяйстве формируется под воздействием как внутренних, так и внешних факторов (рис. 1).

К числу внутренних относится в первую очередь возраст организации, определяющий накопленный объем собственного капитала, степень обновления основных средств и эффективность управленческих решений.

На ранних стадиях жизненного цикла (до 5–7 лет) большинство сельскохозяйственных предприятий характеризуются низкой величиной чистых активов вследствие ограниченности стартового капитала и высокой зависимости от заемных источников финансирования. По мере накопления внеоборотных активов, главным образом земельных участков, сельскохозяйственной техники и зданий, а также при условии реинвестирования прибыли показатель чистых активов демонстрирует устойчивый рост, что наиболее характерно для организаций среднего возраста (10–20 лет функционирования).

Вместе с тем на поздних стадиях (старше 30 лет) часто проявляется проблема «старения» активов: износ основных средств и снижение продуктивности биологических активов ограничивают дальнейшее наращивание чистых активов без значительных вложений в модернизацию.

Таким образом, зависимость уровня чистых активов от возраста предприятия носит нелинейный характер, отражая особенности жизненного цикла организации.

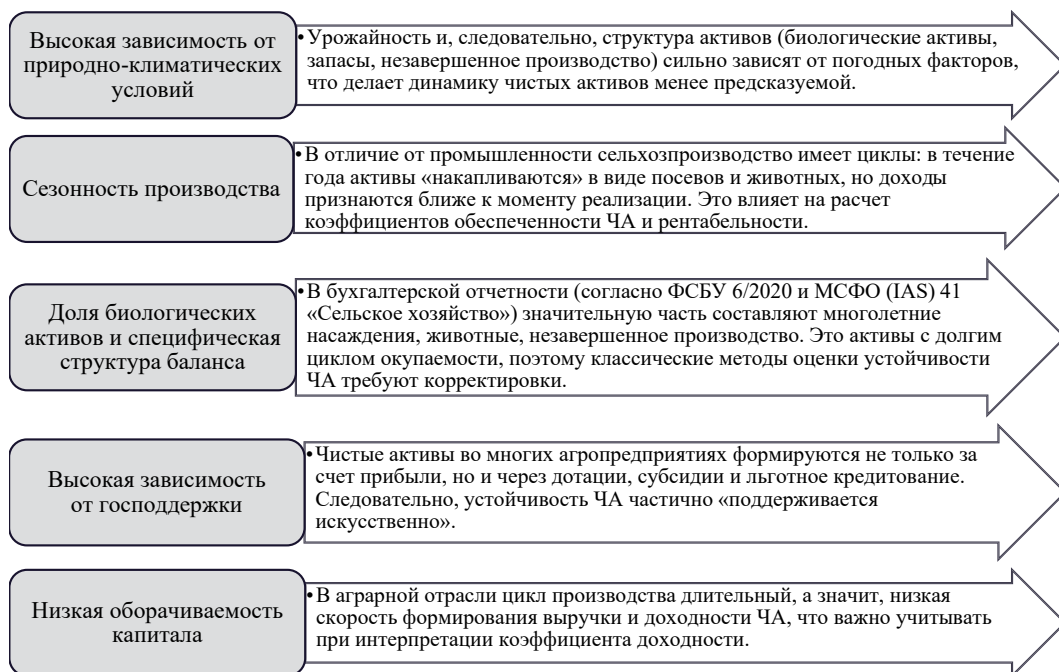


Рис. 1. Специфика сельского хозяйства, влияющая на оценку чистых активов (составлено авторами по данным [6, 10, 13])

Figure 1. Specific features of agriculture affecting the assessment of net assets [compiled by the authors based on data from 6, 10, 13]

Наряду с возрастом важнейшим внешним фактором, по мнению Мигунова и др. [14], Мокрышева [16], Кочетыговой и соавт. [15], является территориальная локализация предприятия. На основе исследований с учетом природно-климатических, экономических и технологических факторов предлагается учитывать региональные признаки с подразделением всех зон на благоприятные, рисковые и неблагоприятные регионы (табл. 2).

Животноводческие организации России демонстрируют заметную региональную дифференциацию (табл. 2). Наибольшая концентрация компаний приходится на рисковую группу, которую формируют регионы Поволжья, Урала и Сибири, где зарегистрировано 723 предприятия. Эти территории обладают значительным ресурсным потенциалом, однако в силу климатических и институциональных ограничений не достигают уровня регионов-лидеров. В благоприятных регионах сконцентрировано 42,5% исследуемых животноводческих предприятий. Совокупно здесь сосредоточено 585 предприятий, что подтверждает их высокий аграрный и инвестиционный потенциал, наличие развитой инфраструктуры и благоприятных климатических условий. Наименее развитая категория – неблагоприятные регионы, куда входят восточные и северные территории (Амурская, Магаданская, Сахалинская области, Приморский и Хабаровский края, Мурманская область, Карелия, Коми). Здесь представлено всего 69 компаний (5%), что обусловлено суровыми природными условиями, ограниченным рынком сбыта и высокой себестоимостью производства.

Таким образом, пространственная структура аграрного бизнеса России показывает высокую поляризацию: ядро конкурентоспособных предприятий сосредоточено в центральных и южных регионах, тогда как отдаленные территории остаются на периферии аграрного развития.

