



Уральский государственный
аграрный университет

ISSN 1997-4868 (print)
ISSN 2307-0005 (online)

АГРАРНЫЙ ВЕСТНИК УРАЛА

**AGRARIAN BULLETIN
OF THE URALS**

**T. 25, № 05
Vol. 25, No. 05**

2025

Сведения о редакционной коллегии

И. М. Донник (главный редактор), академик РАН, помощник президента Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (Москва, Россия)

О. Г. Лоретц (заместитель главного редактора), ректор Уральского государственного аграрного университета (Екатеринбург, Россия)

П. Сотони (заместитель главного редактора), доктор ветеринарных наук, профессор, академик Венгерской академии наук, академик Польской медицинской академии, ректор Университета ветеринарной медицины Будапешта (Будапешт, Венгрия)

Члены редакционной коллегии

Н. В. Абрамов, Государственный аграрный университет Северного Зауралья (Тюмень, Россия)

Р. З. Аббас, Сельскохозяйственный университет (Фейсалабад, Пакистан)

В. Д. Богданов, член-корреспондент РАН, Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук (Екатеринбург, Россия)

В. Н. Большаков, академик РАН, Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина (Екатеринбург, Россия)

О. А. Быкова, Уральский государственный аграрный университет (Екатеринбург, Россия)

Э. Д. Джавадов, академик РАН, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)

Л. И. Дроздова, Уральский государственный аграрный университет (Екатеринбург, Россия)

А. С. Донченко, академик РАН, Институт экспериментальной ветеринарии Сибири и Дальнего Востока (Новосибирск, Россия)

Б. С. Есенгельдин, Павлодарский педагогический университет (Павлодар, Казахстан)

Н. Н. Зезин, член-корреспондент РАН, Уральский научно-исследовательский институт сельского хозяйства (Екатеринбург, Россия)

С. Б. Исмуратов, Костанайский инженерно-экономический университет им. М. Дулатова (Костанай, Казахстан)

В. В. Калашников, академик РАН, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства (Рязань, Россия)

А. Г. Кошаев, академик РАН, Кубанский государственный аграрный университет (Краснодар, Россия)

У. Р. Матякубов, Ургенчский государственный университет (Ургенч, Узбекистан)

В. С. Мымрин, ОАО «Уралплемцентр» (Екатеринбург, Россия)

М. С. Норов, Таджикский аграрный университет имени Шириншо Шотемур (Душанбе, Таджикистан)

В. С. Паштецкий, член-корреспондент РАН, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма (Симферополь, Россия)

Ю. В. Пругатарь, член-корреспондент РАН, член Совета при Президенте Российской Федерации по науке и образованию, начальник Отдела РАН по взаимодействию с научными организациями Крыма и города федерального значения Севастополя, Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН (Ялта, Россия)

М. Б. Ребезов, Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова РАН, (Москва, Россия)

О. А. Рушницкая, Уральский государственный аграрный университет (Екатеринбург, Россия)

А. Г. Самоделкин, Нижегородская государственная сельскохозяйственная академия (Нижний Новгород, Россия)

А. А. Стекольников, академик РАН, Санкт-Петербургская государственная академия ветеринарной медицины (Санкт-Петербург, Россия)

В. Г. Тюрин, Всероссийский научно-исследовательский институт ветеринарной санитарии, гигиены и экологии (Москва, Россия)

И. Г. Ушачев, академик РАН, Всероссийский НИИ экономики сельского хозяйства (Москва, Россия)

С. В. Шабунин, академик РАН, Всероссийский научно-исследовательский ветеринарный институт патологии, фармакологии и терапии Россельхозакадемии (Воронеж, Россия)

И. А. Шкуратова, Уральский научно-исследовательский ветеринарный институт (Екатеринбург, Россия)

А. В. Щур, Белорусско-Российский университет (Могилев, Беларусь)

Editorial board

Irina M. Donnik (Editor-in-Chief), academician of the Russian Academy of Sciences, Assistant to the President of the National Research Center “Kurchatov Institute” (Moscow, Russia)

Olga G. Lorets (Deputy Chief Editor), rector of the Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)

Péter Sótónyi (Deputy chief editor) of doctor of veterinary sciences, professor, academician of Hungarian Academy of Sciences, academician of Polish Medical Academy, rector of University of Veterinary Medicine of Budapest (Budapest, Hungary)

Editorial Team

Nikolay V. Abramov, Northern Trans-Ural State Agricultural University (Tyumen, Russia)

Rao Zahid Abbas, University of Agriculture (Faisalabad, Pakistan)

Vladimir D. Bogdanov, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Institute of Plant and Animal Ecology of the Ural branch of the Russian Academy of Sciences (Ekaterinburg, Russia)

Vladimir N. Bolshakov, academician of the Russian Academy of Sciences, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin (Ekaterinburg, Russia)

Olga A. Bykova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)

Eduard D. Dzhavadov, academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research and Technological Poultry Institute (St. Petersburg, Russia)

Lyudmila I. Drozdova, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)

Aleksandr S. Donchenko, academician of the Russian Academy of Sciences, Institute of Experimental Veterinary Science of Siberia and the Far East (Novosibirsk, Russia)

Bauyrzhan S. Yessengeldin, Pavlodar Pedagogical University Republic of Kazakhstan

Nikita N. Zezin, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Ural Research Institute of Agriculture (Ekaterinburg, Russia)

Sabit B. Ismuratov, Kostanay Engineering and Economics University named after M. Dulatov (Kostanay, Kazakhstan)

Valeriy V. Kalashnikov, academician of the Russian Academy of Sciences, Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, the All-Russian Research Institute for Horsebreeding (Ryazan, Russia)

Andrey G. Koshchayev, academician of the Russian Academy of Sciences, Kuban State Agrarian University (Krasnodar, Russia)

Umidjon R. Matyakubov, Urgench State University (Urgench, Uzbekistan)

Vladimir S. Mymrin, “Uralplemtsentr” (Ekaterinburg, Russia)

Mastibek S. Norov, Tajik Agrarian University named after Shirinsho Shotemur (Dushanbe, Tajikistan)

Vladimir S. Pashtetskiy, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, Research Institute of Agriculture of Crimea (Simferopol, Russia)

Yuriy V. Plugatar, corresponding member of the Russian Academy of Sciences, member of the Presidential Council for Science and Education, Head of the Department of the Russian Academy of Sciences for Cooperation with Scientific Organizations of Crimea and Sevastopol, The Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center of Russian Academy of Sciences (Yalta, Russia)

Maksim B. Rebezov, V. M. Gorbatov Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia)

Olga A. Rushchitskaya, Ural State Agrarian University (Ekaterinburg, Russia)

Aleksandr G. Samodelkin, Nizhny Novgorod State Agricultural Academy (Nizhny Novgorod, Russia)

Anatoliy A. Stekolnikov, academician of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg State Academy of Veterinary Medicine (Saint Petersburg, Russia)

Vladimir G. Tyurin, All-Russian Research Institute for Veterinary Sanitation, Hygiene and Ecology (Moscow, Russia)

Ivan G. Ushachev, academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Research Institute of Agricultural Economics (Moscow, Russia)

Sergey V. Shabunin, academician of the Russian Academy of Sciences, All-Russian Veterinary Research Institute of Pathology, Pharmacology And Therapy of the Russian Academy of Agricultural Sciences (Voronezh, Russia)

Irina A. Shkuratova, Ural Research Veterinary Institute (Ekaterinburg, Russia)

Aleksandr V. Shchur, Belarusian-Russian University (Mogilev, Belarus)

Содержание

Агротехнологии

- Е. С. Бутовец, А. Г. Клыков, Л. М. Лукьянчук* 678
Уровень урожайности сортов сои
в контрастных погодных условиях
- Н. Г. Лапенко, М. А. Старостина, Р. Д. Костицын* 690
Картирование степной растительности аридной
территории Ставропольского края
- Н. И. Мамсиров, В. И. Башков* 703
Минеральные удобрения
в сочетании с биостимуляторами
для листовых подкормок – основа формирования
высоких урожаев сахарной свеклы
- Д. В. Митрофанов* 715
Влияние погодных условий, продуктивной влаги
и минерального удобрения
на урожайность гороха в севооборотах

Биология и биотехнологии

- В. В. Голембовский, М. Б. Улимбашев* 728
Качественные показатели продукции казахского
белоголового скота разного генотипа
- С. А. Гриценко, М. Б. Ребезов,
А. А. Хакназаров, Д. Г. Мухамбетов* 739
Сравнительная оценка генетического потенциала
быков-производителей и продуктивных качеств
их потомства в зависимости от сочетаний линейной
принадлежности отцов и матерей
в стадах хозяйств Свердловской
и Челябинской областей
- Л. Л. Седельникова* 758
Гибриды лилейника в лесостепи Западной Сибири
- Л. В. Ташматова, Т. М. Хромова, О. В. Мацнева* 769
Влияние цитокининов
на пролиферацию сортов яблок в культуре in vitro
- А. С. Тронина, С. Л. Воробьева,
В. М. Юдин, Р. А. Ильясов, О. П. Неверова* 779
Морфометрический и молекулярно-генетический
анализ пчелиных семей северных районов
Удмуртской Республики

Экономика

- Е. Б. Дворядкина, Г. М. Квон, Е. А. Шишкина* 792
Тенденции и прогноз развития регионального
сельскохозяйственного сектора в контексте
обеспечения его экономической безопасности
и шокоустойчивости
- Н. Ю. Зубарев, Л. В. Глезман,
С. С. Федосеева, Ю. Н. Зубарев* 806
Диагностика эффекта декаплинга
в агропромышленном комплексе региона
(на примере Пермского края)
- О. Е. Иванова, Н. Н. Горбина* 819
Цифровизация как инструмент развития сельских
территорий: опыт и перспективы развития
- О. А. Рушчичкая, Е. М. Кот,
Е. С. Куликова, Т. И. Крузжкова* 831
Анализ динамики производства агропромышленной
продукции и поголовья сельскохозяйственных
животных в государствах ЕАЭС

Contents

Agrotechnologies

- E. S. Butovets, A. G. Klykov, L. M. Lukyanchuk*
Yield of soybean varieties under contrast weather
conditions 678
- N. G. Lapenko, M. A. Starostina, R. D. Kostitsyn*
Mapping the steppe vegetation of an arid territory
Stavropol Territory 690
- N. I. Mamsirov, V. I. Bashkov*
Mineral fertilizers combined with biostimulants
for leaf fertilization are the basis for the formation
of high yields of sugar beet 703
- D. V. Mitrofanov*
The influence of weather conditions,
productive moisture and mineral fertilizers
on the yield of peas in crop rotations 715

Biology and biotechnologies

- V. V. Golembovskiy, M. B. Ulimbashev*
Quality indicators of products
of Kazakh white-headed cattle of different genotypes 728
- S. A. Gritsenko, M. B. Rebezov,
A. A. Khaknazarov, D. G. Mukhambetov*
Comparative assessment of the genetic potential
of breeding bulls and productive qualities
of their offspring depending on the combinations
of the linear affiliation of fathers and mothers
in herds of farms
in the Sverdlovsk and Chelyabinsk regions 739
- L. L. Sedelnikova*
Daylily hybrids in the forest-steppe of Western Siberia 758
- L. V. Tashmatova, T. M. Khromova, O. V. Matsneva*
The influence of cytokinins on the proliferation
of apple varieties in vitro culture 769
- A. S. Tronina, S. L. Vorobyeva,
V. M. Yudin, O. P. Neverova*
Morphometric and molecular genetic analysis
of bee colonies in the northern regions
of the Udmurt Republic 779

Economy

- E. B. Dvoryadkina, G. M. Kvon, E. A. Shishkina*
Trends and forecast for the development
of the regional agricultural sector
in the context of ensuring its economic security
and shock resistance 792
- N. Yu. Zubarev, L. V. Glezman,
S. S. Fedoseeva, Yu. N. Zubarev*
Diagnostics of the decoupling effect
in the agro-industrial complex of the region
(on the example of the Perm Krai) 806
- O. E. Ivanova, N. N. Gorbina*
Digitalization as a tool for rural development:
experience and development prospects 819
- O. A. Rushchitskaya, E. M. Kot,
E. S. Kulikova, T. I. Kruzhkova*
Analysis of the dynamics of production
of agricultural products and livestock
in the EAEU states 831

Уровень урожайности сортов сои в контрастных погодных условиях

Е. С. Бутовец[✉], А. Г. Клыков, Л. М. Лукьянчук

Федеральный научный центр агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки,
п. Тимирязевский, Уссурийск, Россия

[✉]E-mail: otdelsoy@mail.ru

Аннотация. Соя – распространенная белково-масличная культура в мировом сельскохозяйственном производстве. Основным препятствием для активного выращивания сои в разных регионах является реакция на климатические и эдафические условия зоны возделывания. **Цель исследования** – в контрастных условиях Приморского края изучить перспективные сорта сои по параметрам адаптивности, рассчитанные по уровню урожайности. **Материалы и методы.** В 2021–2023 гг. в ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки (Приморский край, Россия) исследовали 17 перспективных сортов сои согласно методическим указаниям. **Научная новизна.** Проведена оценка перспективных сортов сои по комплексу адаптационных показателей, выявлены генотипы с высокими параметрами адаптации. **Результаты.** По результатам трехлетнего исследования более высокую урожайность сформировали сорта сои Приморская 1666 (25,4 ц/га), Приморская 1670 (24,7 ц/га) и Приморская 1672 (26,8 ц/га). По методу Л. А. Животкова установлены более адаптивные сорта Приморская 1672 и Приморская 1666. Высокий уровень устойчивости к стрессу отмечен у трех сортов сои: Приморская 1673 (–2,0), Приморская 1668 (–7,9) и Приморская 4 (–9,1). Пластичными ($O = 3,5 \dots 16,3$) являлись Приморская 1669, Приморская 1639, Приморская 1668, стандарт Приморская 4, Приморская 1673. Значительная вариабельность урожайности была характерна для всех сортов сои, за исключением Приморской 1673. Высокой экологической пластичностью обладали 47,0 % сортов сои ($ИЭП = 1,0 \dots 1,24$). Наибольший коэффициент отзывчивости на условия окружающей среды зафиксирован у Приморской 1667, Приморской 1671, Приморской 1596 и Приморской 1670 ($Kp = 2,51 \dots 2,63$). Оценка по комплексу адаптационных параметров перспективных сортов сои позволила выявить генотипы, способные формировать высокий уровень урожайности в условиях степной зоны Приморского края. Высокими параметрами адаптации характеризовались сорта Приморская 1672 (сумма рангов 49), Приморская 1669 (52), Приморская 1639 (53).

Ключевые слова: сорт, соя, селекция, урожайность, стрессоустойчивость, адаптивность, стабильность, пластичность

Благодарности. Научная работа выполнена в рамках государственного задания в соответствии с тематическим планом НИР по теме FNGW-2022-0008 «Создать новые генотипы сельскохозяйственных культур с высокой продуктивностью, устойчивые к абиотическим и биотическим факторам среды». Авторы статьи благодарят рецензентов за экспертную оценку.

Для цитирования: Бутовец Е. С., Клыков А. Г., Лукьянчук Л. М. Уровень урожайности сортов сои в контрастных погодных условиях // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 05. С. 678–689. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-678-689>.

Дата поступления статьи: 29.03.2024, **дата рецензирования:** 27.01.2025, **дата принятия:** 27.03.2025.

Yield of soybean varieties under contrast weather conditions

E. S. Butovets[✉], A. G. Klykov, L. M. Lukyanchuk

Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, Timiryazevskiy settlement, Ussuriysk, Russia

[✉]E-mail: otdelsoy@mail.ru

Abstract. Soybean is a wide spread protein and oil crop in the global agricultural production. The main challenge for active soybean growing in different regions is the response of the crop to local weather and soil conditions. **The purpose** of the research was to study promising soybean varieties for their adaptability parameters calculated based on the yield under the contrast conditions of Primorsky Krai. **Materials and methods.** Seventeen promising soybean varieties were studied according to generally accepted guidelines at the Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika (Primorsky Krai, Russia) in 2021–2023. **Scientific novelty.** We evaluated promising soybean varieties for the complex of adaptability parameters and identified genotypes with high adaptability parameter values. **Results.** The three years of research showed that the highest yield was characteristic of soybean varieties Primorskaya 1666 (2.54 t/ha), Primorskaya 1670 (2.47 t/ha), and Primorskaya 1672 (2.68 t/ha). The method of L. A. Zhivotkov was employed to identify the most adaptable varieties – Primorskaya 1672 and Primorskaya 1666. High stress resistance was observed in three soybean varieties: Primorskaya 1673 (–2.0), Primorskaya 1668 (–7.9), and Primorskaya 4 (–9.1). Varieties Primorskaya 1669, Primorskaya 1639, Primorskaya 1668, Primorskaya 4 (the standard), and Primorskaya 1673 were found to have high plasticity ($O = 3.5 \dots 16.3$). Significant variance in yield was characteristic of all the soybean varieties except for Primorskaya 1673. High ecological plasticity was noted in 47.0 % of the studied soybean varieties ($EPI = 1.0 \dots 1.24$). The highest response coefficient to the environmental conditions was observed in Primorskaya 1667, Primorskaya 1671, Primorskaya 1596, and Primorskaya 1670 ($Cr = 2.51 \dots 2.63$). The conducted evaluation of the specimens for the complex of adaptability parameters allowed us to identify the soybean genotypes that were able to produce high yield under the conditions of the steppe zone of Primorsky kray. Varieties Primorskaya 1672 (the rank sum was 49), Primorskaya 1669 (52), and Primorskaya 1639 (53) was characterized by high values of the adaptability parameters.

Keywords: variety, soybean, breeding, yield, stress resistance, adaptability, stability, plasticity

Acknowledgements. The study was carried out within the framework of the State assignment according to the thematic research plan FNGW-2022-0008 “To create new genotypes of agricultural crops with high productivity, resistance to abiotic and biotic factors of the environment”. The authors of the article thank the reviewers for their expert assessment.

For citation: Butovets E. S., Klykov A. G., Lukyanchuk L. M. Yield of soybean varieties under contrast weather conditions. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (05): 678–689. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-678-689>. (In Russ.)

Date of paper submission: 29.03.2024, **date of review:** 27.01.2025, **date of acceptance:** 27.03.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Большинство современных агрономических предприятий при выращивании сельскохозяйственных культур особое внимание уделяют такой культуре, как соя, интерес и потребность к которой увеличиваются с каждым годом за счет уникального химического состава семян и многофункциональности использования в различных отраслях промышленности [1; 2].

Соя – широко распространенная культура, выращиваемая в разных климатических зонах, часто с нестабильным и контрастным поведением в течение вегетации [3–5]. По своей природе соя явля-

ется растением теплого муссонного климата, и она очень требовательна к достаточному количеству тепла и влаги во время роста. В настоящее время большая часть посевов сои в России сосредоточена на Дальнем Востоке, где климатические и экологические условия контрастны, и характеризуются влагообеспеченностью, продолжительностью светового дня, температурой, почвенным покровом и солнечной освещенностью [6]. Учитывая особенности региона, эффективным фактором улучшения производства в сельском хозяйстве является сорт, а его высокая способность адаптироваться к агроусловиям является залогом повышения качества

урожая и производственных показателей [7–9]. Важным критерием отбора сорта для ввода в производство является продуктивность, которая контролируется на генетическом уровне и рассматривается как компромисс между продуктивностью и устойчивостью к негативным условиям внешней среды [10; 11]. При этом достижение совокупности высоких значений показателей в одном генотипе возможно посредством проведения селекционной оптимизации культуры [12; 13].