**Группировка животноводческих организаций
по региональному признаку за 2024 г.**
(расчеты авторов по данным СПАРК-ИНТЕРФАКС)

Table 2

Grouping of livestock enterprises by regional affiliation for 2024
[authors' calculations based on SPARK-INTERFAX data]

Группа	Регионы	Число компаний	Доля, %
Благоприятные регионы	Центральный и Центрально-Черноземный экономические районы, часть Северо-западного и Северо-Кавказского районов (Краснодарский край, Республика Татарстан, Белгородская, Воронежская, Ленинградская, Московская, Липецкая области и др.)	585	42,5
Рисковые регионы	Уральский экономический район, южная часть Северо-Кавказского и Сибирского, Волго-Вятский и Поволжский районы (Нижегородская, Новосибирская, Оренбургская, Ростовская Самарская, Саратовская, Свердловская области, Пермский край, Дагестан, Башкортостан и др.)	723	52,5
Неблагоприятные регионы	Дальневосточные, северные, часть сибирских экономических районов (Амурская, Магаданская, Сахалинская области, Приморский край, Хабаровский край, Мурманская область, Карелия, Коми и др.)	69	5,0

Следует также отметить, что значимую роль в формировании чистых активов играет государственная поддержка. Прямые субсидии (на гектар пашни, на производство молока, на кормовую базу) обеспечивают сохранение положительного значения чистых активов, предотвращая их снижение до критических уровней. Инвестиционные механизмы (льготное кредитование, компенсации затрат на приобретение техники и оборудования) способствуют увеличению внеоборотных активов и, как следствие, росту чистых активов. При этом характер воздействия поддержки неоднороден: для молодых организаций в инвестиционно-привлекательных регионах она становится катализатором ускоренного роста чистых активов, тогда как для старых хозяйств в менее развитых территориях субсидии часто носят компенсаторный характер, обеспечивая лишь сохранение текущего уровня без создания базы для долгосрочного развития. Следовательно, зависимость уровня чистых активов сельскохозяйственных организаций от возраста и места их расположения опосредована государственной поддержкой, которая способна как усиливать положительный эффект накопления капитала, так и сглаживать негативное влияние региональных и нормативно-правовых ограничений.

Модель оценки чистых активов с учетом отраслевой специфики. В качестве исходной базы использована выборка российских животноводческих предприятий

из информационной системы СПАРК. Была разработана упрощенная модель устойчивости чистых активов, включающая в себя:

1. Базовые финансовые коэффициенты – показатели, отражающие структуру и устойчивость чистых активов

1. K_1 = Чистые активы/Обязательства – платежеспособность.

2. K_2 = Чистые активы/Валюта баланса – финансовая независимость.

3. K_3 = Чистые активы/Выручка – капиталоемкость выручки.

4. K_4 = Чистые активы/Чистая прибыль – срок окупаемости чистых активов.

Эти коэффициенты нормируются (через шкалу: низкий, средний, высокий уровни).

2. Корректирующие факторы

А). ОКВЭД (вид деятельности в сельском хозяйстве). Предлагаем ввести в модель коэффициент отраслевой специфики (*Котрасль*) с учетом уровня концентрации чистых активов в животноводческих предприятиях:

– молочное животноводство – 0,9 (снижение оценки устойчивости);

– свиноводство – 1,1 (повышение оценки);

– птицеводство – 1,0 (нейтрально).

Б). Региональный коэффициент (*Крегион*), с учетом уровня рисков распределения животноводческих организаций по региональному признаку:

– благоприятные регионы (Краснодарский край, Белгородская, Воронежская, Ленинградская области и др.) – коэффициент 1,1;

– рискованные регионы (Поволжье, Урал, часть Сибири) – коэффициент 1,0;

– неблагоприятные регионы (Дальний Восток, Крайний Север) – коэффициент 0,8.

В). Возрастной коэффициент для организации (*Квозраст*):

– молодые (< 7 лет), характеризующиеся ограниченностью чистых активов, высокой зависимостью от кредитов, – коэффициент 0,9;

– средний возраст (10–20 лет), характеризующиеся наиболее устойчивой фазой накопления капитала, – коэффициент 1,1;

– старые (> 30 лет), характеризующиеся эффектом «старения активов», риском износа фондов – коэффициент 0,95.

Интегральный индекс устойчивости (I) рассчитывается как среднее нормированных коэффициентов, скорректированное на отраслевые, региональные и возрастные множители. Итоговый интегральный индекс устойчивости чистых активов рассчитывается по формуле (1):

$$I = \frac{(K_1 + K_2 + K_3 + K_4)}{4} \times K_{\text{отрасль}} \times K_{\text{регион}} \times K_{\text{возраст}} \quad (1)$$

где K_1 – K_4 – нормированные коэффициенты (шкала 0–2 балла);

Котрасль, *Крегион*, *Квозраст* – корректирующие множители.

Интерпретация итогового интегрального индекса выглядит следующим образом:

– $I < 0,8$ – низкая устойчивость ЧА (риск потери финансовой независимости);

– $0,8 \leq I < 1,2$ – средняя устойчивость (условно стабильное состояние);

– $I \geq 1,2$ – высокая устойчивость (надежная структура ЧА).

Результаты и их обсуждение

Results and discussion

Укрепление экономической ситуации в стране сопровождается ростом суммарной величины чистых активов животноводческих предприятий (рис. 2). Наибольшую положительную динамику чистых активов за 2021–2024 гг.

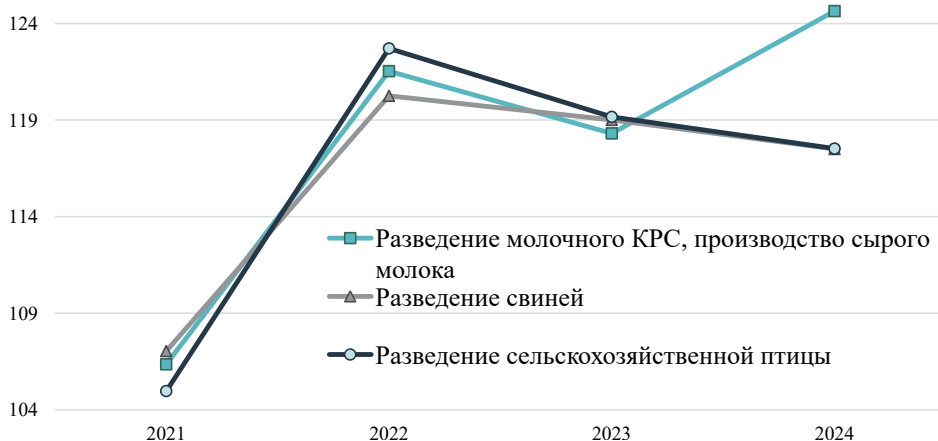


Рис. 2. Динамика суммарных чистых активов по видам экономической деятельности животноводческих предприятий России за 2021–2024 гг., базисные темпы роста к 2020 г., % (расчеты авторов по данным СПАРК-ИНТЕРФАКС)

Figure 2. Dynamics of total net assets by type of economic activity of livestock enterprises in Russia for 2021–2024 (base growth rates compared to 2020), % [authors' calculations based on SPARK-INTERFAX data]

демонстрируют предприятия, специализирующиеся на разведении молочного крупного рогатого скота и производстве сырого молока. Во многом это обусловлено мерами государственной поддержки и ростом спроса на молочную продукцию, стимулирующими поступательное развитие отрасли. Предприятия птицеводства и свиноводства имеют схожую динамику изменения чистых активов и в сравнении с результатами 2020 г. показывают умеренный рост суммарных чистых активов, не превосходящий 20%.

Результаты моделирования устойчивости чистых активов животноводческих предприятий за 2020 и 2024 гг. показали выраженную неоднородность в распределении компаний по уровням устойчивости (табл. 3). Почти 40% предприятий в 2024 г. демонстрируют средний уровень, 1/3 остается в зоне риска, и лишь 28% достигают высокой устойчивости. В динамике наблюдаются общее улучшение финансовой устойчивости и рост доли предприятий с ее высоким уровнем (22,1% в 2020 г., 28,0% в 2024 г.).

Таким образом, базовая картина отрасли формируется на фоне значительной сегментации, что подтверждает необходимость дифференцированных подходов к управлению финансовой устойчивостью.

Анализ отраслевых различий (табл. 4) позволяет выделить устойчивые сегменты (молочное животноводство и свиноводство), где интегральный индекс близок к единице, что соответствует границе устойчивости. Наиболее слабые позиции занимает птицеводство: средний индекс составил 0,71, что отражает системную проблему низкой маржинальности и высокой зависимости от внешних ценовых факторов. При этом отдельные крупные предприятия демонстрируют исключительные значения (АО «Петелинская птицефабрика» – индекс 2,0), что указывает на эффект масштаба и стратегическую роль вертикальной интеграции.

Региональная структура устойчивости свидетельствует о значимости институциональной среды (табл. 5). Компании, действующие в неблагоприятных регионах, показывают индекс 0,73, что существенно ниже среднероссийского уровня. Наоборот,

Таблица 3

**Распределение животноводческих компаний России
по уровню устойчивости чистых активов за 2024 г.
(расчеты авторов)**

Table 3

**Distribution of livestock companies in Russia
by level of net asset sustainability for 2024
[authors' calculations]**

Класс устойчивости	Количество компаний, ед.		Доля, %	
	2020 г.	2024 г.	2020 г.	2024 г.
Средняя устойчивость ЧА	503	545	36,5	39,6
Низкая устойчивость ЧА	566	443	41,1	32,2
Высокая устойчивость ЧА	304	386	22,1	28,0
Нет данных	4	3	0,3	0,2

Таблица 4

**Отраслевая структура устойчивости чистых активов
животноводческих компаний России за 2024 г.
(расчеты авторов)**

Table 4

**Industry structure of net asset sustainability
of livestock companies in Russia for 2024
[authors' calculations]**

Отраслевая группа	Количество компаний, ед.	Средний индекс I	Медианный индекс I
Разведение крупного рогатого скота	2	1,247	1,247
Молочное животноводство	866	1,017	1,069
Прочее животноводство	12	1,010	1,025
Птицеводство	328	0,710	0,712
Свиноводство	169	0,997	0,998

предприятия Центрального Черноземья и Северо-Запада в среднем приближаются к устойчивым значениям. Данный факт подтверждает, что территориальный фактор формирует существенные институциональные и логистические ограничения, снижающие уровень финансовой независимости.