Данный процесс селекции в случае сои осуществляется большинством научных учреждений России классическим методом (гибридизацией) с привлечением ранее изученных родительских форм [14]. В дальнейшем образцы подвергаются оценке и отбору из них перспективных генотипов [15; 16]. Приоритетом в селекции является создание агроэкологических (адаптивных) сортов, обладающих пластичностью, способностью сопрягать высокую урожайность с качеством семян и возможностью противостоять различным стрессорам.

Цель исследования – изучить перспективные сорта сои в условиях степной зоны Приморского края по параметрам экологической адаптивности, установленной по уровню урожайности.

Методология и методы исследования (Methods)

Новые перспективные сорта сои изучали в 2021–2023 годах на полях лаборатории селекции сои ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки вблизи г. Уссурийска (западная степная зона Приморского края).

Согласно данным агрометеорологической станции «Тимирязевский» (Приморское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды), в период проведения испытаний (2021–2023 годы) были установлены контрастные погодные и климатические условия. Период вегетации сои в 2021 году, характеризовался засушливыми условиями, сравнительно высоким температурным фоном и длительным отсутствием дождей, поэтому количество осадков с июня по сентябрь было на 2,3–54,7 мм меньше средних многолетних значений. В некоторой степени это оказало негативное влияние на уровень урожайности культуры. В 2022 году сложились благоприятные условия для развития сои – в отдельные декады с июня по сентябрь было много влаги, количество осадков превышало норму на 24,7–101,0 мм. Погодные условия 2023 года также можно считать вполне благоприятными для сои, но большое количество выпавших осадков с июня по август в какой-то мере отрицательно повлияли на уровень урожайности. Показатель суммы осадков за данный период превысил на 34,5–336,7 мм за месяц. Наибольшее значение выпавших осадков 2023 года зафиксировано в первой (76,3 мм) и третьей (89,6 мм) декадах июня (среднемноголетнее 25,0), первой декаде июля – 96,4 мм (среднемноголет-

нее – 31,0), весь август – 115,6–220,5 мм (среднемноголетнее – 31,0–48,0). В данном году отмечено превышение среднемесячной температуры воздуха за период вегетации сои на 1,4–2,3 °С в сравнении со среднемноголетними значениями.

Агрохимические показатели полевого участка: рН солевой вытяжки 5,7 (ГОСТ 26483-85), гидролитическая кислотность – 2,5 мг-экв/кг почвы, N л. г. – 51,0 мг/кг почвы (ГОСТ Р 58596-2019), P₂O₅ – 45,0 мг/кг почвы и K₂O – 91,0 мг/кг почвы (ГОСТ Р 54650-2011), органическое вещество – 2,5 % (ГОСТ 2623-91).

Испытание 17 перспективных сортов сои ФНЦ агробιοтехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки осуществляли на заключительном этапе селекции. В качестве стандарта использовали среднеспелый сорт сои Приморская 4, который разрешен к выращиванию в Дальневосточном регионе. Закладка опыта проводилась по методике полевых испытаний [16]. Семена были посеяны из расчета 500 тыс. шт/га, площадь участка составила 22,0 м², повторность трехкратная. Механизированный посев и уборка урожая на участке. Оценку, учеты по признакам выполняли по методике [18].

Для установления уровня стабильности сорта использовали коэффициенты вариации (V) и выравненности (B), выявления существенных различий методом дисперсионного анализа, применялась методика Б. А. Доспехова [17]. Коэффициент адаптивности (KA) по урожайности сорта рассчитывали по методу Л. А. Животкова и др. [19]. Стрессоустойчивость, компенсаторную способность, гибкость сортов по урожайности устанавливали по методике А. А. Rossielle, J. Hemblin в изложении А. А. Гончаренко [20]. Коэффициент экологической пластичности (O) рассчитывали по Д. И. Баранскому [21]. Оценка стабильности сортов проводилась по показателю уровня стабильности (ПУСС) Э. Д. Неттевича [22]. По методу В. А. Зыкина вычисляли коэффициент отзывчивости сорта на условия возделывания (Kp) [23]. Для оценки сортов определяли индекс экологической пластичности (ИЭП) по А. А. Грязнову [24]. Индекс условий среды (I_p) использовали для выявления изменчивости условий возделывания. Оптимальные условия для роста и развития растений сои были в годы с положительным знаком индекса, худшие – с отрицательным.

Результаты (Results)

В результате изучения перспективных сортов сои на завершающем этапе селекции, было установлено, что все сорта относились к группе средней спелости, период вегетации от 111 до 119 дней, один сорт Приморская 1673 относился к среднеранней – 102 дня.

В среднем за период исследований урожайность сортов сои варьировала от 17,9 до 26,8 ц/га, в оптимальных условиях (2022 год) для форми-

рования данного показателя значения были выше (19,2–36,8 ц/га) (таблица 1). Превышали стандарт Приморская 4 три сорта: Приморская 1666 (+4,9 ц/га), Приморская 1670 (+4,2 ц/га) и При-

морская 1672 (+6,3 ц/га). В среднем по урожайности сорт Приморская 1673 уступал стандарту на 2,6 ц/га за счет наличия показателя «мелкосемянность» (масса 1000 зерен – 115 г).

Таблица 1
Урожайность перспективных сортов сои

Сорт	2021 г.	2022 г.	2023 г.	Среднее значение	Отношение к стандарту, ± ц/га	Ранг
Приморская 4 (ст.)	19,4	25,6	16,5	20,5	–	11
Приморская 1551	14,8	35,2	17,0	22,3	+1,8	6
Приморская 1595	15,4	33,3	17,1	21,9	+1,4	7
Приморская 1596	14,7	32,5	12,7	19,9	–0,6	13
Приморская 1607	17,1	31,9	12,9	20,6	+0,1	10
Приморская 1639	17,4	30,4	22,3	23,3	+2,8	5
Приморская 1664	15,3	29,7	15,7	20,2	–0,3	12
Приморская 1665	17,3	28,1	12,5	19,3	–1,2	16
Приморская 1666	14,5	34,1	27,8	25,4	+4,9	2
Приморская 1667	18,5	28,9	11,0	19,5	–1,0	14
Приморская 1668	16,8	24,7	16,9	19,5	–1,0	14
Приморская 1669	24,1	30,9	17,1	24,0	+3,5	4
Приморская 1670	24,1	35,7	14,2	24,7	+4,2	3
Приморская 1671	18,7	28,4	11,0	19,4	–1,1	15
Приморская 1672	24,6	36,8	19,1	26,8	+6,3	1
Приморская 1673	17,5	19,2	17,2	17,9	–2,6	17
Приморская 1677	15,0	33,2	16,9	21,7	+1,2	8
Приморская 1678	16,5	29,7	15,8	20,7	+0,2	9
Среднее по году	17,9	30,5	16,3	21,6	–	
$HCP_{0,05}$	2,9	2,7	3,1	–	–	
I_j	–3,6	+9,0	–5,2	–	–	

Примечание. I_j – индекс условий среды.

Table 1
Productivity of promising soybean varieties

Variety	2021	2022	2023	Medium	Relation to the standard, ± c/ha	Rank
Primorskaya 4 (st.)	19.4	25.6	16.5	20.5	–	11
Primorskaya 1551	14.8	35.2	17.0	22.3	+1.8	6
Primorskaya 1595	15.4	33.3	17.1	21.9	+1.4	7
Primorskaya 1596	14.7	32.5	12.7	19.9	–0.6	13
Primorskaya 1607	17.1	31.9	12.9	20.6	+0.1	10
Primorskaya 1639	17.4	30.4	22.3	23.3	+2.8	5
Primorskaya 1664	15.3	29.7	15.7	20.2	–0.3	12
Primorskaya 1665	17.3	28.1	12.5	19.3	–1.2	16
Primorskaya 1666	14.5	34.1	27.8	25.4	+4.9	2
Primorskaya 1667	18.5	28.9	11.0	19.5	–1.0	14
Primorskaya 1668	16.8	24.7	16.9	19.5	–1.0	14
Primorskaya 1669	24.1	30.9	17.1	24.0	+3.5	4
Primorskaya 1670	24.1	35.7	14.2	24.7	+4.2	3
Primorskaya 1671	18.7	28.4	11.0	19.4	–1.1	15
Primorskaya 1672	24.6	36.8	19.1	26.8	+6.3	1
Primorskaya 1673	17.5	19.2	17.2	17.9	–2.6	17
Primorskaya 1677	15.0	33.2	16.9	21.7	+1.2	8
Primorskaya 1678	16.5	29.7	15.8	20.7	+0.2	9
Annual average	17.9	30.5	16.3	21.6	–	
$LSD_{0,05}$	2.9	2.7	3.1	–	–	
I_j	–3.6	+9.0	–5.2	–	–	

Примечание. I_j – environmental conditions index.

Таблица 2

Параметры адаптации сортов сои по урожайности

Агротехнологии

Сорт	Стрессоустойчивость		Адаптивность				
	$X_{\min} - X_{\max}$	$(X_{\min} + X_{\max})/2$	O	V, %	B, %	ПУСС, %	ИЭП, ед.
Приморская 4, ст.	-9,1	21,0	4,4	22,7	77,3	100,0	0,95
Приморская 1551	-20,4	25,0	2,0	50,1	49,9	49,5	1,03
Приморская 1595	-17,9	24,3	2,2	45,0	55,0	54,1	1,01
Приморская 1596	-19,8	22,6	1,8	54,6	45,4	40,5	0,92
Приморская 1607	-19,0	22,4	2,1	48,4	51,6	47,3	0,95
Приморская 1639	-13,0	23,9	3,6	28,1	71,9	92,1	1,08
Приморская 1664	-14,1	22,5	2,5	40,5	59,5	55,4	0,94
Приморская 1665	-15,6	20,3	2,4	41,4	58,6	51,8	0,89
Приморская 1666	-19,6	24,3	2,5	39,3	60,7	71,8	1,18
Приморская 1667	-17,9	19,9	2,2	46,2	53,8	46,9	0,90
Приморская 1668	-7,9	20,7	4,3	23,3	76,7	93,0	0,90
Приморская 1669	-13,8	24,0	3,5	28,7	71,3	92,9	1,11
Приморская 1670	-21,5	24,9	2,3	43,6	56,4	62,9	1,14
Приморская 1671	-17,4	19,7	2,2	45,0	55,0	47,9	0,90
Приморская 1672	-17,7	27,9	3,0	33,7	66,3	88,4	1,24
Приморская 1673	-2,0	18,2	16,3	6,0	94,0	331,5	0,83
Приморская 1677	-18,2	24,1	2,2	46,1	53,9	52,3	1,00
Приморская 1678	-13,9	22,7	2,6	37,9	62,1	60,7	0,96

Примечание. $X_{\min} - X_{\max}$ – устойчивость к стрессу; $(X_{\min} + X_{\max})/2$ – компенсаторная способность по Rossielle, Hemblin; O – коэффициент экологической пластичности по Баранскому; V – коэффициент вариации; B – коэффициент выравнивания по Доспехову; ПУСС – показатель уровня стабильности сорта по Нettekвичу; ИЭП – индекс экологической пластичности сортов по Грязнову.

Table 2

Parameters of adaptation of soybean varieties by yield

Variety	Stress		Adaptability				
	$X_{\min} - X_{\max}$	$(X_{\min} + X_{\max})/2$	O	V, %	B, %	ILSV, %	EPI, un.
Primorskaya 4, cm.	-9.1	21.0	4.4	22.7	77.3	100.0	0.95
Primorskaya 1551	-20.4	25.0	2.0	50.1	49.9	49.5	1.03
Primorskaya 1595	-17.9	24.3	2.2	45.0	55.0	54.1	1.01
Primorskaya 1596	-19.8	22.6	1.8	54.6	45.4	40.5	0.92
Primorskaya 1607	-19.0	22.4	2.1	48.4	51.6	47.3	0.95
Primorskaya 1639	-13.0	23.9	3.6	28.1	71.9	92.1	1.08
Primorskaya 1664	-14.1	22.5	2.5	40.5	59.5	55.4	0.94
Primorskaya 1665	-15.6	20.3	2.4	41.4	58.6	51.8	0.89
Primorskaya 1666	-19.6	24.3	2.5	39.3	60.7	71.8	1.18
Primorskaya 1667	-17.9	19.9	2.2	46.2	53.8	46.9	0.90
Primorskaya 1668	-7.9	20.7	4.3	23.3	76.7	93.0	0.90
Primorskaya 1669	-13.8	24.0	3.5	28.7	71.3	92.9	1.11
Primorskaya 1670	-21.5	24.9	2.3	43.6	56.4	62.9	1.14
Primorskaya 1671	-17.4	19.7	2.2	45.0	55.0	47.9	0.90
Primorskaya 1672	-17.7	27.9	3.0	33.7	66.3	88.4	1.24
Primorskaya 1673	-2.0	18.2	16.3	6.0	94.0	331.5	0.83
Primorskaya 1677	-18.2	24.1	2.2	46.1	53.9	52.3	1.00
Primorskaya 1678	-13.9	22.7	2.6	37.9	62.1	60.7	0.96

Note. $X_{\min} - X_{\max}$ – Resistance to stress; $(X_{\min} + X_{\max})/2$ – Compensatory capacity Rossielle, Hemblin; O – Baransky's coefficient of ecological plasticity; V – Coefficient of variation; B – Armor equalization coefficient; PUSS – indicator of the level of stability of the variety by Nettekich; EPI – Gryaznov Index of Ecological Plasticity of Varieties.



Рис. 1. Коэффициент адаптивности (КА) перспективных сортов сои по Л. А. Животкову

В течение периода испытаний погодные условия носили контрастный характер, что позволило объективно оценить изучаемые сорта сои. Показатели условий окружающей среды (I_j) были контрастными и варьировались от +9,0 до –5,2. Оптимальные условия для выращивания сои создались в 2022 году, среднее значение урожайности в опыте равнялось 30,5 ц/га и превышало в 1,7 и 1,9 раза показатели 2023 и 2021 годов соответственно.

Достоверная и объективная информация об адаптивности определенных сортов сои, основанная на урожайности в условиях произрастания, устанавливалась путем расчета коэффициента адаптивности (КА) по методу Л. А. Животкова [19]. В исследованиях коэффициент адаптивности варьировал от 82,9 до 124,1 %, показатель выше 100,0 % имели 47,0 % изучаемых сортов сои (рис. 1). Отмечены более адаптивные сорта Приморская 1672 и Приморская 1666, менее – Приморская 1673, Приморская 1665 и Приморская 1671 (КА < 100 %).

Важно определить экологическую пластичность и стабильность сортов в районах выращивания с контрастными погодными условиями. Способность сорта адаптироваться к стрессу выявляется разницей между минимальными ($X_{\min}$) и максимальными ($X_{\max}$) значениями урожайности. Итак, чем меньше различий в показателях, тем больше у сорта стрессоустойчивость. Высокий уровень устойчивости к стрессу зафиксирован у трех сортов сои, в том числе стандарт: Приморская 1673 (–2,0), Приморская 1668 (–7,9) и Приморская 4 (–9,1); низкий – Приморская 1670 (–21,5), Приморская 1551 (–20,4), Приморская 1596 (–19,8), Приморская 1666 (–19,6) (таблица 2).

Параметр генетической гибкости ($(X_{\min} + X_{\max})/2$) определяет компенсаторную способность сорта в разнообразных условиях возделывания. Высокой

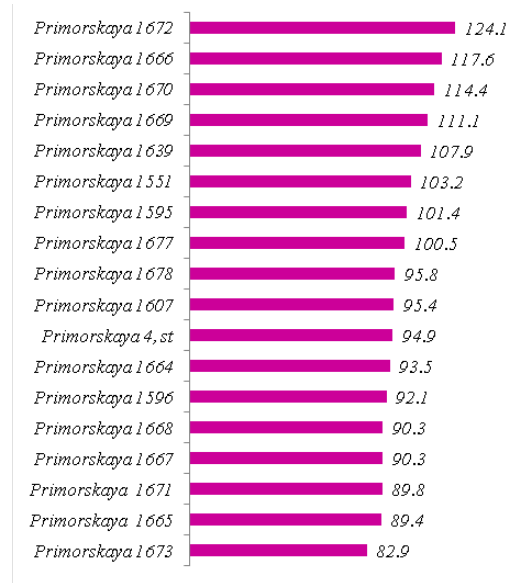


Fig. 1. Coefficient of adaptability (CA) of promising soybean varieties according to L. A. Zhivotkov

генетической гибкостью (от 24,0 до 27,9 ед.) характеризовались 41,2 % тестируемых сортов сои. Отмечено, что устойчивые к стрессу сорта отличались пониженной гибкостью, слабострессоустойчивые – повышенной (что позволило им сформировать больший уровень урожайности в благоприятных условиях).

Дополнительно была установлена экологическая пластичность сортов по методу Д. И. Баранского, указывающего на проявление большей степени пластичности – способностью генотипа чаще формировать повышенный урожай [21]. Более пластичные сорта сои ($O = 3,5 \dots 16,3$) – Приморская 1669, Приморская 1639, Приморская 1668, стандарт Приморская 4, Приморская 1673. Остальные сорта характеризовались в основном стабильностью признака ($O < 3,0$).

В качестве параметра стабильности урожайности использовали коэффициент вариации (V) по Б. А. Доспехову, предлагающего классифицировать вариабельность выборки признака: при $V \leq 10\%$ – слабая, $10\% \leq V \leq 20\%$ – средняя, при $V \geq 20\%$ – высокая [17]. В опыте отмечалась высокая изменчивость показателя урожайности у всех сортов сои, за исключением генотипа Приморская 1673, которому была характерна слабая изменчивость признака ($V = 6,0$). Значительную вариабельность признака можно аргументировать существенным воздействием условий среды.

Коэффициент выравненности (B) в большей степени обозначает хозяйственную ценность генотипа, который, как правило, принято считать показателем агрономической стабильности. Для производства в преимуществе те сорта, значения которых выше 70 %. К таким относились пять сортов сои: Приморская 1639, Приморская 1668, Приморская 1669, Приморская 1673, Приморская 4 ($B = 71,3 \dots 94,0\%$).

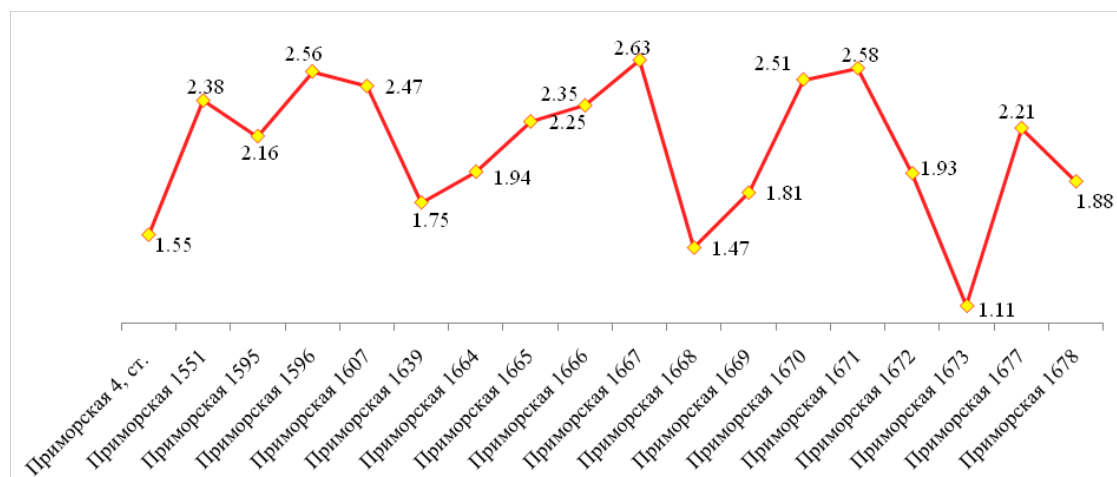


Рис. 2. Коэффициент отзывчивости (Кр) на улучшение условий выращивания перспективных сортов сои по В. А. Зыкину

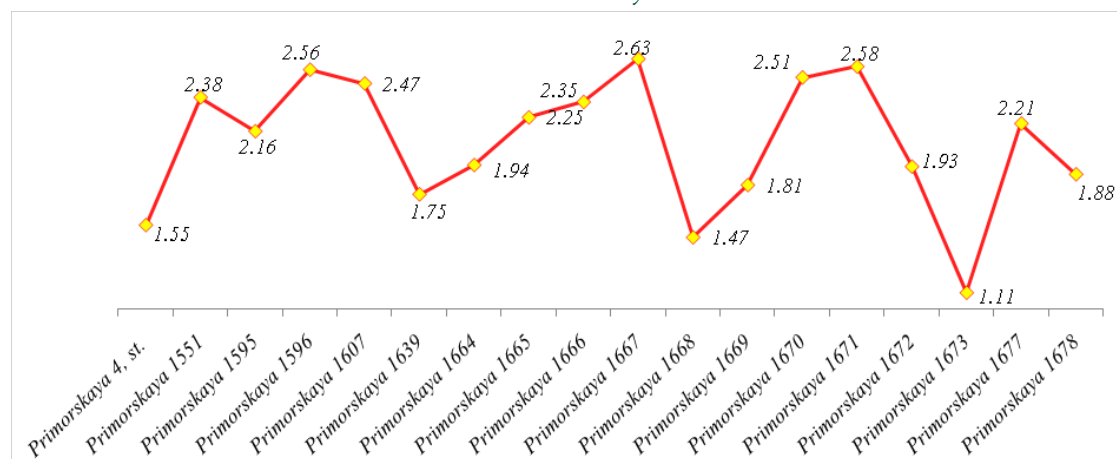


Fig. 2. Coefficient of responsiveness (Cr) to the improvement of growing conditions of promising soybean varieties by V. A. Zykin

Адаптивность сорта, рассчитанная по методике Э. Д. Неттевича [22], учитывает суммарный объем стабильности и уровня показателя относительно стандартного сорта, демонстрирует возможности генотипа при улучшении условий произрастания, в ситуации ухудшения – удерживать урожайность на достаточно высоком уровне. Чем выше этот показатель, тем более стабилен сорт. Достоверное превышение показателя уровня стабильности (ПУСС) над стандартом отмечено у сорта Приморская 1673 (331,5 %), у остальных сортов он варьировал от 40,5 % (Приморская 1596) до 93,0 % (Приморская 1668).

В регионах с неустойчивыми погодными условиями требуется также анализ генотипов сои по индексу экологической пластичности (ИЭП). Высокие значения результата характеризуют большую пластичность генотипа (ИЭП > 1), т. е. сорт более ценный при возделывании. В испытании индекс экологической пластичности варьировал от 0,83 ед. (Приморская 1673) до 1,24 ед. (Приморская 1672). Высокой пластичностью обладали 47,0 % сортов сои (ИЭП = 1,0...1,24 ед.).

Для выявления адаптационных способностей сорта сои применили коэффициент отзывчивости на условия окружающей среды по методике В. А. Зыкина [23]. Чем выше коэффициент, тем лучше. При $Kp > 1,0$ сорт положительно реагирует на улучшение условий выращивания, $Kp < 1,0$ – отрицательно, $Kp = 0$ – нейтрально. Все протестированные сорта сои положительно отреагировали на улучшение условий выращивания, при этом был зафиксирован самый высокий коэффициент у Приморская 1667, Приморская 1671, Приморская 1596 и Приморская 1670 ($Kp = 2,51...2,63$) (рис. 2).

Для повышения точности анализа реакции сортов на возделывание в контрастных условиях среды, необходимо использовать несколько методов и показателей для выявления адаптивных способностей генотипов. По результатам оценки каждому значению параметра следует присвоить ранг относительно практической ценности генотипа, который в дальнейшем суммируется касательно конкретного сорта (таблица 3). При этом первый ранг считается наивысшей оценкой.

Таблица 3

Ранжирование сортов сои по параметрам адаптации

Сорт	КА	$X_{\min} - X_{\max}$	$(X_{\min} + X_{\max})/2$	O	V, %	B, %	ПУСС, %	ИЭП	Кр
Приморская 4, ст.	11	3	12	2	2	2	2	10	16
Приморская 1551	6	16	2	13	16	16	14	6	6
Приморская 1595	7	11	4	11	12	12	11	7	10
Приморская 1596	13	15	9	14	17	17	18	12	3
Приморская 1607	10	13	11	12	15	15	16	10	5
Приморская 1639	5	4	7	4	4	4	5	5	15
Приморская 1664	12	7	10	8	9	9	10	11	11
Приморская 1665	17	8	14	9	10	10	13	14	8
Приморская 1666	2	14	4	8	8	8	7	2	7
Приморская 1667	15	11	15	11	14	14	17	13	1
Приморская 1668	14	2	13	3	3	3	3	13	17
Приморская 1669	4	5	6	5	5	5	4	4	14
Приморская 1670	3	17	3	10	11	11	8	3	4
Приморская 1671	16	9	16	11	12	12	15	13	2
Приморская 1672	1	10	1	6	6	6	6	1	12
Приморская 1673	18	1	17	1	1	1	1	15	18
Приморская 1677	8	12	5	11	13	13	12	8	9
Приморская 1678	9	6	8	7	7	7	9	9	13

Agrotechnologies

Table 3

Ranking of soybean varieties by adaptation parameters

Variety	KA	$X_{\min} - X_{\max}$	$(X_{\min} + X_{\max})/2$	O	V, %	B, %	ILSV, %	EPI	Cr
Primorskaya 4, st.	11	3	12	2	2	2	2	10	16
Primorskaya 1551	6	16	2	13	16	16	14	6	6
Primorskaya 1595	7	11	4	11	12	12	11	7	10
Primorskaya 1596	13	15	9	14	17	17	18	12	3
Primorskaya 1607	10	13	11	12	15	15	16	10	5
Primorskaya 1639	5	4	7	4	4	4	5	5	15
Primorskaya 1664	12	7	10	8	9	9	10	11	11
Primorskaya 1665	17	8	14	9	10	10	13	14	8
Primorskaya 1666	2	14	4	8	8	8	7	2	7
Primorskaya 1667	15	11	15	11	14	14	17	13	1
Primorskaya 1668	14	2	13	3	3	3	3	13	17
Primorskaya 1669	4	5	6	5	5	5	4	4	14
Primorskaya 1670	3	17	3	10	11	11	8	3	4
Primorskaya 1671	16	9	16	11	12	12	15	13	2
Primorskaya 1672	1	10	1	6	6	6	6	1	12
Primorskaya 1673	18	1	17	1	1	1	1	15	18
Primorskaya 1677	8	12	5	11	13	13	12	8	9
Primorskaya 1678	9	6	8	7	7	7	9	9	13

Комплексная оценка на адаптационные возможности относительно минимальной суммы рангов выявила перспективные сорта сои в большей степени способные формировать высокую урожайность в условиях степной зоны Приморского края (рис. 3).

По итогам исследования три сорта сои характеризовались высокими параметрами адаптации: Приморская 1672 (сумма рангов 49), Приморская 1669 (52), Приморская 1639 (53).

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

На сегодняшний день соя – наиболее известная белково-масличная культура. В Российской Федерации наблюдается положительная динамика увели-

чения площадей под соей. Ограничивающим фактором распространения и активного выращивания сои в различных регионах является её реакция на ряд экологических факторов в зоне культивирования. Для достижения успешного итога от возделывания данной культуры необходимо подобрать сорт, способный сочетать стабильно высокую урожайность с качеством семян, устойчивостью к разнообразным абиотическим и биотическим стрессорам.

По результатам трехлетнего исследования перспективных сортов сои на адаптационные способности по признаку «урожайность» выделены генотипы с высокими показателями:

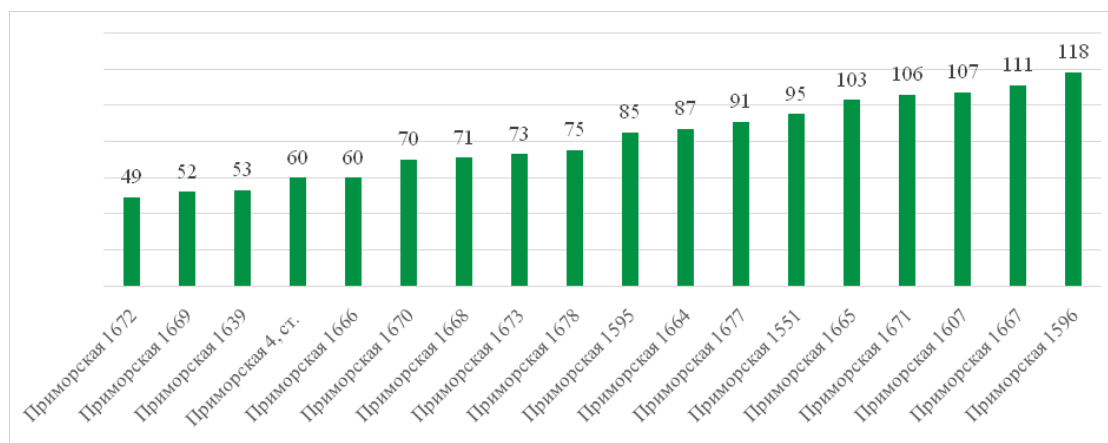


Рис. 3. Суммы рангов перспективных сортов сои

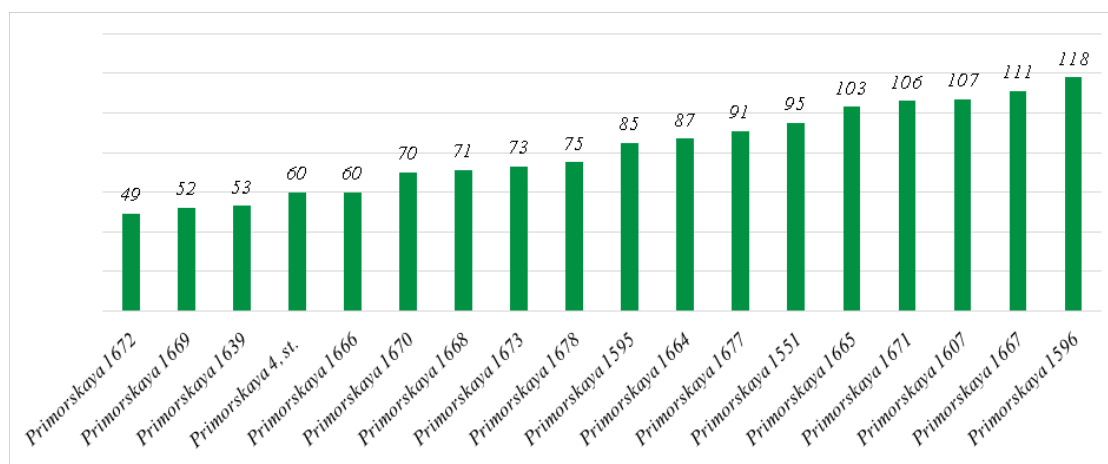


Fig. 3. Sums of ranks of promising soybean varieties

– по урожайности сорта сои: Приморская 1666 (25,4 ц/га), Приморская 1670 (24,7 ц/га) и Приморская 1672 (26,8 ц/га);
 – уровню адаптивности (КА): Приморская 1672 и Приморская 1666;
 – стрессоустойчивости: Приморская 1673 (–2,0), Приморская 1668 (–7,9) и Приморская 4 (–9,1). Устойчивые сорта к стрессу отличались пониженной гибкостью;
 – степени пластичности (О = 3,5...16,3): Приморская 1669, Приморская 1639, Приморская 1668, стандарт Приморская 4, Приморская 1673;

– выравненности (В) Приморская 1639, Приморская 1668, Приморская 1669, Приморская 1673, Приморская 4 (В = 71,3...94,0 %);
 – уровню стабильности сорта: Приморская 1673 (ПУСС = 331,5 %);
 – индексу экологической пластичности – 47,0 % сортов сои обладали высокими значениями.

Наибольшим уровнем адаптационных возможностей при выращивании в условиях степной зоны Приморского края и способностью формировать высокую урожайность характеризовались сорта сои Приморская 1672, Приморская 1669, Приморская 1639.

Библиографический список

1. Шахова М. Н., Бутова С. В., Воронцов В. В. Разработка технологии получения белково-липидного комплекса из семян сои // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2023. № 2 (21). С. 65–73. DOI: 10.53914/issn2311-6870_2023_2_65.
2. Галиченко А. П., Фокина Е. М. Влияние метеорологических условий на формирование урожайности сортов сои селекции ВНИИ сои // Аграрный вестник Урала. 2022. № 7 (222). С. 16–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25.
3. Yuzbashkandi S. S., Khalilian S. On projecting climate change impacts on soybean yield in Iran: an econometric approach // Environmental Processes. 2020. Vol. 7. Pp. 73–87.
4. Dos Santos C. A. C., Neale C. M. U., Mekonnen M. M., et al. Trends of extreme air temperature and precipitation and their impact on corn and soybean yields in Nebraska, USA // Theoretical and Applied Climatology. 2022. Vol. 147. Pp. 1379–1399. DOI: 10.1007/s00704-021-03903-7.

5. Tsekhmeistruk M., Pankova O., Kolomatska V. et al. Influence of weather and climatic conditions on soybean yield // *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11 (4). Pp. 11–17. DOI: 10.15421/2021_193.
6. Зайцев Н. И., Ревенко В. Ю., Устарханова Э. Г. Влияние погодных факторов на продуктивность перспективных линий сои в зоне неустойчивого увлажнения // *Масличные культуры: научно-технический бюллетень ВНИИМК*. 2020. № 2 (182). С. 62–69. DOI: 10.25230/2412-608X-2020-2-182-62-69.
7. Гиченкова О. Г., Лаптина Ю. А., Кузнецова Н. В., Лаптина У. А. Адаптационные показатели сортов картофеля разных групп спелости в условиях Волгоградской области // *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2023. № 1 (69). С. 157–167. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-16.
8. Fokina E., Belyaeva G. Features of the new mid-season soybean variety Zolushka // *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems*. 2022. Vol. 353. Pp. 105–112. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_13.
9. Li M., Liu Y., Wang C., et al. Identification of traits contributing to high and stable yields in different soybean varieties across three Chinese latitudes // *Frontiers in Plant Science*. 2020. Vol. 10. Article number 1642. DOI: 10.3389/fpls.2019.01642.
10. Федотова Е. В., Маглинец Ю. А. [и др.] Опыт прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур с использованием имитационных моделей // *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 8 (161). С. 43–48.
11. Юсова О. А., Николаев П. Н. [и др.] Уровень качества зерна омских сортов овса ярового в контрастных экологических условиях // *Вестник НГАУ*. 2020. № 2. С. 84–96. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-84-96.
12. Rani A., Kumar V. Soybean breeding // In: D. K. Yadava, H. K. Dikshit, G. P. Mishra, Sh. Tripathi, eds. *Fundamentals of field crop breeding*. Singapore: Springer, 2022. Pp. 907–944. DOI: 10.1007/978-981-16-9257-4_17.
13. Hegstad J. M., Nelson R. L., Renny-Byfield S., et al. Introgression of novel genetic diversity to improve soybean yield // *Theoretical and Applied Genetics*. 2019. Vol. 132. Pp. 2541–2552. DOI: 10.1007/s00122-019-03369-2.
14. Васина Е. А., Бутовец Е. С., Лукьянчук Л. М. Результаты изучения исходного материала сои в условиях Приморского края для селекционных целей // *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2022. № 183 (4). С. 19–29. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-19-29.
15. Новикова Л. Ю., Сеферова И. В. [и др.] Влияние погодно-климатических условий на содержание белка и масла в семенах сои на Северном Кавказе // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2018. № 22 (6). С. 708–715. DOI: 10.18699/VJ18.414.
16. Бутовец Е. С., Лукьянчук Л. М. [и др.] Влияние погодно-климатических условий на формирование белка и масла в семенах сои в Приморском крае // *Вестник КрасГАУ*. 2023. № 2 (191). С. 88–97. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-88-97.
17. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва: Книга по требованию, 2012. 416 с.
18. Корсаков Н. И., Мякушко Ю. П. Соя: методические указания по селекции и семеноводству. Ленинград: ВИР, 1975. 159 с.
19. Животков Л. А., Морозова З. А., Секатуева Л. И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по урожайности // *Селекция и семеноводство*. 1994. № 2. С. 3–6.
20. Гончаренко А. А. Об адаптивности и экологической устойчивости сортов зерновых культур // *Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2005. № 6. С. 49–53.
21. Баранский Д. И. Экологическая пластичность и ее роль в процессе перерождения сортосмеси // *Bigrum select. Biggiry Одеської сільськогосподарської станції*. 1926. № 2. С. 81–91.
22. Неттевич Э. Д., Моргунов А. И., Максименко М. И. Повышение эффективности отбора яровой пшеницы на стабильность, урожайность и качество зерна // *Вестник сельскохозяйственной науки*. 1985. № 1. С. 66–73.
23. Зыкин В. А. Параметры экологической пластичности сельскохозяйственных растений, их расчет и анализ: методические рекомендации. Новосибирск: СО ВАСХНИЛ, 1984. 24 с.
24. Грязнов А. А. Карабалыкский ячмень // *Кустанай: Печатный двор*, 1996. 448 с.

Об авторах:

Екатерина Сергеевна Бутовец, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, и. о. заведующего лабораторией селекции сои, Федеральный научный центр агrobiотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки, п. Тимирязевский, Уссурийск, Россия; ORCID 0000-0002-2879-3570, AuthorID 673696. E-mail: otelsoy@mail.ru

Алексей Григорьевич Клыков, доктор биологических наук, заведующий отделом селекции и биотехнологии сельскохозяйственных культур, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки, п. Тимирязевский, Уссурийск, Россия; ORCID 0000-0002-2390-3486, AuthorID 96183.