В выборке выявлена отдельная группа предприятий с адресами регистрации, не поддающимися классификации по традиционным территориальным

Таблица 5

**Региональная структура устойчивости чистых активов крупнейших
животноводческих компаний России за 2024 г.**
(расчеты авторов)

Table 5

**Regional structure of net asset sustainability of the largest livestock companies
in Russia for 2024**
[authors' calculations]

Региональная группа	Количество компаний, ед.	Средний индекс I	Медианный индекс I
Благоприятный	157	0,976	0,990
Неблагоприятный	13	0,732	0,720
Не определено	430	0,905	0,950
Средний	777	0,958	0,990

признакам (например, отдельные субъекты Крыма и вновь присоединенные территории). Такие компании отнесены к категории неопределенных, что обусловлено нестандартизированным статусом территориальной принадлежности. Вследствие этого их показатели не формируют устойчивых региональных закономерностей и требуют отдельной интерпретации.

Возрастной профиль продемонстрировал закономерность (табл. 6): оптимум устойчивости приходится на «средний возраст» (10–20 лет), когда индекс достигает 1,0, что отражает гармоничное соотношение накопленного капитала и долговой нагрузки. Молодые компании (индекс 0,75) испытывают дефицит собственного

Таблица 6

**Распределение устойчивости чистых активов по возрастным группам
крупнейших животноводческих компаний России за 2024 г.**
(расчеты авторов)

Table 6

**Distribution of net asset sustainability by age group
of the largest livestock companies in Russia for 2024**
[authors' calculations]

Возрастная группа	Количество компаний	Средний индекс I	Медианный индекс I
Молодая	95	0,750	0,810
Нейтральная	420	0,919	0,900
Средний возраст	421	1,007	0,990
Старая	441	0,942	0,950

капитала и ограниченный доступ к финансированию, тогда как «старые» предприятия (0,94) сохраняют средний уровень, но подвержены рискам износа фондов и высокой капиталоемкости.

Возрастной анализ показал не только наличие традиционно выделяемых групп: «молодых» предприятий (до 7 лет), компаний среднего возраста (10–20 лет) и «старых» (свыше 30 лет), – но и формирование дополнительной нейтральной группы. В эту категорию вошли предприятия с возрастом 8–9 и 21–29 лет, которые не продемонстрировали статистически значимых отклонений от средних значений интегрального индекса. Их устойчивость находится в диапазоне «условной стабильности», что позволяет рассматривать данный кластер как переходный.

Таким образом, нейтральная группа отражает промежуточный этап развития, не обладающий выраженной спецификой ни оптимального возрастного интервала устойчивости (10–20 лет), ни эффекта старения фондов (30+ лет). С практической точки зрения предприятия данной категории требуют адресных мер по закреплению достигнутого уровня устойчивости и предотвращению риска отката в зону низкой финансовой независимости.

Соглашаемся с выводами по результатам исследований М.К. Грибань [2], Е.Б. Герасимовой [12], О.В. Кочетыговой и соавт. [15]. Суммарно можно заключить, что устойчивость чистых активов в животноводстве определяется совокупностью факторов: отраслевой спецификой, региональной средой и возрастным профилем предприятий. При этом ключевым детерминантом выступает способность активов генерировать прибыль, что требует акцента на повышении операционной эффективности.

Следует отметить, что предложенная модель оценки устойчивости чистых активов имеет определенные ограничения. Упрощенный характер расчетов снижает глубину анализа и не позволяет в полной мере учитывать влияние макроэкономических условий, колебаний рыночной конъюнктуры и сезонности, присущей аграрному производству. Кроме того, агрегированные показатели не отражают всех нюансов структуры капитала и специфики отдельных подотраслей, что ограничивает потенциал долгосрочного прогнозирования.

В то же время модель обладает существенными достоинствами. Она проста в применении, опирается на доступные данные бухгалтерской (финансовой) отчетности и позволяет оперативно выявлять ключевые риски. В отличие от подходов, предложенных в работах Р. Brusov, Т. Filatova [4] и М.К. Чистяковой с соавт. [6], учет отраслевой принадлежности, территориального фактора и возраста организаций обеспечивает адаптацию анализа к особенностям аграрного сектора. Благодаря этому модель становится действенным инструментом макроэкономических прогнозов и экспресс-оценки, который может использоваться как для внутреннего управленческого анализа, так и в целях мониторинга со стороны инвесторов, кредиторов и государственных органов.

Выводы

Conclusions

Проведенные исследования устойчивости чистых активов животноводческих предприятий позволили выявить высокую неоднородность их финансового положения. При среднем значении интегрального индекса, находящемся на границе условной устойчивости, около 1/3 компаний сохраняют рискованный финансовый

профиль, тогда как лишь 1/4 их демонстрирует высокую степень финансовой независимости.

В качестве ключевого фактора, определяющего интегральный уровень устойчивости, выступает окупаемость чистых активов прибылью. Тем самым подтверждается, что важна не столько абсолютная величина активов, сколько их способность генерировать достаточный объем финансового результата. Дополнительное влияние оказывают показатели капиталоемкости выручки, в то время как структурные параметры баланса носят вспомогательный характер.