E-mail: alex.klykov@mail.ru

Людмила Михайловна Лукьянчук, научный сотрудник лаборатории селекции сои, Федеральный научный центр агробиотехнологий Дальнего Востока им. А. К. Чайки, п. Тимирязевский, Уссурийск, Россия; ORCID 0000-0001-7584-4652, AuthorID 683920. *E-mail: lcy1987@mail.ru*

References

1. Shakhova M. N., Butova S. V., Vorontsov V. V. Development of a technology for obtaining a protein-lipid complex from soybean seeds. *Technologies and Marketing Science of Agricultural Produce*. 2023; 2 (21): 65–73. DOI: 10.53914/issn2311-6870_2023_2_65. (In Russ.)
2. Galichenko A. P., Fokina E. M. Meteorological effects in formation of the yield of soybean varieties bred by ARSRI of soybean. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 7 (222): 16–25. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-222-07-16-25. (In Russ.)
3. Yuzbashkandi S. S., Khalilian S. On projecting climate change impacts on soybean yield in Iran: an econometric approach. *Environmental Processes*. 2020; 7: 73–87.
4. Dos Santos C. A. C., Neale C. M. U., Mekonnen M. M., et al. Trends of extreme air temperature and precipitation and their impact on corn and soybean yields in Nebraska, USA. *Theoretical and Applied Climatology*. 2022; 147: 1379–1399. DOI: 10.1007/s00704-021-03903-7.
5. Tsekhmeistruk M., Pankova O., Kolomatska V., et al. Influence of weather and climatic conditions on soybean yield. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021; 11 (4): 11–17. DOI: 10.15421/2021_193.
6. Zaytsev N. I., Revenko V. Yu., Ustarkhanova E. G. Influence of weather factors on the productivity of perspective soybean lines in the unstable moisture zone. *Oil Crops. Scientific and technical bulletin of V. S. Pustovoit All-Russian Research Institute of Oil Crops*. 2020; 2 (182): 62–69. DOI: 10.25230/2412-608X-2020-2-182-62-69. (In Russ.)
7. Gichenkova O. G., Laptina Yu. A., Kuznetsova N. V., Laptina U. A. Adaptation indicators of potato varieties of different maturity groups in the conditions of the Volgograd region. *Izvestia of the Lower Volga Agro-University Complex*. 2023; 1 (69): 157–167. DOI: 10.32786/2071-9485-2023-01-16. (In Russ.)
8. Fokina E., Belyaeva G. Features of the new mid-season soybean variety Zolushka. *Fundamental and Applied Scientific Research in the Development of Agriculture in the Far East: Agricultural Innovation Systems*. 2022; 353: 105–112. DOI: 10.1007/978-3-030-91402-8_13
9. Li M., Liu Y., Wang C., et al. Identification of traits contributing to high and stable yields in different soybean varieties across three Chinese latitudes. *Frontiers in Plant Science*. 2020; 10: 1642. DOI: 10.3389/fpls.2019.01642.
10. Fedotova E. V., Maglinets Yu. A., et al. The experience in crop yields forecasting using simulation models. *The Bulletin of KrasGAU*. 2020; 8 (161): 43–48. (In Russ.)
11. Yusova O. A., Nikolaev P. N., et al. Spring grain quality of Omsk oat varieties in the extreme environmental conditions. *Bulletin of NSAU*. 2020; 2: 84–96. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-55-2-84-96. (In Russ.)
12. Rani A., Kumar V. *Soybean breeding*. In: D. K. Yadava, H. K. Dikshit, G. P. Mishra, Sh. Tripathi, eds. *Fundamentals of field crop breeding*. Singapore: Springer, 2022. Pp. 907–944. DOI: 10.1007/978-981-16-9257-4_17
13. Hegstad J. M., Nelson R. L., Renny-Byfield S., et al. Introgression of novel genetic diversity to improve soybean yield. *Theoretical and Applied Genetics*. 2019; 132: 2541–2552. DOI: 10.1007/s00122-019-03369-2.
14. Vasina E. A., Butovets E. S., Luk'yanchuk L. M. Results of a study of soybean source material for breeding purposes under the conditions of Primorsky territory. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2022; 183 (4): 19–29. DOI: 10.30901/2227-8834-2022-4-19-29. (In Russ.)
15. Novikova L. Yu., Seferova I. V., et al. Impact of weather and climate on seed protein and oil content of soybean in the North Caucasus. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2018; 22 (6): 708–715. DOI: 10.18699/VJ18.414. (In Russ.)
16. Butovets E. S., Luk'yanchuk L. M., et al. Weather and climatic conditions impact on protein and oil synthesis in soybean seeds in the Primorsky region. *The Bulletin of KrasGAU*. 2023; 2 (191): 88–97. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-2-88-97. (In Russ.)
17. Dospekhov B. A. *Methods of field experiments (with the basics of the statistical processing of research results)*. Moscow: Print on Demand, 2012. 416 p. (In Russ.)
18. Korsakov N. I., Myakushko Yu. P. *Soybean: guidelines on breeding and seed production*. Leningrad: VIR, 1975. 159 p. (In Russ.)

19. Zhivotkov L. A., Morozova Z. A., Sekatueva L. I. Methods for evaluating the potential productivity and adaptability of varieties and breeding forms of winter wheat for yield. *Breeding and Seed Production*. 1994; 2: 3–6. (In Russ.)
20. Goncharenko A. A. On adaptivity and ecological resistance of grain crop varieties. *The Bulletin of the Russian Academy of Agricultural Sciences*. 2005; 6: 49–53. (In Russ.)
21. Baranskiy D. I. Ecological plasticity and its role in the process of transformation of a varietal mixture. *Bigrum select. Biggiry Odessa small-scale farms to the station*. 1926; 2: 81–91. (In Russ.)
22. Nettevich E. D., Morgunov A. I., Maksimenko M. I. Increasing the efficiency of the selection of spring wheat for stability, yield and seed quality. *The Bulletin of Agricultural Science*. 1985; 1: 66–73. (In Russ.)
23. Zykin V. A. *Parameters of the ecological plasticity of agricultural plants, their calculation and analysis: guidelines*. Novosibirsk: SO VASKHNIL, 1984. 24 p. (In Russ.)
24. Gryaznov A. A. *Barley of Karabalyk*. Kustanay: Pechatnyy dvor, 1996. 448 p. (In Russ.)

Authors' information:

Ekaterina S. Butovets, candidate of agricultural sciences, leading researcher, acting head of the laboratory of soybean breeding, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, Timiryazevskiy settlement, Ussuriysk, Russia; ORCID 0000-0002-2879-3570, AuthorID 673696.

E-mail: otelsoy@mail.ru

Aleksey G. Klykov, doctor of biological sciences, head of the department of the breeding and biotechnology of agricultural crops, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, Timiryazevskiy settlement, Ussuriysk, Russia; ORCID 0000-0002-2390-3486, AuthorID 96183,

E-mail: alex.klykov@mail.ru

Lyudmila M. Lukyanchuk, researcher, laboratory of soybean breeding, Federal Scientific Center of Agricultural Biotechnology of the Far East named after A. K. Chaika, Timiryazevskiy settlement, Ussuriysk, Russia; ORCID 0000-0001-7584-4652, AuthorID 683920. *E-mail: lucy1987@mail.ru*

Картирование степной растительности аридной территории Ставропольского края

Н. Г. Лапенко[✉], М. А. Старостина, Р. Д. Костицын

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск,
Ставропольский край, Россия

[✉]E-mail: sniish_stepi@mail.ru

Аннотация. В статье представлена карта современного состояния степной растительности аридной территории Ставрополья, находящейся в статусе земель сельхозназначения и являющейся природной кормовой базой для сельскохозяйственных животных с легендой. В ее основе почвенно-климатические и экологические условия, состав растительного покрова степных сообществ с выделением доминантных и содоминантных видов, характеризующих типы растительности и их растительные модификации. **Цель работы** – картографически показать фактическое состояние степных сообществ на основе анализа и обобщения материалов геоботанического обследования их растительного покрова. **Методы.** Карта растительности создана по материалам, полученным в ходе наземного геоботанического обследования степной растительности и анализа полевых материалов. В основе легенды использована классификация растительности по территориальной (зональной) принадлежности. На основе полевых материалов и классификации растительного покрова степных экосистем с использованием геоинформационных технологий создана геоботаническая карта растительности степных фитоценозов. **Результаты исследования.** Показано картографически, что растительность степных сообществ, используемая под выпас (нередко перевыпас) сельскохозяйственных животных, занята преимущественно малопродуктивными однолетниково-разнотравными, полынными, однолетниково-полынными растительными модификациями (С-2А-I-3б, С-2А-II-4б, С-4А-I-1б, П-1Б-I-1б, П-5А-I-6б). Самые неблагоприятные для выпаса животных территории представлены растительными модификациями (С-3А-II-6в, П-1Б-I-4в, П-3А-II-9в). Установлено, что значительная часть растительности степных фитоценозов закартированной территории нуждается в фитомелиоративных мероприятиях по улучшению травостоя степных угодий или его восстановлению. Особую ценность как потенциальные семенники представляют фрагменты растительности, сохранившие ядро целинной флоры – виды злаков: житняка, ковылей, овсяницы (С-2А-II-1, С-2А-II-3, С-5А-I-2, П-1Б-I-1, П-3А-I-7). **Научная новизна.** На основе анализа материалов геоботанического обследования аридной территории Ставропольского края впервые картографически показано фактическое состояние растительного покрова степных сообществ.

Ключевые слова: выпас животных, геоботанические контуры, группа типов растительности, карта растительности, кормовая база, легенда к карте, модификации растительные, степная растительность

Благодарности. Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-26-20027, <https://rscf.ru/project/24-26-20027/>

Для цитирования: Лапенко Н. Г., Старостина М. А., Костицын Р. Д. Картирование степной растительности аридной территории Ставропольского края // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 05. С. 690–702. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-690-702>.

Дата поступления статьи: 04.02.2025, **дата рецензирования:** 18.03.2025, **дата принятия:** 04.04.2025.

Mapping the steppe vegetation of an arid territory Stavropol Territory

N. G. Lapenko[✉], M. A. Starostina, R. D. Kostitsyn

North Caucasus Federal Scientific Agricultural Center, Mikhaylovsk, Stavropol Territory, Russia

[✉]E-mail: sniish_stepi@mail.ru

Abstract. The article presents a map of the current state of the steppe vegetation of the arid territory of Stavropol, which is in the status of agricultural land and is a natural food base for farm animals with a legend. It is based on soil, climatic and ecological conditions, the composition of the vegetation cover of steppe communities with the allocation of dominant and co-dominant species characterizing vegetation types and their plant modifications. **The purpose** of the work is to cartographically show the actual state of steppe communities based on the analysis and generalization of geobotanical survey materials of their vegetation cover. **Methods.** The vegetation map was created based on the materials obtained during the ground-based geobotanical survey of steppe vegetation and the analysis of field materials. The legend is based on the classification of vegetation by territorial (zonal) affiliation. A geobotanical vegetation map of steppe phytocoenosis has been created based on field materials and classification of vegetation cover of steppe ecosystems using geoinformation technologies. **The results** of the study. It is shown cartographically that the vegetation of steppe communities, used for grazing (often overgrazing) farm animals, is occupied mainly by low-yielding annual-herbaceous, wormwood, annual-wormwood plant modifications (C-2A-I-3b, C-2A-II-4b, C-4A-I-1b, P-1B-I-1b, P-5A-I-6b). The territories most unfavorable for animal grazing are represented by plant modifications (C-3A-II-6b, P-1B-I-4b, P-3A-II-9b). It has been established that a significant part of the vegetation of steppe phytocoenosis of the mapped territory needs phytomeliorative measures to improve the grassland of steppe lands or restore it. Of particular value, as potential testees, are fragments of vegetation that preserved the core of the virgin flora – species of cereals: bush-grass, fescue (C-2A-II-1, C-2A-II-3, C-5A-I-2, P-1B-I-1, P-3A-I-7). **Scientific novelty.** Based on the analysis of materials from the geobotanical survey of the arid territory of the Stavropol Territory, the actual state of the vegetation cover of steppe communities is shown cartographically for the first time.

Keywords: animal grazing, geobotanical contours, vegetation type group, vegetation map, food base, map legend, vegetation modifications, steppe vegetation

Acknowledgements. This research was funded by Russian Science Foundation № 24-26-20027, <https://rscf.ru/en/project/24-26-20027/>

For citation: Lapenko N. G., Starostina M. A., Kostitsyn R. D. Mapping the steppe vegetation of an arid territory Stavropol Territory. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025. 25 (05): 690–702. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-690-702>. (In Russ.)

Date of paper submission: 04.02.2025, **date of review:** 18.03.2025, **date of acceptance:** 04.04.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

В прошлом столетии степи аридной территории юга России, в их числе Ставропольского края, претерпели сильнейшее антропогенное деструктивное воздействие, в том числе техногенное [1; 2]. Это распаханые площади целинных степей, строительство газо- и нефтепроводов, линий электро-снабжения, обводнительных и оросительных каналов и др. [3].

Кроме того, имея статус земель сельскохозяйственного назначения, степная растительность региона в пастбищный период использовалась и продолжает использоваться животноводами под выпас крупного рогатого скота (КРС) и овец. То есть, являясь важным источником природных кормов для животных, растительность природных экосистем

степного Ставрополя подвергалась длительной интенсивной пастбищной нагрузке [4; 5]. Нагрузка крупного и мелкого рогатого скота при нормативном выпасе – 0,3–0,5 усл. гол/га, к началу XXI века возросла до 2–3. Она же сохраняется и на текущий период [6; 7].

Изъятие из оборота площадей целинных земель и интенсивный, нерегулируемый выпас сельскохозяйственных животных автоматически увеличили нагрузку на оставшиеся площади степных фитоценозов. То есть основной фактор деградации растительности степных экосистем – нерациональная хозяйственная деятельность. И эта тенденция не ослабевает, что подтверждается многолетними исследованиями ученых ботаников [5; 6; 8]. Как след-

ствие, возникает деградация растительности степных сообществ.

В Ставропольском крае данная проблема наиболее остра в районах сухих и полупустынных степей, территориях традиционного пастбищного хозяйства, с дефицитом влаги, высокими летними температурами, суховеями и жестким солевым режимом почвенного покрова [5].

Цель нашей работы – показать картографически фактическое состояние степных сообществ аридной территории региона на основе анализа и обобщения материалов геоботанического обследования их растительного покрова.

Для выявления фактического состояния растительности степных экосистем и оценки их природного и экологического потенциала важно иметь геоботаническую карту актуальной растительности, которая содержит информацию о современном состоянии растительного покрова степей, о соотношении территорий, занятых деградированной растительностью, измененной в результате использования, а также естественной растительностью, сохранившей злаки доминанты целинных степей.

Методология и методы исследования (Methods)

Благодаря большому фактическому материалу, полученному в ходе наземного геоботанического обследования растительности степных экосистем аридной территории региона, закономерности распределения их растительного покрова нашли картографическое отображение.

Место нашего исследования – территория юго-восточного Ставрополья, включающая земли муниципальных образований: Курского, Левокумского, Нефтекумского и Степновского районов. По агро-экологическим и почвенным условиям территория относится к засушливой и крайне засушливой почвенно-климатическим зонам с равнинным рельефом и абсолютными высотами не более 200 м.

Климат местности резко континентальный со среднегодовой температурой воздуха 11,2 °С. Максимальная температура летом может достигать 42 °С. Среднеминимальные температуры в декабре – феврале (–21,4 °С). Среднегодовое количество осадков – 384–387 мм. Гидротермический коэффициент (ГТК) – 0,64. Осадки выпадают неравномерно в течение года. Основная их часть приходится на осенне-весенний сезон. Летние осадки кратковременные, ливневого характера, что способствует распространению водной эрозии. В летнее время восточный ветер приносит раскаленный воздух среднеазиатских пустынь. С ним связаны засухи и пылевые бури, начинающиеся при скорости ветра 15–20 м/с [9; 10].

В результате сочетания климата и рельефа сложился современный почвенный покров. Преобладающие почвы – темно-каштановые, каштановые

и светло-каштановые. Почвенный покров с низким бонитетом – от 22 до 34 баллов.

Естественный растительный покров целинных степей исследуемой территории, сформировавшийся соответственно климатическим условиям и характеру почв, по атласу Ставропольского края относится к злаково-полынной формации [11].

Карта современного состояния растительности степных экосистем исследуемой территории создана на основе материалов, полученных экспедиционно в 2024 году в результате наземного геоботанического обследования степной растительности 55 учетных площадок (10 × 10 м) аридной части Ставропольского края по системе О. Друде с отметкой обилия видов, проективного покрытия поверхности почвы основаниями растений, местоположения пунктов исследования [12; 13].

По полученным результатам полевых материалов описаний пунктов исследования и их анализе проведена эколого-фитоценотическая систематизация растительности степных сообществ, соответственно, определены типы растительных сообществ, растительные модификации, их состав.

Результаты (Results)

Материалы полевых геоботанических изысканий изучаемой территории проанализированы и структурированы в соответствии с классификацией естественных кормовых угодий [14], содержащей ряд таксонов (соподчиненных таксономических единиц) – классов, подклассов, групп типов и их модификаций, в основу систематизации которых положен ряд экологических факторов – абиотических, антропогенных, биотических.

По результатам геоботанического описания растительности 55 пунктов исследования (рис. 1) с помощью геоинформационных систем составлена геоботаническая карта территории, отражающая закономерности распределения растительного покрова природных степных сообществ исследуемой зоны, выполненная в масштабе: 1 : 700 000 (в 1 см 7 км) в картографической программе Mapinfo Professional.

Картографической основой являются снимок Bing и вектора границ административных районов аридной территории Ставропольского края в формате .tab. На картографической основе выделены однородные геоботанические контуры типов растительности и растительных модификаций (рис. 2).

На основе полевых материалов крупномасштабного геоботанического обследования и классификации растительного покрова степных экосистем и компьютерной обработки картографического материала с использованием геоинформационных технологий создана геоботаническая карта растительности аридной территории Ставропольского края [15; 16].

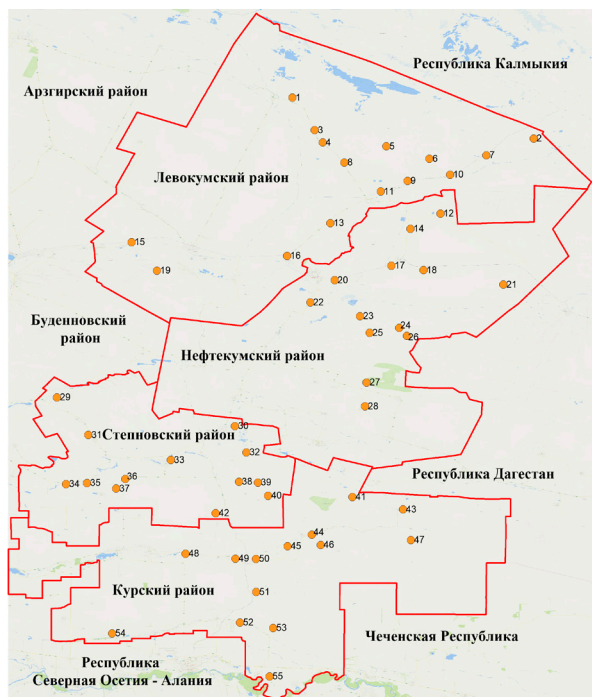


Рис. 1. Пункты исследования, их местоположение

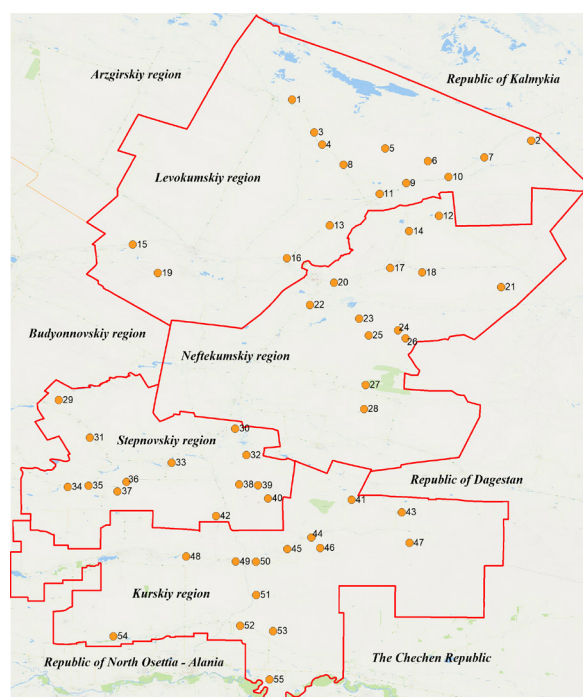


Fig. 1. Research points, their location

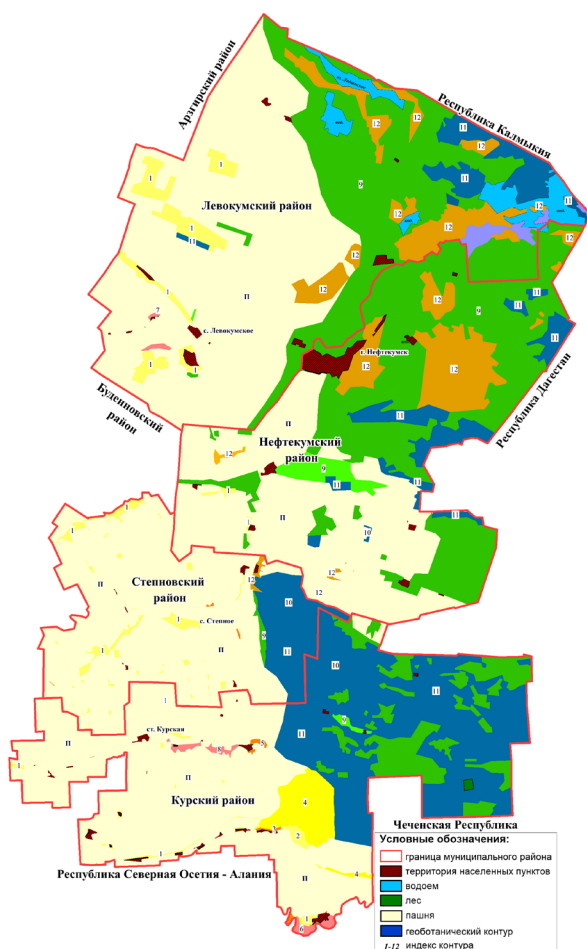


Рис. 2. Геоботаническая карта аридной территории Ставропольского края

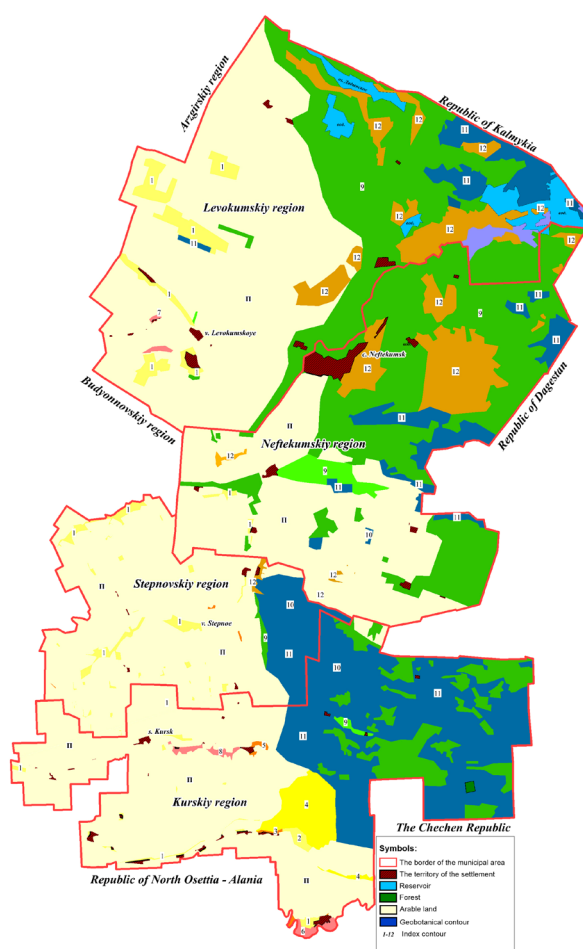


Fig. 2. Geobotanical map of the arid territory of the Stavropol Territory

Важнейший этап в процессе создания карты – построение легенды к карте. Легенда к геоботанической карте составлена с указанием подклассов, типов и модификаций растительных сообществ по экологическим показателям и составу растительности. Легенда является важным элементом геоботанической карты, она составлена в текстовом редакторе Microsoft Office Word и конвертирована в формат JPG. Основанием для картирования растительности и выделения контуров явились почвенно-климатические и экологические условия (почва,

рельеф, температура, увлажнение) территории исследования; состав растительного покрова степных сообществ с выделением доминантных и содоминантных видов, характеризующих типы растительности и их растительные модификации.

В типологическом списке (легенде) каждый представленный таксон имеет условные обозначения, складывающиеся в шифры – типы, модификации, порядковые номера (индексы). В названии типа и модификации преобладающий вид растения находится на последнем месте.

Таблица 1
Легенда к геоботанической карте, Зона С, Класс С-2, Класс С-3

Индекс на карте	Классы, подклассы, группы	Пункт	Тип, модификация	Площадь, тыс. га
С – лесостепная и степная зона				
Класс С-2. Равнинные степные и сухостепные на глинистых и суглинистых обыкновенных и южных черноземах, темно-каштановых, каштановых и солонцах степной зоны				
Подкласс С-2А. Разнотравно-дерновинно-злаковые, и дерновинно-злаковые, лугово-степные, степные и сухостепные на обыкновенных южных черноземах, темно-каштановых и каштановых почвах равнин				
Группа типов С-2А-I. Разнотравно-злаковые лугово-степные целинные и залежные водоразделов и пологих склонов				
1	С-2А-I-3а	31, 33, 34, 35, 42	мятликово-разнотравные (мятлик луковичный, костер растопыренный, полынь Лерха, полынь австрийская, тысячелистник Биберштейна, тысячелистник обыкновенный, молочай Сегиера)	18,2
	С-2А-I-3б	54	однолетниково-разнотравные (кардария крупка, тысячелистник обыкновенный, молочай Сегиера, подорожник средний)	
Группа типов С-2А-II. Разнотравно-дерновинно-злаковые степные водоразделов и пологих склонов				
2	С-2А-II-1	19	разнотравно-ковыльные (ковыль Лессинга, житняк пустынный, молочай Сегиера, полынь австрийская, полынь Лерха, тысячелистник Биберштейна)	20,0
	С-2А-II-3	29	разнотравно-типчаковые (овсяница скальная (типчак), келерия стройная, полынь австрийская, полынь Лерха, тысячелистник Биберштейна, чабрец Маршалла, зопник колючий, дубровник белойоочный)	
	С-2А-II-4б	36, 37, 53	полынные, однолетниково-полынные (полынь Лерха, полынь австрийская, мятлик луковичный, эгилопс цилиндрический, костер мягкий, бурачок пустынный, пупавка русская)	
Класс С-3. Равнинные степные и лугово-степные на супесчаных и песчаных разновидностях почв черноземах, темно-каштановых и каштановых почвах и песках				
Подкласс С-3А. Злаковые, разнотравно-злаковые степные и лугово-степные на супесчаных и песчаных почвах				
Группа типов С-3А-I. Злаковые, разнотравно-злаковые, степные и лугово-степные на супесчаных почвах				
3	С-3А-I-7а	52	однолетниково-свинойные (свиной пальчатый, мятлик луковичный, люцерна малая, тысячелистник благородный, песчанка тимьянолистная, вероника весенняя)	0,3
Группа типов С-3А-II. Злаковые, разнотравно-злаковые степные на песчаных почвах и гумусированных песках				
4	С-3А-II-6в	51	однолетниковые (бурачок пустынный, горчица полевая, костер растопыренный, спорыш птичий)	17,2
				55,7

Table 1

Legend to the geobotanical map, Zone C, Class C-2, Class C-3

Index on the map	Classes, subclasses, groups	Paragraph	Type, modification	Area, thousand hectares
C – forest-steppe and steppe zone				
Class C-2. Plain steppe and dry steppe on clayey and loamy ordinary and southern chernozems, dark chestnut, chestnut and solonetz soils of the steppe zone				
Subclass C-2A. Forb-turf-cereal, and turf-cereal, meadow-steppe, steppe and dry-steppe on ordinary southern chernozems, dark chestnut and chestnut soils of the plains				
Type group C-2A-I. Forb-cereal meadow-steppe virgin and fallow lands of watersheds and gentle slopes				
1	C-2A-I-3a	31, 33, 34, 35, 42	bluegrass-forb (bulbous bluegrass, spreading brome, lerch's wormwood, austrian wormwood, bieberstein's yarrow, common yarrow, seguiera spurge)	18.2
	C-2A-I-3b	54	annual-forb (cardaria granatum, common yarrow, spurge Seguiera, medium plantain)	
Type group C-2A-II. Forb-turf-grass steppe of watersheds and gentle slopes				
2	C-2A-II-1	19	mixed grasses-feather grasses (Lessing feather grass, desert wheatgrass, Seguer's spurge, Austrian wormwood, Lerch's wormwood, Bieberstein's yarrow)	20.0
	C-2A-II-3	29	forb-fescue (rock fescue, keleria slender, austrian wormwood, lerch's wormwood, bieberstein's yarrow, marshall's thyme, prickly comfrey, white tomentose germander)	
	C-2A-II-4b	36, 37, 53	artemisia, annual-artemisia (Lerch's wormwood, Austrian wormwood, bulbous bluegrass, Aegilops cylindrical, soft brome, desert alyssum, Russian chamomile)	
Class C-3. Plain steppe and meadow-steppe on sandy loam and sandy soil varieties: chernozems, dark chestnut and chestnut soils and sands				
Subclass C-3A. Cereals, forb-cereal steppe and meadow-steppe on sandy loam and sandy soils				
Type group C-3A-I. Cereals, forb-cereals, steppe and meadow-steppe on sandy loam soils				
3	C-3A-I-7a	52	annual-pigweed (finger grass, bulbous bluegrass, alfalfa, yarrow, thyme-leaved chickweed, spring speedwell)	0.3
Type group C-3A-II. Cereals, forb-cereal steppe on sandy soils and humus sands				
4	C-3A-II-6v	51	annuals (desert alyssum, field mustard, spreading brome, bird's knotweed)	17.2
				55.7

При составлении легенды к геоботанической карте использованы единицы разного таксономического ранга: как фитоценотические, так и территориальные. В основе легенды использована классификация растительности по территориальной (зональной) принадлежности. Заголовки самого высокого ранга констатируют факт зональной принадлежности картируемой территории [14]. Как видим, часть исследуемой территории расположена в зоне С (зона степная) на площади 62,2 тыс. га (табл. 1, 2), но большая часть находится в зоне П (зона полупустынная) на площади 588,2 тыс. га (табл. 3).

Степная зона характеризуется равнинным рельефом, в ней преобладают почвы темно-каштановые карбонатные мощные и каштановые карбонатные, по механическому составу – среднесуглинистые [9].

Зона полупустыни занята волнистыми равнинами, а также грядовыми и бугристыми песчаными массивами. Почвы полупустынной зоны преимущественно светло-каштановые солонцеватые и каштановые карбонатные в сочетании с солонцами средними и глубокими солончаковатыми от 25 до 50 %. Там же встречаются пески слабогумусированные среднедефлированные в сочетании со среднегумусированными слабо-среднедефлированными до 10 %, безгумусными сильнодефлированными до 25 % и движущимися барханными сильнодефлированными до 50 % со среднесуглинистым и песчаным механическим составом. Для данной зоны характерны соленые озера, в том числе пересохшие.

Важнейшая особенность растительности обеих зон – ксерофильность, то есть преобладание видов растений сухих мест обитания, которые могут переносить продолжительный период засухи и воздействие высоких температур воздуха [16; 17].

Таблица 2

Легенда к геоботанической карте, зона С, класс С-4, класс С-5

Индекс на карте	Классы, подклассы, группы	Пункт	Тип, модификация	Площадь, тыс. га
С – лесостепная и степная зона				
Класс С-4. Низинные, западинные, лиманные и подовые на луговых, лугово-черноземных и лугово-каштановых, иногда засоленных почвах				
Подкласс С-4А. Злаковые, разнотравно-злаковые сухолуговые на лугово-черноземных, лугово-каштановых почвах				
Группа типов С-4А-I. Злаковые сухолуговые на глинистых и суглинистых почвах				
5	С-4А-I-1б	49	полынные (полынь австрийская, свиной пальчатый, зопник колючий, люцерна малая, тысячелистник благородный)	1,3
Подкласс С-4Б. Злаковые разнотравно-злаковые сыро- и влажно-луговые на луговых, иногда лугово-болотных почвах				
Группа типов С-4Б-I. Злаковые, разнотравно-злаковые на влажно-луговых почвах				
6	С-4Б-I-5а	55	разнотравно-злаковые (мятлик луковичный, ковыль Лессинга, пырей ползучий, осока узколистная, полынь австрийская, тысячелистник обыкновенный)	0,6
Класс С-5. Краткопоясные луговые на пойменных луговых, иногда засоленных почвах и луговых солонцах				
Подкласс С-5А. Злаковые, сухо-луговые на пойменных луговых, реже лугово-черноземных почвах				
Группа типов С-5А-I. Злаковые на пойменных луговых почвах				
7	С-5А-I-2	15	житняковые (житняк пустынный, келерия стройная)	0,3
Подкласс С-5Б. Злаковые, разнотравные сыро и влажнолуговые на пойменных луговых почвах				
Группа типов С-5Б-I. Злаковые, разнотравно-злаковые на пойменных луговых почвах				
8	С-5Б-I-5а	48	разнотравно-злаковые (мятлик луковичный, свиной пальчатый, пырей ползучий, люцерна малая, полынь австрийская, шалфей дубравный, молочай Сегиера)	4,3
				6,5

Table 2

Legend to the geobotanical map, zone C, class C-4, class C-5

Index on the map	Classes, subclasses, groups	Paragraph	Type, modification	Area, thousand hectares
C – forest-steppe and steppe zone				
Class C-4. Lowland, depression, estuary and bottom soils on meadow, meadow-chnozem and meadow-chestnut, sometimes saline soils				
Subclass C-4A. Cereal, forb-cereal dry meadow on meadow-chnozem, meadow-chestnut soils				
Type group C-4A-I. Dry meadow cereals on clay and loamy soils				
5	C-4A-I-1b	49	Artemisia (Austrian wormwood, fingered swineherb, spiny comfrey, alfalfa, noble yarrow)	1.3
Subclass C-4B. Cereal forb-cereal damp and wet-meadow on meadow, sometimes meadow-marsh soils				
Group of types C-4B-I. Cereals, forb-cereals on wet meadow soils				
6	C-4B-I-5a	55	forb-grass (bulbous bluegrass, feather grass lessing, creeping wheatgrass, narrow-leaved sedge, Austrian wormwood, common yarrow)	0.6
Class C-5. Short-term meadow on floodplain meadow, sometimes saline soils and meadow solonetz				
Subclass C-5A. Cereals, dry meadow on floodplain meadow, less often meadow-chnozem soils				
Type group C-5A-I. Cereals on floodplain meadow soils				
7	C-5A-I-2	15	Wheatgrass (desert wheatgrass, keleria slender)	0.3
Subclass C-5B. Cereals, mixed grasses, damp and wet meadows on floodplain meadow soils				
Type group C-5B-I. Cereals, forb-cereals on floodplain meadow soils				
8	C-5B-I-5a	48	forb-grass (bulbous bluegrass, fingered pigweed, creeping wheatgrass, alfalfa, Austrian wormwood, oak sage, Euphorbia seguiera)	4.3
				6.5

Индекс на карте	Классы, подклассы, группы	Пункт	Тип, модификация	Площадь, тыс. га
II – Полупустынная зона				
Класс II-1. Равнинные полупустынные на суглинистых, глинистых и каменистых светло-каштановых, бурых почвах и солонцах				
Подкласс II-1Б. Полынные, злаково-полынные-солянковые комплексные пустынные на солонцах и сильносолонцеватых почвах				
Группа типов II-1Б-I. Злаково-полынные, полынные, разнотравно-ромашковые на солонцах глубоких, средних и сильносолонцеватых почвах				
9	II-1Б-I-1	27, 44	разнотравно-злаковые (овсяница скальная, житняк пустынный, ковыль красивейший, ковыль Лессинга, подмаренник русский, лен австрийский, шалфей дубравный)	315,0
	II-1Б-I-16	1, 3, 4, 5, 6, 8, 14, 16, 17, 22	однолетниково-злаковые (мятлик луковичный, свинорой пальчатый, костер растопыренный, люцерна маленькая, шалфей сухостепной, полынь Лерха, бурачок пустынный, солянка южная)	
	II-1Б-I-4в	11, 12, 21, 24, 25, 26, 38	однолетниковые (гелиотроп душистый, бурачок пустынный, молочай приземистый, ячмень заячий, плеконакс почти конический, паслен рогатый, эгилопс цилиндрический)	
Класс II-3. Равнинные полупустынные на супесчаных и песчаных светло-каштановых и бурых почвах и песках				
Подкласс II-3А. Злаковые, полынно-злаковые, пустынно-степные на светло-каштановых и бурых почвах				
Группа типов II-3А-I. Злаковые, разнотравно-злаковые на супесчаных и песчаных полупустынных почвах				
10	II-3А-I-7	28, 32, 41, 43, 45, 46	злаково-полынные (полынь Лерха, полынь австрийская, мятлик луковичный, ковыль Лессинга, молочай Сегиев, тысячелистник Биберштейна, рогоплодник песчаный)	196,3
Группа типов II-3А-II. Полынные, солянково-полынные засоленные на супесчаных и песчаных пустынных почвах				
11	II-3А-II-9в	2, 7, 23, 39, 40, 47, 50	однолетниковые (гелиотроп душистый, костер растопыренный, щирца запрокинутая, якорцы стелющиеся, люцерна малая)	1,3
Класс II-5. Низинные, западинные и лиманные на солодах, луговых, лугово-бурых и лугово-каштановых почвах и луговых солонцах				
Подкласс II-5А. Злаковые, разнотравно-злаковые, сухостепные и степные на лугово-бурых и лугово-каштановых почвах				
Группа типов II-5А-I. Злаковые, разнотравно-злаковые на незасоленных и слабосолонцеватых почвах сухих лиманов и западин				
12	II-5А-I-66	9, 10, 13, 18, 20, 30	однолетниково-злаковые, злаково-полынные (мятлик луковичный, полынь Лерха, мортук пшеничный)	75,6
				588,2

Table 3

Legend to the geobotanical map, Zone P, Class P-1, Class P-3, Class P-5

Index on the map	Classes, subclasses, groups	Paragraph	Type, modification	Area, thousand hectares
P – Semi-desert zone				
Class P-1. Flat semi-desert on loamy, clayey and stony light chestnut, brown soils and solonetz				
Subclass P-1B. Wormwood, cereal-wormwood-saltwort complex desert on solonetz and highly solonetzic soils				
Type group P-1B-I. Grass-wormwood, wormwood, forb-chamomile on deep, medium and highly solonetzic soils				
9	P-1B-I-1	27, 44	forb-grass (rock fescue, desert wheatgrass, feather grass beautiful, feather grass lessing, Russian bedstraw, Austrian flax, oak sage)	315.0
	P-1B-I-1b	1, 3, 4, 5, 6, 8, 14, 16, 17, 22	annual cereals (bulbous bluegrass, finger grass, spreading brome, small alfalfa, dry steppe sage, Lerch's wormwood, desert alyssum, southern saltwort)	
	P-1B-I-4v	11, 12, 21, 24, 25, 26, 38	annuals (fragrant heliotrope, alyssum, common spurge, hare barley, pleconax subconica, horned nightshade, aegilops cylindrical)	
Class P-3. Plain semi-desert on sandy loam and sandy light chestnut and brown soils and sands				
Subclass P-3A. Cereals, wormwood-cereals, desert-steppe on light chestnut and brown soils				
Type group P-3A-I. Cereals, forb-cereals on sandy loam and sandy semi-desert soils				
10	P-3A-I-7	28, 32, 41, 43, 45, 46	gramineous-wormwood (wormwood Lerch, wormwood Austrian, bulbous bluegrass, feather grass Lessing, spurge Segier, yarrow Bieberstein, hornwort sand)	196.3
Type group P-3A-II. Wormwood, saltwort-wormwood saline on sandy loam and sandy desert soils				
11	P-3A-II-9v	2, 7, 23, 39, 40, 47, 50	annuals (fragrant heliotrope, spreading brome, retroflexed amaranth, creeping tribulus, alfalfa)	1.3
Class P-5. Lowland, depression and estuary soils on solonetz, meadow, meadow-brown and meadow-chestnut soils and meadow solonetz				
Subclass P-5A. Cereals, forb-cereals, dry steppe and steppe on meadow-brown and meadow-chestnut soils				
Type group P-5A-I. Cereals, forb-cereals on non-saline and slightly saline soils of dry estuaries and depressions				
12	P-5A-I-6b	9, 10, 13, 18, 20, 30	annual-cereals, cereal-wormwoods (bulbous bluegrass, Lerch's wormwood, wheat mortuk)	75.6
				588.2

Следующие иерархические единицы (классы, подклассы, группы, включающие типы растительности и растительные модификации) отражают разнообразие растительного покрова степной и полупустынной зон с учетом динамического состояния растительности, находящейся под воздействием различных экологических факторов, в том числе антропогенных.