Анализ отраслевых и региональных различий показал, что устойчивость компаний формируется под воздействием как внутренних управленческих решений, так и институциональной и инфраструктурной среды. Наиболее уязвимой подотраслью остается птицеводство, где низкая маржинальность и зависимость от цен на корма и энергоресурсы формируют рискованную финансовую модель. В территориальном аспекте выявлено, что компании, функционирующие в неблагоприятных условиях (например, в Дальневосточном округе), демонстрируют индекс на 0,24–0,25 п.п. ниже, чем предприятия Центрального Черноземья и Северо-Запада.

Возрастной анализ подтвердил наличие благоприятного уровня устойчивости в диапазоне 10–20 лет, когда накопленный капитал и долговая нагрузка находятся в оптимальном соотношении. Для более зрелых компаний актуализируется проблема старения основных фондов, что требует стратегий их обновления и внедрения современных цифровых решений в сфере технического обслуживания и управления активами.

В целом устойчивость чистых активов в животноводстве носит сегментированный характер, что предопределяет необходимость дифференцированных управленческих мер. Ключевыми направлениями повышения устойчивости являются:

1. Рост операционной эффективности и прибыльности, обеспечивающих окупаемость чистых активов.
2. Снижение капиталоемкости выручки посредством оптимизации структуры активов и ускорения их оборота.
3. Развитие регионально-ориентированных инструментов поддержки, компенсирующих институциональные и логистические ограничения.
4. Формирование возрастнo-специфических стратегий обновления и модернизации активов.

Список источников

1. FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2025 – Addressing high food price inflation for food security and nutrition*. Rome, Italy: FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO, 2025:234. <https://doi.org/10.4060/cd6008en>
2. Грибань М.К. Применение метода чистых активов для оценки бизнеса в современных условиях // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия «Экономика и право»*. 2023. № 10. С. 30–33. <https://doi.org/10.37882/2223-2974.2023.10.10>
3. Волкова Е.В., Жалнин В.В. Управление риском снижения величины чистых активов непубличных компаний посредством регламентации корпоративных прав // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2024. Т. 20, № 10 (439). С. 1845–1857. <https://doi.org/10.24891/ni.20.10.1845>
4. Brusov P., Filatova T. Qualitatively new approach to business valuation and company value. *Mathematics*. 2025;13(1):80. <https://doi.org/10.3390/math13010080>

5. Гусманов Р.У., Салимова Г.А., Лубова Т.Н., Шкуркин С.И. и др. Многомерные методы в моделировании эффективности использования основного капитала в аграрном производстве // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2024. № 3 (109). С. 61–71. <https://doi.org/10.33938/243-61>
6. Чистякова М.К., Сидоренко О.В., Собченко Н.В., Берлов А.В. Концептуальный подход к оценке финансового состояния сельскохозяйственных организаций // *Экономика и предпринимательство*. 2024. № 8 (169). С. 734–738. <https://doi.org/10.34925/EIP.2024.169.8.139>
7. Измайлова М.А., Брагинцев Ю.Н. Тенденции развития агробизнеса в условиях новых вызовов // *Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве*. 2021. № 4 (73). С. 146–153. <https://doi.org/10.33938/214-146>
8. Щурина С.В. Возможности государства по продвижению фермерства и сельской кооперации в России // *Экономика. Налоги. Право*. 2024. Т. 17, № 5. С. 50–66. <https://doi.org/10.26794/1999-849x-2024-17-5-50-66>
9. Лосева О.В., Федотова М.А., Абдикеев Н.М. Концептуальная модель оценки стоимости цифровых интеллектуальных активов // *Финансы: теория и практика*. 2023. Т. 27, № 4. С. 118–130. <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2023-27-4-118-130>
10. Babanskaya A.S., Kolomeeva E.S., Migunov R.A., Telegina Zh.A. et al. Directions and prospects of sustainable development of the national accounting and analytical system of agricultural formations. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. «International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad, DAICRA 2021». October 15-16, 2021. Yekaterinburg, Russia, 2022:012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/949/1/012002>
11. Ряховская А.Н., Мельник М.В. Роль и организация внутреннего контроля за экономической устойчивостью хозяйствующих субъектов // *Учет. Анализ. Аудит*. 2024. Т. 11, № 5. С. 69–78. <https://doi.org/10.26794/2408-9303-2024-11-5-69-78>
12. Герасимова Е.Б. Стандартизированный подход к анализу устойчивости деятельности организации // *Учет. Анализ. Аудит*. 2018. Т. 5, № 2. С. 44–51. <https://doi.org/10.26794/2408-9303-2018-5-2-44-51>
13. Семиколонова М.Н., Семина Л.А., Землякова С.Н. Тенденции и факторы развития агропромышленного комплекса Алтайского края в системе экономической безопасности региона // *Экономика Профессия Бизнес*. 2021. № 3. С. 92–97. <https://doi.org/10.14258/epb202143>
14. Мигунов Р.А., Арзамасцева Н.В., Сюткина А.А., Суетин И.Д. Специализация и локализация сельскохозяйственного производства в Российской Федерации в 1990-2020 годы // *АПК: экономика, управление*. 2023. № 10. С. 21–30. <https://doi.org/10.33305/2310-21>
15. Кочетыгова О.В., Иноземцев Е.С., Головкин М.В. Анализ неравномерности сельскохозяйственного производства в России // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия «Экономика. Управление. Право»*. 2021. № 3. С. 255–262. <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2021-21-3-255-262>
16. Мокрышев И.С. Пространственная классификация регионов России по потенциалу распределенной генерации на основе возобновляемых источников энергии // *Экономика. Налоги. Право*. 2025. Т. 18, № 2. С. 107–118. <https://doi.org/10.26794/1999-849X-2025-18-2-107-118>
17. Новоселова И.Ю., Новоселов А.Л. Моделирование инвестиций в техническое обновление и рост ESG-рейтинга компаний // *Экономика. Налоги. Право*. 2024. Т. 17, № 3. С. 106–114. <https://doi.org/10.26794/1999-849X-2024-17-3-106-114>

18. Glushetskiy A. *Comparative Analysis of Various Types of Corporations in the Conditions of Corporate Law Reform*. Moscow, Russia: Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, 2017:56. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2968446>

19. Криничанский К.В., Анненская Н.Е. Понятие и перспективы финансового развития // *Вопросы экономики*. 2022. №10. С. 20–36. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2022-10-20-36>

20. Криничанский К.В., Понаморенко В.Е. Эволюция доктрины долг – капитал в свете цифровизации финансовых инструментов // *Вопросы экономики*. 2024. № 5. С. 55–73. <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2024-5-55-73>

References

1. FAO, IFAD, UNICEF, WFP and WHO. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2025 – Addressing high food price inflation for food security and nutrition*. Rome, Italy: FAO; IFAD; UNICEF; WFP; WHO, 2025:234. <https://doi.org/10.4060/cd6008en>

2. Griban M.K. Application of the net asset method for business valuation in modern conditions. *Sovremennaya nauka: aktualnye problemy teorii i praktiki. Seriya: Ekonomika i pravo*. 2023;(10):30-33. (In Russ.) <https://doi.org/10.37882/2223-2974.2023.10.10>

3. Volkodavova E.V., Zhalnin V.V. Managing the non-public company net assets decline risk through the profit participation rights regulation. *National Interests: Priorities and Security*. 2024;20(10(439)):1845-1857. (In Russ.) <https://doi.org/10.24891/ni.20.10.1845>

4. Brusov P., Filatova T. Qualitatively new approach to business valuation and company value. *Mathematics*. 2025;13(1):80. <https://doi.org/10.3390/math13010080>

5. Gusmanov R.U., Salimova G.A., Lubova T.N., Shkurkin S.I. et al. Multidimensional methods in modeling the efficiency of the use of fixed capital in agricultural production. *Economics, Labor, Management in Agriculture*. 2024;(3(109)):61-71. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/243-61>

6. Chistyakova M.K., Sidorenko O.V., Sobchenko N.V., Berlov A.V. A conceptual approach to assessing the financial condition of agricultural organizations. *Ekonomika i predprinimatelstvo*. 2024;(8(169)):734-738. (In Russ.) <https://doi.org/10.34925/EIP.2024.169.8.139>

7. Izmailova M.A., Braginets Yu.N. Trends in the development of agribusiness in the face of new challenges. *Economics, Labor, Management in Agriculture*. 2021;(4(73)):146-153. (In Russ.) <https://doi.org/10.33938/214-146>

8. Shchurina S.V. The possibilities of the state to promote farming and rural cooperation in Russia. *Ekonomika. Nalogi. Pravo*. 2024;17(5):50-66. (In Russ.) <https://doi.org/10.26794/1999-849x-2024-17-5-50-66>

9. Loseva O.V., Fedotova M.A., Abdikeev N.M. A conceptual model for evaluating digital intellectual assets. *Finance: Theory and Practice*. 2023;27(4):118-130. (In Russ.) <https://doi.org/10.26794/2587-5671-2023-27-4-118-130>

10. Babanskaya A.S., Kolomeeva E.S., Migunov R.A., Telegina Zh.A. et al. Directions and prospects of sustainable development of the national accounting and analytical system of agricultural formations. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. «International Scientific and Practical Conference: Development of the Agro-Industrial Complex in the Context of Robotization and Digitalization of Production in Russia and Abroad, DAICRA 2021». October 15-16, 2021. Yekaterinburg, Russia, 2022:012002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/949/1/012002>