В целом растительный покров степных сообществ всех классов, подклассов и групп типов исследуемых степных сообществ, отраженных на геоботанической карте (рис. 2) и охарактеризованных в легенде (таблицы 1–3), однообразен по видовому составу, низкорослый, местами чередуется с очагами опустынивания и открытыми песками.

Однообразность и низкорослость травостоя объясняется влиянием антропогенных факторов – преимущественно деструктивных, обусловленных дея-

тельностью человека. Степные фитоценозы в зоне нашего исследования, находясь в статусе земель сельскохозяйственного назначения, используются преимущественно под выпас сельскохозяйственных животных – крупного и мелкого рогатого скота, нередко круглогодичный, без сроков выпаса и норм выпаса [3; 19]. Так, например, на момент исследования с учетом степени пастбищного использования, пастбищной нагрузки и состава флоры, соответствующего антропогенной нагрузке (таблица 1), в зоне С, в группе С-2А-I, выделена мятликово-разнотравная растительная модификация С-2А-I-3а, в которой доминируют мятлик луковичный, костер японский, полынь Лерха, полынь австрийская, тысячелистник Биберштейна, молочай Сегиера, а при более интенсивной пастбищной нагрузке выделена однолетниково-разнотравная модификация С-2А-I-3б. Качественная оценка данной растительной

модификации подтверждается другим видовым составом и обилием растительного покрова. В анализируемой модификации большое количество сорных видов растений (кардация крупка, тысячелистник обыкновенный, молочай Сегиера, подорожник средний и ряд других), то есть преобладают нецелинные виды и степень деградации иная – травостой более деградирован.

В группе типов С-2А-П (таблица 2) отмечены слабodeградированные разнотравно-ковыльные (С-2А-П-1) и разнотравно-типчаковые (С-2А-П-3) типы растительности. В основе травостоя на небольшой площади произрастают злаки – доминанты степей (житняк пустынный, ковыль Лессинга, овсяница скальная) и виды группы разнотравья (дубровник беловойлочный, полынь австрийская, полынь Лерха, тысячелистник Биберштейна, тысячелистник обыкновенный, чабрец Маршалла и др.). В этой же группе отмечена растительная модификация С-2А-П-4б, травостой которой подвергся более интенсивной пастбищной нагрузке, соответственно деградирован сильнее. В его составе преобладают виды полыни – Лерха и австрийская, мятлик луковичный, малолетники нецелинного типа: эгилопс цилиндрический, костер мягкий, бурачок пустынный, пупавка русская.

В группах типов растительности и их модификаций (С-3А-I, С-3А-II, С-4А-I, С-5А-I и С-5Б-I) видовой состав и обилие видов соответствует степени деградированности травостоя. В слабodeградированных травостоях присутствуют с различным обилием зональная степная растительность, в сильнодеградированных травостоях преобладают нецелинные виды (таблицы 2, 3).

В зоне полупустыни (зона П) отметим идентичную ситуацию (таблица 3), с учетом видового состава на фоне антропогенного воздействия, в каждом классе и подклассе встречаются группы типов и растительных модификаций различной степени деградированности (злаково-полынные, однолетниково-злаковые, однолетниково-полынные, однолетниковые и др.). В их растительном покрове при интенсивном пастбищном использовании в составе доминирующих видов преобладают мятлик луковичный и полынь Лерха (П-1Б-I-1б, П-5А-I-6б). В составе травостоев в большей или меньшей степени присутствуют нецелинные виды – малолетники (нестабильная часть растительного сообщества), нередко сорные, такие как: бурачок пустынный, гелиотроп душистый, молочай приземистый, костер растопыренный, эгилопс цилиндрический, ячмень заячий и другие, доминирующие по видовому составу.

При еще большей пастбищной нагрузке существенно разрушается структура природного сообщества, целинные виды растений практически отсутствуют, преобладают однолетниковые рас-

тительные модификации, нередко сорно-бурьянистые, в составе которых доминируют сорные, а нередко вредные и ядовитые для животных растения: гелиотроп душистый, молочай приземистый, паслен рогатый (например, С-3А-II-6в, П-1Б-I-4в, П-3А-II-9в). Они чередуются с очагами песков или открытыми песками.

В целом растительность как зоны С (степная зона), так и зоны П (полупустынная зона) представлена в большей степени деградированными вариантами вплоть до очагов опустынивания или открытых песков.

Таким образом, результаты картирования выявили фактическое состояние растительности степных экосистем: находясь в статусе земель сельхозназначения, степная растительность активно используется под пастбища, причем выпас интенсивный, отчуждение травостоя не регулируется (без норм и сроков выпаса). Это влечет за собой замену сохранившейся ксерофильной степной растительности на вторичные растительные модификации с утратой ядра целинной флоры. Причем деградация растительного покрова происходит на фоне аридизации климата, но, как представляется, антропогенные факторы, негативно воздействующие на природную растительность, более ощутимы и более вредоносны, чем природные. Хотя эти изменения происходят постепенно, в течение длительного периода времени, их тенденция ощутима. То есть происходит ощутимое вырождение степной растительности, а вместе с этим и потеря многокомпонентности, то есть флористического разнообразия, являющегося условием стабильности степных экосистем [18; 19].

И лишь в отдельных пунктах (С-2А-II-1, С-2А-II-3, С-5А-I-2, П-1Б-I-1, П-3А-I-7) (житняковые, разнотравно-ковыльные, разнотравно-типчаковые, разнотравно-злаковые, злаково-полынные) фрагментарно, на небольших площадях встречается типичная целинная растительность, в которой сохранились виды семейства злаковых – доминанты степей – житняк пустынный, овсяница валлисская, овсяница скальная, ковыль красивейший, ковыль Лессинга, костер безостый, келерия стройная. Эти остатки зональных целин имеют важную не только научную, но и практическую значимость. Поскольку данные типы растительности могут быть потенциальными семенниками местной дикорастущей флоры для восстановления степных экосистем, так как в сложившейся ситуации выделенные на карте сильно деградированные растительные модификации (такие как С-3А-II-6в, П-1Б-I-4в, П-3А-II-9в и др.) нуждаются в проведении комплекса мероприятий по улучшению растительного покрова или восстановлению вовсе утраченного в процессе нерациональной хозяйственной деятельности, в том числе эффективным и хорошо зарекомендовавшим себя – методом агростепей [5; 9; 18]. Это ускорен-

ная экологическая реставрация природных экосистем путем возврата в заранее подготовленную почву семян степных доминантов, каковыми являются типы целинной растительности – житняковые, разнотравно-ковыльные, разнотравно-типчаковые, разнотравно-злаковые, выявленные нами в процессе геоботанического обследования и отраженные на геоботанической карте. Воссозданная этим методом модель степи может служить потенциальным семенником, что позволит решать проблему воспроизводства деградированных, непродуктивных травостоев степных сообществ из дикорастущих трав аборигенной флоры, близких по своим качественным и количественным показателям (видовой состав, продуктивность биомассы и др.) к зональным степям. Данный метод позволяет решать вопросы сохранения и восстановления природного потенциала степных экосистем юга России, в том числе и восточного Ставрополя, активно вовлекая в процесс восстановления степной растительности ресурсы дикорастущей флоры.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Карта современного состояния степной растительности восточного Ставрополя необходима для понимания фактического состояния степной растительности, находящейся в статусе земель сельскохозяйственного назначения и являющейся природной кормовой базой для сельскохозяйственных животных.

На закартированной территории отражено динамическое состояние степной растительности аридной территории Ставропольского края на момент исследования. Значительная территория степной и полупустынной зоны исследования, используемая под выпас (а нередко перевыпас) крупного и мелкого рогатого скота, занята малопродуктивными однолетниково-разнотравными, полынными, однолетниково-полынными растительными модификациями (С-2А-I-36, С-2А-II-46, С-4А-I-16, П-I-16, П-5А-I-66). Самые неблагоприятные для выпаса животных территории (С-3А-II-6в, П-I-1Б-I-4в, П-3А-II-9в) – утратившие частично или полностью растительный покров.

Очевидно, что большая часть растительности степных фитоценозов исследуемой территории нуждается в фитомелиоративных мероприятиях по улучшению травостоя степных угодий или его восстановлению. И здесь особую ценность представляют фрагменты растительности, сохранившие ядро целинной флоры – виды злаков: житняка, ковылей, овсяницы (С-2А-II-1, С-2А-II-3, С-5А-I-2, П-I-1Б-I-1, П-3А-I-7), – в качестве потенциальных семенников для экологической реставрации деградированной степной растительности путем возврата в заранее подготовленную почву семян степных доминантов методом агростепей.

Библиографический список

1. Петрова М. В. Степи и их значение (глобальное и региональное) // Вопросы степеведения. 2021. № 1. С. 48–56. DOI: 10.24412/2712-8628-2021-1-48-56.
2. Магомедов К. Г. Правильно использовать естественные кормовые угодья // Научные известия. 2021. № 24. С. 22–25. DOI: 10.34905/PC.2021.24.016.
3. Лапенко Н. Г., Хонина О. В., Костицын Р. Д. Влияние деструктивных факторов на растительность степных экосистем // Аграрный вестник Урала. 2023. № 08 (237). С. 68–77. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-68-77.
4. Лапенко Н. Г., Хонина О. В. Оценка пастбищной дигрессии степных экосистем аридной зоны Ставрополя // Достижения науки и техники АПК. 2022. Т. 36, № 5. С. 16–20. DOI: 10.53859/02352451-2022-36-5-16.
5. Дзыбов Д. С. Растительность Ставропольского края: монография. Ставрополь: Агрус, 2018. 492 с.
6. Суров А. И., Лапенко Н. Г., Хонина О. В., Оганян Л. Р., Старостина М. А. Степные экосистемы юга России как фактор эффективного развития животноводства // Юг России: экология, развитие. 2024. Т. 19, № 1. С. 95–104. DOI: 10.18470/1992-1098-2024-1-10.
7. Лапенко Н. Г., Хонина О. В., Оганян Л. Р. Оптимизация пастбищной нагрузки на степные экосистемы аридной территории Ставропольского края // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 09. С. 1128–1137. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-09-1128-1137.
8. Чибилев А. А., Мелешкин Д. С., Григорьевский Д. В. Современное состояние земель и сельскохозяйственных угодий регионов степного пояса России // Вопросы степеведения. 2021. № 2. С. 72–81. DOI: 10.24412/2712-8628-2021-2-83-92.
9. Национальная программа действий по борьбе с опустыниванием Ставропольского края: монография / Под ред. К. Н. Кулика. Волгоград – Ставрополь: ФНЦ агроэкологии РАН, 2024. 164 с.
10. Доклад министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Ставропольского края о состоянии окружающей среды и природопользовании в Ставропольском крае в 2023 году. Ставрополь, 2024. 118 с.
11. Система земледелия нового поколения Ставропольского края: монография / В. В. Кулинцев [и др.]. Ставрополь: АГРУС, 2013. 520 с.

12. Шпедт А. А., Ерунова М. Г., Злотникова В. В. Методика оценки природно-ресурсного потенциала агроландшафтов с использованием ГИС-технологий // Земледелие. 2023. № 8. С. 9–13. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-8-9-13.

13. Методические рекомендации по фитомелиоративной реконструкции деградированных и опустыненных пастбищ Российской Федерации инновационными экологически безопасными ресурсосберегающими технологиями / А. И. Беляев, К. Н. Кулик, А. С. Манаенков [и др.]. Волгоград: ФНЦ агроэкологии РАН. 2021. 68 с.

14. Классификация естественных кормовых угодий и земель мелиоративного фонда Нижнего Дона, Среднего и Нижнего Поволжья. Нальчик: СевкавказНИИгипрозем, 1995. 58 с.

15. Ерошенко Ф. В., Лапенко Н. Г., Сторчак И. Г., Бильдиева Е. А., Костицын Р. Д., Старостина М. А. Оценка природных растительных сообществ с использованием данных дистанционного зондирования Земли в условиях степей Ставропольского края // Инженерные технологии и системы. 2022. Т. 32, № 3. С. 390–409. DOI: 10.15507/2658-4123.032.202203.390-409.

16. Tu M., Lu H., Shang M. Monitoring Grassland Desertification in Zoige County Using Landsat and UAV Image // Polish Journal of Environmental Studies. 2021. Vol. 30, No. 6. Pp. 5789–5799. DOI: 10.15244/pjoes/136184.

17. Chebotar V. K., Chizhevskaya E. P., Baganova M. E., et al. Endophytes from halotolerant plants aimed to overcome salinity and draught // Plants. 2022. Vol. 11. No. 21. Article number 2992. DOI: 10.3390/plants11212992.

18. Усовершенствованные системы лугопастбищного кормопроизводства на юге России: монография / В. Г. Гребенников, В. В. Кулинцев, И. А. Шипилов [и др.]. Ставрополь: Ставрополь-Сервис-Школа, 2021. 315 с.

19. Гребенников В. Г., Лапенко Н. Г., Шипилов И. А., Хонина О. В. Методы повышения продуктивности аридных пастбищ // Аграрная наука. 2020. № 2 (193). С. 9–19. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-341-9-70-73.

Об авторах:

Нина Григорьевна Лапенко, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории лугопастбищного кормопроизводства, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия; ORCID 0000-0003-3856-690X, AuthorID 91042.

E-mail: sniish_stepi@mail.ru

Мария Александровна Старостина, научный сотрудник испытательной лаборатории шерсти, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия;

ORCID 0000-0003-0086-4258, AuthorID 684495. E-mail: lapenko62@yandex.ru

Роман Денисович Костицын, научный сотрудник лаборатории лугопастбищного кормопроизводства, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия;

ORCID 0000-0002-5690-5613, AuthorID 1092261. E-mail: romancostitsyn@yandex.ru

References

1. Petrova M. V. The role of steppes (global and regional scale). *Problems of Steppe Science*. 2021; 1: 48–56. DOI: 10.24412/2712-8628-2021-1-48-56. (In Russ.)

2. Magomedov K. G. Proper use of natural forage lands. *Scientific News*. 2021; 24: 22–25. DOI: 1034905/PC.2021.24.016. (In Russ.)

3. Lapenko N. G., Khonina O. V., Kostitsyn R. D. The influence of destructive factors on the vegetation of steppe ecosystems. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 08 (237): 68–77. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-237-08-68-77. (In Russ.)

4. Lapenko N. G., Khonina O. V. Assessment of pasture digression of steppe ecosystems of Stavropol arid zone. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2022; 36: 5: 16–20. DOI: 10.53859/02352451_2022-36-5-16. (In Russ.)

5. Dzybov D. S. *Vegetation of the Stavropol Territory: a monograph*. Stavropol: Agrus, 2018. 492 p. (In Russ.)

6. Surov A. I., Lapenko N. G., Khonina O. V., Oganyan L. R., Starostina M. A. Steppe ecosystems of the arid zone of southern Russia as a factor in the effective development of livestock farming. *South of Russia: Ecology, Development*. 2024; 19 (1): 95–104. DOI: 10.18470/1992-1098-2024-1-10. (In Russ.)

7. Lapenko N. G., Khonina O. V., Ohanyan L. R. Optimization of pasture load on steppe ecosystems of the arid territory of the Stavropol Territory. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (09): 1128–1137. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-09-1128-1137. (In Russ.)

8. Chibilev A. A., Meleshkin D. S., Grigorevskiy D. V. Modern structure and spatial distribution of agricultural lands in the regions of the Russia's steppe belt. *Problems of Steppe Science*. 2021; 2: 72–81. DOI: 10.24412/2712-8628-2021-2-83-92. (In Russ.)

9. Kulik K. N., ed. *The National Action Program to combat desertification of the Stavropol Territory: a monograph*. Volgograd – Stavropol: Federal Research Center of Agroecology of the Russian Academy of Sciences, 2024. 164 p. (In Russ.)
10. Report of the Ministry of Natural Resources and Environmental Protection of the Stavropol Territory on the state of the environment and nature management in the Stavropol Territory in 2023. Stavropol, 2024. 118 p. (In Russ.)
11. Kulintsev V. V., et al. *The farming system of the new generation of the Stavropol Territory: a monograph*. Stavropol: AGRUS, 2013. 520 p. (In Russ.)
12. Shpedt A. A., Erunova M. G., Zlotnikova V. V. Methodology for assessing the natural resource potential of agrolandscapes using GIS technologies. 2023; 8: 9–13. DOI: 10.24412/0044-3913-2023-8-9-13. (In Russ.)
13. Methodological recommendations on phytomeliorative reconstruction of degraded and desolate pastures of the Russian Federation with innovative environmentally safe resource-saving technologies / Belyaev A. I., Kulik K. N., Manaenkov A. S., et al. Volgograd: FNTS Agroecology RAS, 2021. 68 p. (In Russ.)
14. Classification of natural forage lands and lands of the reclamation fund of the Lower Don, Middle and Lower Volga regions. Nalchik: SevkavNIIgiprozem, 1995. 58 p. (In Russ.)
15. Eroshenko F. V., Lapenko N. G., Storchak I. G., Bildieva E. A., Kostitsyn R. D., Starostina M. A. Assessment of natural plant communities using Earth remote sensing data in the steppes of the Stavropol Territory. *Engineering Technologies and Systems*. 2022; 32 (3): 390–409. DOI: 10.15507/2658-4123.032.202203.390-409. (In Russ.)
16. Tu M., Lu H., Shang M. Monitoring Grassland Desertification in Zoige County Using Landsat and UAV Image. *Polish Journal of Environmental Studies*. 2021. 30 (6): 5789–5799. DOI: 10.15244/pjoes/136184.
17. Chebotar V. K., Chizhevskaya E. P., Baganova M. E., et al. Endophytes from Halotolerant Plants Aimed to Overcome Salinity and Drought. *Plants*. 2022; 11 (21): 2992. DOI: 10.3390/plants11212992.
18. Grebennikov V. G., Kulintsev V. V., Shipilov I. A., et al. *Improved systems of grassland forage production in the south of Russia: a monograph*. Stavropol: Stavropol-Servis-Shkola, 2021. 315 p. (In Russ.)
19. Grebennikov V. G., Lapenko N. G., Shipilov I. A., Khonina O. V. Methods of increasing productivity of arid pastures. *Agrarian Science*. 2020; 2 (193): 9–19. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-341-9-70-73. (In Russ.)