11. Ryahovskaya A.N., Melnik M.V. The role and forming of internal control over the economic stability of business entities. *Uchet. Analiz. Audit.* 2024;11(5):69-78. (In Russ.) <https://doi.org/10.26794/2408-9303-2024-11-5-69-78>
12. Gerasimova E.B. Standardized approach to the analysis of the sustainability of the organization activity. *Uchet. Analiz. Audit.* 2018;5(2):44-51. (In Russ.) <https://doi.org/10.26794/2408-9303-2018-5-2-44-51>
13. Semikolenova M.N., Semina L.A., Zemlyakova S.N. Trends and factors in the development of the agro-industrial complex altai region in the region's economic security system. *Ekonomika Professiya Biznes.* 2021;(3):92-97. (In Russ.) <https://doi.org/10.14258/epb202143>
14. Migunov R.A., Arzamastseva N.V., Siutkina A.A., Suetin I.D. Specialization and localization of agricultural production in the Russian Federation in 1990-2020. *AIC: Economics, Management.* 2023;(10):21-30. (In Russ.) <https://doi.org/10.33305/2310-21>
15. Kochetygova O.V., Inozemtsev E.S., Golovko M.V. Unevenness analysis of agricultural production in Russia. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Ekonomika. Upravlenie. Pravo.* 2021;21(3):255-262. (In Russ.) <https://doi.org/10.18500/1994-2540-2021-21-3-255-262>
16. Mokryshev I.S. Spatial classification of Russian regions by potential for distributed generation based on renewable energy sources. *Ekonomika. Nalogi. Pravo.* 2025;18(2):107-118. (In Russ.) <https://doi.org/10.26794/1999-849X-2025-18-2-107-118>
17. Novoselova I.Yu., Novoselov A.L. Modeling investments in technological upgrades and ESG rating growth for companies. *Ekonomika. Nalogi. Pravo.* 2024;17(3):106-114. (In Russ.) <https://doi.org/10.26794/1999-849X-2024-17-3-106-114>
18. Glushetskiy A. *Comparative Analysis of Various Types of Corporations in the Conditions of Corporate Law Reform.* Moscow, Russia: Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, 2017:56. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2968446>
19. Krinichansky K.V., Annenskaya N.E. Financial development: the concept and prospects. *Vopreosy Ekonomiki.* 2022;10:20–36. (In Russ.) <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2022-10-20-36>
20. Krinichansky K.V., Ponamorenko V.E. The evolution of the debt-equity doctrine in the light of financial instruments' digitalization. *Vopreosy Ekonomiki.* 2024;5:55–73. (In Russ.) <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2024-5-55-73>

Сведения об авторах

Оксана Викторовна Мощенко, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры аудита и корпоративной отчетности, факультет налогов, аудита и бизнес-анализа, Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»; 125167, Российская Федерация, г. Москва, пр-кт Ленинградский, 49/2; e-mail: ovmoshchenko@fa.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1548-8777>

Александр Юрьевич Усанов, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры бизнес-аналитики, факультет налогов, учета и бизнес анализа, Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»; 125167, Российская Федерация, г. Москва, пр-кт Ленинградский, 49/2; e-mail: ayusanov@fa.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2329-8300>

Анастасия Сергеевна Бабанская, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры экономической безопасности и управления рисками, факультет экономики и бизнеса,

Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего образования «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации»; 125167, Российская Федерация, г. Москва, пр-кт Ленинградский, 49/2; e-mail: banasti@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-4695-1587>

Маргарита Роор, Университет Валенсии, Валенсия, Испания; Avinguda Blasco Ibáñez, 13, Nivell; 46010, Valencia, Spain; e-mail: margarita.rohr@uv.es; <https://orcid.org/0000-0002-4537-0019>

Information about the authors

Oksana V. Moshchenko, CSc (Econ), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Audit and Corporate Reporting, Faculty of Taxes, Audit and Business Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation; 49/2 Leningradskiy Ave., Moscow, 125167, Russian Federation; e-mail: ovmoshchenko@fa.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1548-8777>

Aleksandr Y. Usanov, CSc (Econ), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Business Analytics, Faculty of Taxes, Accounting and Business Analysis, Financial University under the Government of the Russian Federation; 49/2 Leningradskiy Ave., Moscow, 125167, Russian Federation; e-mail: ayusanov@fa.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2329-8300>

Anastasia S. Babanskaya, CSc (Econ), Associate Professor, Associate Professor at the Department of Economic Security and Risk Management, Faculty of Economics and Business, Financial University under the Government of the Russian Federation; 49/2 Leningradskiy Ave., Moscow, 125167, Russian Federation; e-mail: banasti@mail.ru; <http://orcid.org/0000-0002-4695-1587>

Margarita Rohr, University of Valencia, Spain; Avinguda Blasco Ibáñez, 13, Nivell 3, 46010 Valencia, Spain; e-mail: margarita.rohr@uv.es; <https://orcid.org/0000-0002-4537-0019>

СОДЕРЖАНИЕ

АГРОХИМИЯ, ПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЭКОЛОГИЯ

- Серёгина И.И., Белопухов С.Л., Анка М. Влияние биопрепаратов на ассимиляцию азота яровой пшеницы (*Triticum aestivum* L.) в стрессовых условиях выращивания..... 5

БОТАНИКА, ПЛОДОВОДСТВО

- Залывская О.С., Сунгурова Н.Р., Валежжанин А.А., Карбасова А.А. История развития цветочного оформления и благоустройства в Архангельской агломерации..... 20
- Упадышева Г.Ю., Упадышев М.Т., Макаров С.С. Эффективность применения современных регуляторов роста для получения разветвленных однолетних саженцев яблони 35

ГЕНЕТИКА, БИОТЕХНОЛОГИЯ, СЕЛЕКЦИЯ И СЕМЕНОВОДСТВО

- Груздев И.В., Москалев Е.А., Полховская Е.С., Киров И.В. Популяционно-генетический анализ локусов высокомолекулярных глютеинов у образцов яровой мягкой пшеницы различного эколого-географического происхождения..... 47
- Догузова Н.Н., Газданова И.О. Молекулярно-генетический анализ генотипов картофеля на фитотроустойчивость 69

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ, РАСТЕНИЕВОДСТВО, ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ

- Горбунов И.В., Нековаль С.Н., Чурикова А.К. Экологически безопасные методы борьбы с паразитическими нематодами растений..... 82
- Кудряшов И.Н., Беспалова Л.А., Игнатенко А.Ю., Пономарев Д.А., Михалко А.В., Новикова С.В. Отзывчивость пшеницы мягкой озимой сорта Гром на азотные подкормки по предшественнику подсолнечник 98
- Савоськина О.А., Джалилов Ф.С.-У., Чебаненко С.И., Заверткин И.А., Тараканов Р.И., Тимофеев О.В. Контроль сорных растений в посевах яровой пшеницы в условиях Орловской области 111
- Шпанев А.М., Берим М.Н. Видовой состав, структура комплекса и динамика численности тлей в зернотравяно-пропашном севообороте на северо-западе России..... 126

ЗООТЕХНИЯ, БИОЛОГИЯ И ВЕТЕРИНАРНАЯ МЕДИЦИНА

- Селимян М.О., Абрамова Н.И., Хромова О.Л., Богорадова Л.Н. Сравнительная характеристика методов оценки племенной ценности быков-производителей..... 141

ЭКОНОМИКА

- Арзамасцева Н.В., Мигунов Р.А., Бородин А.А., Зарук Н.Ф., Муравьева М.В., Келеметов Э.М., Сюткина А.А. Информационная система для К(Ф)Х как инструмент повышения продовольственной безопасности за счет вовлечения неиспользуемых сельскохозяйственных земель в оборот 157
- Лю Ш. Цифровые системы совершенствования процесса управления производством и реализацией органической продукции на основе концепции ее оптимального размещения 173
- Машуков И.Ю. Развитие механизмов государственной поддержки землепользователей сельскохозяйственных земель в условиях экономической нестабильности..... 188
- Мощенко О.В., Усанов А.Ю., Бабанская А.С., Роор М. Чистые активы как индикатор финансовой устойчивости животноводческих предприятий..... 201

CONTENTS

AGROCHEMISTRY, SOIL SCIENCE, ECOLOGY

- Seregina I.I., Belopukhov S.L., Anka M.* Effect of biopreparations on nitrogen assimilation in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) under stressful growing conditions..... 5

BOTANY, POMICULTURE

- Zalyvskaya O.S., Sungurova N.R., Valekzhanin A.A., Karbasova A.A.* History of the development of floral design and landscaping in the Arkhangelsk agglomeration..... 20
- Upadysheva G.Yu., Upadyshev M.T., Makarov S.S.* Efficiency of modern growth regulators for producing branched one-year apple tree seedlings..... 35

GENETICS, BIOTECHNOLOGY, BREEDING AND SEED PRODUCTION

- Gruzdev I.V., Moskalev E.A., Polkhovskaya E.S., Kirov I.V.* Population-genetic analysis of high molecular weight glutenin loci in spring common wheat accessions of various ecological and geographical origin..... 47
- Doguzova N.N., Gazdanova I.O.* Molecular genetic analysis of potato genotypes for late blight resistance..... 69

AGRONOMY, CROP PRODUCTION, PLANT PROTECTION

- Gorbunov I.V., Nekoval S.N., Churikova A.K.* Environmentally safe methods for controlling plant-parasitic nematodes..... 82
- Kudryashov I.N., Beshpalova L.A., Ignatenko A.Yu., Ponomarev D.A., Mikhalko A.V., Novikova S.V.* Response of soft winter wheat variety Grom to nitrogen fertilizers following sunflower as a predecessor..... 98
- Savoskina O.A., Dzhililov F.S.-U., Chebanenko S.I., Zavertkin I.A., Tarakanov R.I., Timofeev O.V.* Weed control in spring wheat crops in the conditions of the Oryol Region ... 111
- Shpanev A.M., Berim M.N.* Species composition, complex structure, and population dynamics of aphids in a grain-grass-row crop rotation in Northwestern Russia..... 126

LIVESTOCK BREEDING, BIOLOGY AND VETERINARY MEDICINE

- Selimyan M.O., Abramova N.I., Khromova O.L., Bogoradova L.N.* Comparative analysis of methods for assessing the breeding value of stud bulls 141

ECONOMICS

- Arzamastseva N.V., Migunov R.A., Borodina A.A., Zaruk N.F., Muravyova M.V., Kelemetov E.M., Syutkina A.A.* An information system for peasant (farm) enterprises as a tool for enhancing food security through the reclamation of unused agricultural land..... 157
- Liu Sh.* Digital systems for improving the management of production and marketing of organic products based on the concept of optimal allocation..... 173
- Mashukov I.Yu.* Development of state support mechanisms for agricultural land users under conditions of economic instability 188
- Moshchenko O.V., Usanov A.Y., Babanskaya A.S., Rohr M.* Net assets as an indicator of financial sustainability of livestock enterprises 201

Журнал «ИЗВЕСТИЯ ТИМИРЯЗЕВСКОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ»

e-mail: izvtsha@rgau-msha.ru

тел.: (499) 976–07–48

Подписано в печать 10.07.2026 г. Формат 70×100/16 Бумага офсетная
Гарнитура шрифта «Times New Roman» Печать офсетная. 13,88 печ. л.
Тираж 500 экз.

Отпечатано в ООО «ЭйПиСиПублишинг»
127550, г. Москва, Дмитровское ш., д. 45, корп. 1, оф. 8
Тел.: (499) 976–51–84