Authors' information:

Nina G. Lapenko, candidate of biological sciences, leading researcher at the laboratory of grassland feed production, North Caucasus Federal Scientific Agricultural Center, Mikhaylovsk, Stavropol Territory, Russia; ORCID 0000-0003-3856-690X, AuthorID 91042. *E-mail: sniish_stepi@mail.ru*

Mariya A. Starostina, researcher at the wool testing laboratory, North Caucasus Federal Scientific Agricultural Center, Mikhaylovsk, Stavropol Territory, Russia; ORCID 0000-0003-0086-4258, AuthorID 684495. *E-mail: lapenko62@yandex.ru*

Roman D. Kostitsyn, researcher at the laboratory of grassland feed production, North Caucasus Federal Scientific Agricultural Center, Mikhaylovsk, Stavropol Territory, Russia; ORCID 0000-0002-5690-5613, AuthorID 1092261. *E-mail: romancostitsyn@yandex.ru*

Минеральные удобрения в сочетании с биостимуляторами для листовых подкормок – основа формирования высоких урожаев сахарной свеклы

Н. И. Мамсиров[✉], В. И. Башков

Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Россия

[✉]E-mail: nur.urup@mail.ru

Аннотация. Выращивание сахарной свеклы является важной отраслью сельского хозяйства, особенно в странах с умеренным климатом, где она служит основным источником сахара наряду с тростником. Сахарная свекла играет ключевую роль в пищевой промышленности благодаря высокому содержанию сахаров, особенно сахарозы. Она также используется в производстве кормов для животных и биотоплива. В повышении урожайности корнеплодов сахарной свеклы удобрения играют важную и незаменимую роль. Применение удобрений позволяет оптимизировать минеральное питание растений, улучшить качество почвы и повысить устойчивость культур к неблагоприятным условиям окружающей среды. **Цель исследования** заключалась в установлении оптимальной дозы минерального питания в сочетании с биостимуляторами для листовых подкормок при выращивании гибрида сахарной свеклы Мустанг на выщелоченных черноземах АО «Рассвет» Усть-Лабинского района Краснодарского края. **Методы.** Полевые исследования проводились в 2023–2024 годах согласно методике полевого опыта Б. А. Доспехова [5]. **Результаты.** Исследованиями установлен оптимальный вариант питания растений $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» + N_{30} , обеспечивающий урожайность корнеплодов в условиях 2023 года до 46,1 т/га, и сбор сахара 8,0 т/га, а в засушливых условиях 2024 года – 34,1 т/га и сбор сахара 6,1 т/га. Однако дополнительное внесение хоть и обеспечивает незначительную прибавку к урожаю, рентабельность выше на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» на 13,9 %. Аналогичные данные по урожайности получены и на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс» + N_{30} : в 2023 году урожайность составила 42,4 т/га, в 2024 году – 32,2 т/га, а разница в производственной рентабельности была в пределах 11,9 %. **Заключение.** Анализ эффективности производства корнеплодов сахарной свеклы гибрида Мустанг показал, что в среднем за 2023–2024 гг. он был отзывчив на внесение удобрений и биостимуляторов для листовых подкормок («Биостим свекла» и «Аминофол плюс») и обеспечил высокую рентабельность производства продукции – от 60,8 до 79,3 %.

Ключевые слова: биостимуляторы, Биостим свекла, Аминофол плюс, гибрид Мустанг, корнеплоды, листовая подкормка, минеральные удобрения, сахаристость, сбор сахара, урожайность, чернозем выщелоченный, экономическая эффективность

Для цитирования: Мамсиров Н. И., Башков В. И. Минеральные удобрения в сочетании с биостимуляторами для листовых подкормок – основа формирования высоких урожаев сахарной свеклы // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 05. С. 703–714. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-703-714>.

Дата поступления статьи: 03.03.2025, **дата рецензирования:** 04.04.2025, **дата принятия:** 15.04.2025.

Mineral fertilizers combined with biostimulants for leaf fertilization are the basis for the formation of high yields of sugar beet

N. I. Mamsirov✉, V. I. Bashkov

Maykop State Technological University, Maykop, Russia

✉E-mail: nur.urup@mail.ru

Abstract. Sugar beet cultivation is an important branch of agriculture, especially in temperate countries, where it serves as the main source of sugar along with cane. Sugar beet plays a key role in the food industry due to its high sugar content, especially sucrose. It is also used in the production of animal feed and biofuels. Fertilizers play an important and irreplaceable role in increasing the yield of sugar beet root crops. The use of fertilizers makes it possible to optimize the mineral nutrition of plants, improve soil quality and increase the resistance of crops to adverse environmental conditions. **The purpose** of the study was to establish the optimal dose of mineral nutrition in combination with biostimulants for leaf fertilization when growing a hybrid of sugar beet Mustang on leached chernozems of “Rassvet” JSC of Ust-Labinskiy district of Krasnodar Territory. **Methods.** Field research was conducted in 2023–2024 according to the Methodology of B. A. Dospekhov's field experience [5]. **Results.** Research has established the optimal plant nutrition option $N_{60}P_{120}K_{60}$ + “Biostim svekla” + N_{30} , which provides root crop yields of up to 46,1 t/ha in 2023 and sugar harvest of 8,0 t/ha, and in arid conditions of 2024 – 34,1 t/ha and sugar harvest of 6,1 t/ha. However, although additional application provides a slight increase in yield, profitability is higher on the $N_{60}P_{120}K_{60}$ + “Biostim svekla” variant by 13,9 %. Similar yield data was obtained for the $N_{60}P_{120}K_{60}$ + “Aminofol plus” + N_{30} variant: in 2023, the yield was 42,4 t/ha, in 2024 – 32,2 t/ha, and the difference in production profitability was within 11,9 %. **Conclusion.** Analysis of the efficiency of production of root crops of the Mustang hybrid sugar candle showed that, on average, for 2023–2024, it was responsive to the application of fertilizers and biostimulants for foliar feeding (“Biostim svekla” and “Aminofol plus”) and showed high profitability of production – from 60,8 to 79,3.

Keywords: biostimulants, Biostim svekla, Aminofol plus, hybrid Mustang, root crops, leaf dressing, mineral fertilizers, sugar content, sugar harvesting, yield, leached chernozem, economic efficiency

For citation: Mamsirov N. I., Bashkov V. I. Mineral fertilizers combined with biostimulants for leaf fertilization are the basis for the formation of high yields of sugar beet. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (05): 703–714. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-703-714>. (In Russ.)

Date of paper submission: 03.03.2025, **date of review:** 04.04.2025, **date of acceptance:** 15.04.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

В Российской Федерации, как и во многих других странах, сахарная свекла – основной источник сахара, продукта, востребованного на рынке продовольствия и напитков. Остатки переработки свеклы, такие как жмых и патока, используются в животноводстве как ценные корма. Выращивание сахарной свеклы помогает поддерживать экологический баланс полей, улучшает структуру почвы и способствует снижению эрозии почв [14]. Также сахарная свекла используется для производства биоэтанола, который может служить альтернативным топливом.

Свекла относительно устойчива к различным природным катаклизмам, таким как засухи или заморозки, что делает ее стабильной культурой для земледелия [12]. В этой связи выращивание сахарной свеклы остается актуальным и важным направлением аграрной политики, обеспечивая потребности населения в продуктах питания, кормовых

ресурсах и поддерживая экономику страны.

В настоящее время наиболее важным для свеклосахарной отрасли является повышение продуктивности плантаций, улучшение технологических свойств корнеплодов, а также снижение трудозатрат и себестоимости выращивания.

Для получения высоких урожаев с высокими показателями качества корнеплодов и семян свеклы растения должны быть обеспечены элементами минерального питания в достаточных количествах и в оптимальных пропорциях в течение всего вегетационного периода [4; 11; 17]. Питание растений свеклы – это сложный биохимический и физиологический процесс, который происходит через надземные и подземные органы, то есть листья и корни.

Многочисленными исследованиями ученых доказано положительное влияние минеральных удобрений и листовых подкормок на рост, развитие и продуктивность сахарной свеклы. Так, исследова-

ниями В. Е. Егояна установлено, что в 2022 году при благоприятных гидротермических условиях формировалась наиболее высокая урожайность корнеплодов сахарной свеклы – в пределах 52,8 т/га, что было выше контроля на 28,6 %. Внесение органических удобрений в опыте также способствовало оптимальному росту растений и, как следствие, повышению урожайности корнеплодов сахарной свеклы до 51,9 т/га. При этом доля влияния обработки почвы составила 52,7 %, удобрений – 23,5 %, при взаимодействии изучаемых факторов – 9,8 % [6].

Исследованиями О. А. Минаковой, Л. В. Александровой, Т. Н. Подвижной, В. М. Вилкова [13] доказано, что удобрения, применяемые в севообороте сахарной свеклы в течение 85 лет, наиболее значительно (по сравнению с контролем на 12,0–71,0 %) повышали урожайность ячменя и однолетних трав, используя только последствие удобрений при непосредственном воздействии сахарной свеклы на паровой агрегат (на 20,9–39,9 %). Значительно возросла урожайность 1 га пашни (на 16,3–35,7 % по сравнению с вариантом без удобрений). Было доказано, что увеличение насыщенности удобрениями с 1 га площади севооборота до 1 кг NPK в большей степени влияло на повышение урожайности корнеплодов сахарной свеклы и в меньшей – на урожайность овса и озимой пшеницы с подсевом клевера. Наиболее максимальная урожайность корнеплодов на 1 га пашни обеспечивала система удобрения с включением двукратного внесения дозы $N_{135}P_{135}K_{135}$ в свекловичном севообороте в сочетании с совместным использованием навоза в норме 25 т/га (насыщенность удобрениями – $N_{30}P_{30}K_{30}$ + навоз 2,8 т/га).

Многолетние полевые опыты по изучению реакции гербицидов сахарной свеклы отечественной (Дружба МС-34) и зарубежной (Крета, Даниско и Евгения KWS) селекции на удобрения в зоне нестабильного увлажнения чернозема выщелоченного с разным уровнем плодородия, обобщенные учеными КубГАУ, показали, что наибольшая урожайность корнеплодов достигается в результате применения гербицидов сахарной свеклы и составляет 46,8–54,6 т/га, а валовый сбор сахара – 8,32–9,72 т/га. Что касается гибрида сахарной свеклы селекции Евгения KWS, то реакция его на вносимые минеральные удобрения существенно снижается с повышением почвенного плодородия. Для всех испытанных в опыте гибридов сахарной свеклы расчетный выход белого сахара с единицы площади была в средних пределах – от 6,08 до 7,00 т/га. Отмечалось, что при выращивании сахарной свеклы она была наиболее высокой на почвах с потенциально высоким уровнем почвенного плодородия, без применения минеральных удобрений [10].

Исследования, проведенные на черноземе выщелоченном среднемощном среднесуглинистом Пензенской области, показали, что внекорневая об-

работка «ПОЛИДОН-бором» оказала наибольшее положительное влияние на формирование листовой поверхности растений свеклы с большим стимулирующим эффектом на ранних стадиях роста и развития свеклы [16].

Учеными ВНИИ сахарной свеклы им. А. Л. Мазлумова определено, что при комбинированной обработке почвы эффективность свекловичного ассимиляционного аппарата без удобрений составила 7,34 г/м² в сутки, а с их применением – 5,79 и 6,24 г/м² в сутки, что на 50 % выше, чем при других обработках почвы без удобрений, а с их применением – на 27 % [9].

Согласно результатам, проведенных в 2022–2023 гг. экспериментальных исследований с применением минеральных удобрений, наиболее высокая урожайность корнеплодов свеклы наблюдалась у гибрида РМС 127 отечественной селекции и была на уровне 51,9–53,5 т/га. При этом установлено, что различные дозы минеральных удобрений имели практически равную степень влияния на этот показатель. При переработке на сахарном заводе максимальный коэффициент извлечения и выход общего сахара наблюдались у гибрида РМС 120. Максимально высокий выход сахара-рафинада в пределах 6,65–7,26 т/га отмечен при возделывании гибридов сахарной свеклы РМС 120 и РМС 127 на разных фонах удобренности почвы [14].

Эффективность использования почвенной влаги и уровень урожайности корнеплодов сахарной свеклы существенно увеличивались при использовании в технологии минеральных удобрений, а также на фоне комбинированной основной обработки почвы и при повышении коэффициента увлажнения (по Иванову) в течение последних 60 дней до уборки урожая. Комбинированная обработка почвы приводит к более благоприятному режиму увлажнения почвы и снижению густоты всходов сахарной свеклы в условиях повышенной влажности. Наиболее благоприятные технологические свойства корнеплодов сахарной свеклы определяются оптимальной влажностью почвы в сочетании с комбинированной ее обработкой. Доля влияния погодных условий на урожайность растений в опыте составляла 51 %, минеральных удобрений – 30 %, способа обработки почвы – 3 %. При этом максимальные показатели урожайности корнеплодов сахарной свеклы составили 48,3–48,5 т/га, уровня энергоэффективности и рентабельности производства – 4,6 и 95 % соответственно – были достигнуты за счет глубокой и комбинированной обработки почвы, выращивания сахарной свеклы в звене севооборота, внесения минеральных удобрений и оптимальной влажности почвы [3].

Исследования, проведенные в условиях многолетнего стационарного опыта, заложенного на территории УНТЦ «Агротехнология» Воронежского

ГАУ в звене севооборота «чистый пар – пшеница озимая – свекла сахарная» и в 7 опытных вариантах с оптимальными ($N_{60}P_{60}K_{60}$) для озимой пшеницы и $N_{120}P_{120}K_{120}$ для сахарной свеклы) и двойными ($N_{120}P_{120}K_{120}$ для озимой пшеницы и $N_{240}P_{240}K_{240}$ для сахарной свеклы) дозами минерального удобрения на фоне внесенного навоза и в VI ротации из 6-польного севооборота показали, что использование минеральных удобрений приводит к заметному подкислению почвы. В 2018 году после внесения навоза на участке с чистым паром кислотность почвы стабилизировалась, а на вариантах опыта с известкованием (на второй год его последствий) отмечалось практически полное ее устранение [8].

В Белгородской области отмечено положительное влияние вносимых минеральных удобрений под сахарную свеклу на уровне урожайности и качестве корнеплодов. Максимальный уровень урожайности наблюдается при внесении минеральных удобрений в дозе $N_{90}P_{80}K_{180} + N_{30} + N_5P_{19}$ с прибавкой к контролю 10,2 т/га [1].

Краснодарский край является одним из ведущих регионов России по производству сельскохозяйственной продукции, включая сахарную свеклу. В связи с этим цель исследований заключалась в изучении и разработке научно обоснованного способа повышения урожайности корнеплодов сахарной свеклы на выщелоченных черноземах с комплексным применением минеральных удобрений под основную обработку почвы и биостимуляторов для листовой подкормки растений.

Методология и методы исследования (Methods)

Полевой опыт проводился в 2023–2024 гг. на полях АО «Рассвет» Усть-Лабинского района Краснодарского края. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный, малогумусный, среднемощный, с содержанием гумуса в пахотном горизонте 3,7 %, общего азота – 0,21 %, подвижного фосфора – 18,6 мг/100 г почвы, обменного калия – 23,6 мг/100 г почвы, pH – 6,8–7,0 [2].

Погодные условия за годы исследований довольно сильно отличались. Так, в 2023 году максимальная температура поднималась до 37 °С, а минимальная опускалась до –14 °С. Суммарное количество годовых осадков составило 1028,0 мм, при этом осадки в виде дождя – 947,4 мм, в виде снега – 80,6 см. За вегетационный период сахарной свеклы (апрель – сентябрь) осадков выпало 655,8 мм. В 2024 году для роста и развития яровых культур, в частности сахарной свеклы, условия июля – августа по температурному режиму и выпадению атмосферных осадков были критическими. В отдельные дни температура воздуха поднималась до 40–42 °С при отсутствии атмосферных осадков. За вегетационный период сахарной свеклы осадков выпало около 396,4 мм.

Объектами исследования были взяты гибрид сахарной свеклы Мустанг, аминокислотные удобрения-биостимуляторы «Аминофол плюс», «Биостим свекла».

Препарат «Аминофол плюс» является специализированным антистрессовым стимулятором с высоким содержанием аминокислот. Его применение способствует преодолению растениями стрессовых ситуаций, стимулированию метаболизма и усвоению питательных веществ, что существенно увеличивает урожайность и качество продукции даже в неблагоприятных погодных условиях. Применяется для двукратной листовой подкормки сахарной свеклы в фазе двух и шести пар настоящих листьев при норме расхода препарата 0,5–3,0 л/га и расходе рабочего раствора 150–300 л/га.

Препарат «Биостим свекла» является жидким аминокислотным удобрением-биостимулятором. Он предназначен для некорневых (листовых) подкормок растений сахарной свеклы в период всей вегетации. Препарат способствует поддержанию баланса питательных веществ в период вегетации, защите растений от воздействия абиотических стрессов, восстановлению продуктивности после действия стрессов, повышению устойчивости к болезням, улучшению количественных и качественных параметров урожая корнеплодов сахарной свеклы. Применяется для двукратной листовой подкормки растений в фазе двух и шести пар настоящих листьев при норме расхода препарата 0,5–2,0 л/га и расходе рабочего раствора 200–400 л/га.

Исследования проводились в стационарном полевом опыте по Б. А. Доспехову [5]. Учетная площадь делянки – 50 м². Повторность опыта четырехкратная, размещение делянок рендомизированное, учет урожая поделочно.

Схема опыта включала 5 вариантов:

1. Контроль (без удобрений и листовой подкормки).
2. $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс» (двукратная обработка посевов в фазе двух настоящих листьев и в фазе шести настоящих листьев в дозе 2,0 л/га + 250 л/га воды).
3. $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» (двукратная обработка посевов в фазе двух настоящих листьев и в фазе шести настоящих листьев в дозе 1,0 л/га + 250 л/га воды).
4. $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс» (двукратная обработка посевов в фазе двух настоящих листьев и в фазе шести настоящих листьев в дозе 2,0 л/га + 250 л/га воды) + под междурядную культивацию в дозе N_{30} .
5. $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» (двукратная обработка посевов в фазе двух настоящих листьев и в фазе шести настоящих листьев в дозе 1,0 л/га + 250 л/га воды) + под междурядную культивацию в дозе N_{30} .

Результаты (Results)

Исследования по выявлению влияния доз минеральных удобрений на продолжительность межфазных периодов сахарной свеклы показывают, что увеличение содержания питательных веществ в корнеобитаемом слое растений приводит к удлинению как отдельных межфазных периодов, так и в целом всего периода вегетации. [2; 15].

Во время эксперимента продолжительность периода «посев – полные всходы» сахарной свеклы гибрида Мустанг составила от 16 до 17 дней и зависела не столько от дозы минеральных удобрений, сколько от влажности посевного слоя почвы и температурного режима в этот период. В среднем за годы исследований первая настоящая пара листьев образовывалась 15–16 мая, а затем каждая последующая пара появлялась примерно через 8–9 дней. Продолжительность периода «всходы – 3-я пара настоящих листьев» на вариантах с разным уровнем минерального питания в начале вегетации не имела существенных различий.

Как отмечалось выше, если влажность почвы и температурный режим были более важны для роста сахарной свеклы в первой половине вегетационного периода, то в период наиболее интенсивных про-

цессов роста и накопления сахара в корнеплодах условия питания были наиболее важными.

Уже со второй половины вегетационного периода сахарной свеклы начали проследиваться некоторые различия в темпах роста и развития растений. Наличие достаточного количества питательных веществ в почве и проведение листовой подкормки растений препаратами «Аминофол плюс» и «Биостим свекла» содействовало оттягиванию фазы «3-я пара настоящих листьев – смыкание листьев в междурядьях» на 2–5 дней в сравнении с контролем. Продолжительность периода «полные всходы – уборка корнеплодов» была разной по годам исследований и в среднем равнялась 132–143 дням на опытных вариантах с удобрениями (на контроле 107–118 дней).

Высокая продуктивность фотосинтеза растений сахарной свеклы, как следствие, высокие урожаи корнеплодов обеспечивают наличие оптимального количества жизнеспособных листьев и их длительное функционирование при благоприятных условиях окружающей среды [4; 6] (таблица 1). Однако для этого необходимы благоприятные водно-физические свойства почвы, воздуха и пищевой системы, наличие достаточного количества ясных дней, оптимальный температурный режим и т. д.

Таблица 1
Динамика нарастания и отмирания листьев сахарной свеклы гибрида Мустанг, шт/раст (2023 г.)

№ п/п	Вариант опыта	Количество листьев по датам наблюдений						
		01.06	01.07		01.08		01.09	
		Жизнеспособных	Жизнеспособных	Отмерших	Жизнеспособных	Отмерших	Жизнеспособных	Отмерших
1	Контроль (без удобрений и листовой подкормки)	10,0	17,2	2,6	18,4	7,9	17,8	12,1
2	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс»	12,6	21,1	1,7	21,3	6,3	19,2	9,8
3	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла»	13,5	22,1	1,4	21,9	5,1	20,3	7,5
4	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс» + N_{30}	12,9	21,6	1,6	21,7	6,2	19,7	8,4
5	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» + N_{30}	14,1	22,9	1,1	22,5	5,0	21,1	6,9

Table 1
Dynamics of growth and death of leaves of sugar beet hybrid Mustang, pcs/plant (2023)

No.	Option of experience	Number of leaves by observation dates						
		01.06	01.07		01.08		01.09	
		Viable	Viable	Dead	Viable	Dead	Viable	Dead
1	Control (without fertilizers and foliar feeding)	10.0	17.2	2.6	18.4	7.9	17.8	12.1
2	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + "Aminofol plus"	12.6	21.1	1.7	21.3	6.3	19.2	9.8
3	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + "Biostim svekla"	13.5	22.1	1.4	21.9	5.1	20.3	7.5
4	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + "Aminofol plus" + N_{30}	12.9	21.6	1.6	21.7	6.2	19.7	8.4
5	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + "Biostim svekla" + N_{30}	14.1	22.9	1.1	22.5	5.0	21.1	6.9

Исследования показали, что в условиях 2023 года хорошо отслеживалась разница в динамике нарастания и отмирания листьев сахарной свеклы гибрида Мустанг. Наибольшее количество жизнеспособных листьев отмечено на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» + N_{30} – до 22,9 шт/раст, или на 33,1 % больше показателя контрольного варианта. Увеличение дозы азотного питания и дополнительное внесение N_{30} с междурядной культивацией способствовала хоть незначительному, но росту жизнеспособных листьев на 3,6 % и снижению отмерших листьев на 21,4 %. Двукратная листовая подкормка препаратом «Аминофол плюс» на фоне $N_{60}P_{120}K_{60}$ также содействовала увеличению количества жизнеспособных листьев до 21,6 шт/раст в первой декаде июля. Дополнительная же подкормка в дозе N_{30} способствовала увеличению числа жизнеспособных листьев на 2,4 % и снижению отмерших листьев на 5,9 %.

Стоит отметить, что процесс листообразования сахарной свеклы гибрида Мустанг в условиях опыта наиболее интенсивно проходил в третьей

декаде июня и первой декаде июля 2023 года. Наибольшее отмирание листьев отмечалось в I декаде сентября, естественно, на контрольном варианте и составило 12,1 шт/раст. На варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс» количество отмерших листьев составило 9,8 шт/раст с дополнительной дозой N_{30} – 8,4 шт/раст. На варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» количество отмерших листьев составило 7,5 шт/раст, с дополнительной дозой N_{30} – 6,9 шт/раст.

В более жестких по температурному режиму и влагообеспеченности условиях 2024 года показатели динамики нарастания и отмирания листьев сахарной свеклы гибрида Мустанг имели совершенно другую картину. Следует отметить, что дополнительное внесение азота в N_{30} при недостаточном количестве продуктивной влаги в почве в период интенсивного роста и развития сахарной свеклы (июль – август) никаким образом не отразилось на динамике жизнеспособных и отмерших листьев (таблица 2).

Таблица 2
Динамика нарастания и отмирания листьев сахарной свеклы гибрида Мустанг, шт/раст (2024 г.)

№ п/п	Вариант опыта	Количество листьев по датам наблюдений						
		01.06		01.07		01.08		01.09
		Жизнеспособных	Жизнеспособных	Отмерших	Жизнеспособных	Отмерших	Жизнеспособных	Отмерших
1	Контроль (без удобрений и листовой подкормки)	9,9	15,0	4,9	14,7	10,5	13,6	15,2
2	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс»	10,8	15,1	3,8	15,3	9,8	14,1	14,9
3	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла»	11,3	16,9	3,2	16,0	8,9	15,8	13,8
4	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс» + N_{30}	10,9	15,3	3,9	15,0	9,7	14,2	14,7
5	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» + N_{30}	11,2	16,9	3,2	16,1	8,8	15,5	13,5

Table 2
Dynamics of growth and death of leaves of sugar beet hybrid Mustang, pcs/plant (2024)

No.	Option of experience	Number of leaves by observation dates						
		01.06		01.07		01.08		01.09
		Viable	Viable	Dead	Viable	Dead	Viable	Dead
1	Control (without fertilizers and foliar feeding)	9.9	15.0	4.9	14.7	10.5	13.6	15.2
2	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + “Aminofol plus”	10.8	15.1	3.8	15.3	9.8	14.1	14.9
3	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + “Biostim svekla”	11.3	16.9	3.2	16.0	8.9	15.8	13.8
4	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + “Aminofol plus” + N_{30}	10.9	15.3	3.9	15.0	9.7	14.2	14.7
5	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + “Biostim svekla” + N_{30}	11.2	16.9	3.2	16.1	8.8	15.5	13.5

Анализ таблицы 2 показал, что показатели динамики нарастания и отмирания листьев сахарной свеклы гибрида Мустанг в условиях 2024 года ниже показателей, полученных в 2023 году. Так, наибольшее количество жизнеспособных листьев отмечено на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» + N_{30} – до 16,9 шт/раст, или на 12,7 % больше показателя контрольного варианта. На варианте с двукратной листовой подкормкой препаратом «Аминофол плюс» на фоне $N_{60}P_{120}K_{60}$ также отмечено некоторое увеличение числа жизнеспособных листьев в I декаде июля до 15,1 шт/раст.

В условиях недостатка влаги и высоких температур воздуха (до 40–42 °C) а июле – августе дополнительное внесение N_{30} с междурядной культивацией не способствовало увеличению роста жизнеспособных листьев. При этом количество жизнеспособных и отмерших листьев на 5 варианте оставалось неизменным, на уровне 3 варианта – 16,9 шт/раст и 3,2 шт/раст. При сравнении данных 2 и 4 вариантов наблюдаются незначительные изменения показателей жизнеспособных и отмерших листьев: 15,1 шт/раст, 3,8 шт/раст и 15,3 шт/раст, 3,9 шт/раст соответственно.

Наибольшее отмирание листьев отмечалось в I декаде сентября, естественно, на контрольном варианте и составило 15,2 шт/раст. На варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс» количество отмерших листьев составило 14,9 шт/раст, с дополнительной дозой N_{30} – 14,7 шт/раст. На варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» количество отмерших листьев составило 13,8 шт/раст, с дополнительной дозой N_{30} – 13,5 шт/раст.

Интенсивное усыхание листового аппарата сахарной свеклы в условиях 2024 года, особенно перед уборкой, объясняется значительным расходом почвенной влаги на формирование урожая корнеплодов и нарушением водного баланса почвы в связи с высокой среднесуточной температурой воздуха и сравнительно небольшим количеством осадков в этот период [2].

Общеизвестно, что продуктивность сахарной свеклы зачастую зависит от ростовых процессов и продолжительности активной деятельности листового аппарата [4]. В исследованиях максимального своего развития площадь листьев растений сахарной свеклы гибрида Мустанг в 2023 году достигала к началу июля на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс» – 41,9 и на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс» + N_{30} – 42,3 тыс. м²/га, на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» – 44,6 тыс. м²/га и на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» + N_{30} – 46,0 тыс. м²/га. На контрольном варианте этот показатель равнялся 36,4 тыс. м²/га.

В условиях 2024 года показатели площади листовой поверхности сахарной свеклы гибрида Мустанг были ниже, чем в предыдущем году, и составили на

варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс» 37,6 и на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс» + N_{30} – 38,2 тыс. м²/га, на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» – 42,7 тыс. м²/га и на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» + N_{30} – 43,1 тыс. м²/га. На контрольном варианте этот показатель равнялся 29,6 тыс. м²/га.

Содержание сухого вещества в растениях сахарной свеклы неизменно возрастало в течение всего вегетационного периода на всех вариантах опыта, причем интенсивность его накопления в корнеплодах была в 1,5–2,2 раза выше, чем в листьях. В среднем за 2023–2024 годы наибольшие показатели накопления сухого вещества растениями отмечались в июле, когда они достигали величины 38,6–87,3 г/растение, тогда как в начале июня находились в пределах 3,9–7,5 г/растение в зависимости от варианта опыта. Максимальная масса сухого вещества в течение всего периода вегетации отмечалась на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла». Дальнейшее дополнительное внесение дозы азота N_{30} не обеспечивало повышения содержания сухого вещества. Аналогичные данные были получены и по варианту применения препарата «Аминофол плюс».

Минеральная подкормка растений – один из важнейших факторов, определяющих особенности роста и развития растений и в конечном счете урожайность корнеплодов сахарной свеклы (таблица 3).

Анализируя урожайные данные 2023 года, можно сказать, что применяемые в опыте биостимуляторы «Аминофол плюс» и «Биостим свекла» при достаточно хорошей увлажненности почвы способствуют формированию высоких урожаев корнеплодов сахарной свеклы гибрида Мустанг. Так, на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» + N_{30} достигнут максимальный урожай в пределах 46,1 т/га корнеплодов, тогда как на контроле он равнялся 31,3 т/га. Прибавка по отношению показателя контрольного варианта составила 14,8 т/га, или 47,3 %. Однако дополнительное внесение азота в дозе N_{30} ведет к снижению сахаристости корнеплодов свеклы на 0,3 %, что в итоге сказывается небольшим снижением выхода общего сахара с одного гектара – на 0,1 т/га, или 1,4 %. На варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс» + N_{30} максимальная урожайность достигала 42,4 т/га, что выше контроля на 0,7 т/га, или на 1,7 %. По всем вариантам опыта сахаристость была выше на контрольном варианте – 17,8 %, на остальных – 17,5; 17,7; 17,2 и 17,4 % соответственно. Отмечается более выраженное снижение сахаристости на вариантах с дополнительным внесением N_{30} . Это объясняется эффектом биологического разбавления Пайпера – Стинберга, суть которого заключается в том, что повышение уровня обеспеченности растений питательными веществами вызывает увеличение общей биологической массы растения и приводит к разбавлению сухого вещества [2].

В условиях недостаточного увлажнения 2024 года урожайность корнеплодов сахарной свеклы гибрида Мустанг (таблица 4) оказалась ниже уровня 2023 года на 2,7 т/га, или на 9,4 % (на контроле), на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» + N_{30} – на 12,0 т/га, или 35,2 %, на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс» + N_{30} – на 10,3 т/га, или 31,7%.

Однако сахаристость корнеплодов в 2024 году была выше показателей 2023 года, где на контрольном варианте она составила 18,4 %, что на 0,6 % выше. Наибольший общий сбор сахара отмечен на

вариантах 3 и 5 – 6,1 т/га, при этом прибавка сбора сахара к контролю составила 0,8 т/га, или 15,1 %.

Исследованиями различных авторов установлено, что причиной снижения накопления сахара в корнеплодах, выращенных на повышенном фоне минерального питания, является высокая активность инвертазы и сахарозсинтазы во второй половине вегетационного периода. Это отвлекает ассимилянты от процессов роста, замедляет отложение сахарозы в резерве.

Таблица 3
Урожайность и сахаристость корнеплодов сахарной свеклы гибрида Мустанг в условиях опыта, т/га (2023 г.)

№ п/п	Вариант опыта	Показатель			Прибавка сбора сахара ± к контролю	
		Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га	т/га	%
1	Контроль (без удобрений и листовой подкормки)	31,3	17,8	5,6	—	—
2	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс»	41,7	17,5	7,3	1,7	30,4
3	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла»	45,7	17,7	8,1	2,5	44,6
4	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс» + N_{30}	42,4	17,2	7,3	1,7	30,3
5	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» + N_{30}	46,1	17,4	8,0	2,4	43,2

Table 3
Yield and sugar content of sugar beet roots of the Mustang hybrid under experimental conditions, t/ha (2023)

No.	Option of experience	Indicator			Increase in sugar yield ± to control	
		Yield, t/ha	Sugar content, %	Sugar harvest, t/ha	t/ha	%
1	Control (without fertilizers and foliar feeding)	31.3	17.8	5.6	—	—
2	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + “Aminofol plus”	41.7	17.5	7.3	1.7	30.4
3	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + “Biostim svekla”	45.7	17.7	8.1	2.5	44.6
4	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + “Aminofol plus” + N_{30}	42.4	17.2	7.3	1.7	30.3
5	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + “Biostim svekla” + N_{30}	46.1	17.4	8.0	2.4	43.2

Таблица 4
Урожайность и сахаристость корнеплодов сахарной свеклы гибрида Мустанг в условиях опыта, т/га (2024 г.)

№ п/п	Вариант опыта	Показатель			Прибавка сбора сахара ± к контролю	
		Урожайность, т/га	Сахаристость, %	Сбор сахара, т/га	т/га	%
1	Контроль (без удобрений и листовой подкормки)	28,6	18,4	5,3	—	—
2	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс»	31,7	18,2	5,8	0,5	9,4
3	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла»	33,8	18,1	6,1	0,8	15,1
4	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс» + N_{30}	32,2	17,8	5,7	0,4	7,5
5	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» + N_{30}	34,1	17,9	6,1	0,8	15,1

Table 4

Yield and sugar content of sugar beet roots of the Mustang hybrid under experimental conditions, t/ha (2024)

No.	Option of experience	Indicator			Increase in sugar yield $\pm$ to control	
		Yield, t/ha	Sugar content, %	Sugar harvest, t/ha	t/ha	%
1	Control (without fertilizers and foliar feeding)	28.6	18.4	5.3	—	—
2	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + "Aminofol plus"	31.7	18.2	5.8	0.5	9.4
3	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + "Biostim svekla"	33.8	18.1	6.1	0.8	15.1
4	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + "Aminofol plus" + N_{30}	32.2	17.8	5.7	0.4	7.5
5	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + "Biostim svekla" + N_{30}	34.1	17.9	6.1	0.8	15.1

Agrotechnologies

Таблица 5

Экономическая эффективность производства сахарной свеклы гибрида Мустанг в условиях опыта (расчет по средним данным за 2023–2024 гг.)

Показатель	Вариант опыта				
	Контроль (без удобрений и листовой подкормки)	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс»	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла»	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс» + N_{30}	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» + N_{30}
Урожайность, т/га	29,9	36,7	39,8	37,3	40,1
Стоимость реализованной продукции, руб/га	133 234,4	163 535,2	177 348,8	166 208,8	178 685,6
Затраты на производство и реализацию, руб/га	92 600,0	94 640,0	98 872,0	103 315,0	107 971,0
Себестоимость единицы продукции, руб/т	3 096,9	2 578,7	2 484,2	2 769,8	2 692,5
Прибыль от реализации продукции, руб/га	40 634,4	68 895,2	78 476,8	62 893,8	70 714,6
Уровень рентабельности продукции, %	43,8	72,7	79,3	60,8	65,4

Table 5

Economic efficiency of production of sugar beet hybrid Mustang under experimental conditions (calculation based on average data for 2023–2024)

Indicator	Option of experience				
	Control (without fertilizers and foliar feeding)	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + "Aminofol plus"	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + "Biostim svekla"	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + "Aminofol plus" + N_{30}	$N_{60}P_{120}K_{60}$ + "Biostim svekla" + N_{30}
Yield, t/ha	29.9	36.7	39.8	37.3	40.1
Cost of sold products, rub/ha	133 234.4	163 535.2	177 348.8	166 208.8	178 685.6
Production and sales costs, rub/ha	92 600.0	94 640.0	98 872.0	103 315.0	107 971.0
Cost of unit of production, rub/t	3 096.9	2 578.7	2 484.2	2 769.8	2 692.5
Profit from product sales, rub/ha	40 634.4	68 895.2	78 476.8	62 893.8	70 714.6
Profitability level of products, %	43.8	72.7	79.3	60.8	65.4

Расчет экономической эффективности (таблица 5) возделывания сахарной свеклы выявил, что по средним за 2023–2024 годы показателям урожайности рентабельность была относительно высокой – 60,8–79,3 %, хотя для производства корнеплодов сахарной свеклы в условиях Усть-Лабинского района Краснодарского края при достаточном количестве

почвенной влаги и внесении минеральных удобрений оптимальный уровень рентабельности может достигать и до 100 % и более.

Максимальный уровень урожайности в 2023 году получен на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» + N_{30} – 46,1 т/га. Так, при стоимости единицы продукции 4456,0 руб/т корнеплодов сахарной

свеклы стоимость реализованной продукции составила 205 421,6 руб/га при сумме производственных затрат 107 971,0 руб/га, получено условно чистой прибыли 97 450,6 руб./га с уровнем рентабельности 90,2 %. В сложных климатических условиях июня – августа 2024 года растения сахарной свеклы сформировали более низкую для потенциально продуктивного гибрида Мустанг урожайность: максимальная была на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» + N_{30} на уровне 34,1 т/га. Однако дополнительное внесение N_{30} в условиях года должным образом не сработало и не обеспечило большую рентабельность (40,7 %), тогда как на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» она достигала 52,3 %.

При расчете средних значений за 2023–2024 годы наибольшая рентабельность отмечается на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» – 79,3 %. Дополнительное внесение N_{30} приводит к увеличению производственных затрат на 9099,0 руб/га и, естественно, снижению рентабельности на 13,9 %.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

На выщелоченных черноземах Краснодарского края при выращивании гибридов сахарной свеклы лимитирующим фактором получения потенциально высоких урожаев корнеплодов является наличие продуктивной влаги как на момент посева, так и в

период усиленного нарастания корнеплодов сахарной свеклы, который приходится на **июль – август**. На этот этап вегетации растения расходуют 50–55 % общего объема влаги за весь период [7]. Отмечено, что наибольшее количество жизнеспособных листьев, а значит, оптимальное протекание процессов фотосинтеза наблюдается на варианте с $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» – до 22,1 шт/раст в 2023 году в условиях оптимального увлажнения и 16,9 шт/раст в условиях недостатка влаги в июле – августе 2024 года. На варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» + N_{30} в 2023 году достигнут максимальный урожай в пределах 46,1 т/га корнеплодов, прибавка к контролю составила 14,8 т/га, или 47,3 %. В условиях недостаточного увлажнения 2024 года урожайность корнеплодов сахарной свеклы оказалась ниже уровня 2023 года на 2,7 т/га, или на 9,4 % (на контроле), на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» + N_{30} – на 12,0 т/га, или 35,2 %, на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Аминофол плюс» + N_{30} – на 10,3 т/га, или 31,7 %. Наибольший уровень рентабельности получен на варианте $N_{60}P_{120}K_{60}$ + «Биостим свекла» – 79,3 %, а с дополнительным внесением N_{30} снижается на 13,9 %. Аналогичные данные получены при двукратном внесении биостимулятора «Аминофол плюс».

Библиографический список

1. Акинчин А. В., Кузнецова Л. Н., Линков С. А., Морозова Т. С., Белоусова А. Ю. Влияние подкормок на продуктивность сахарной свеклы // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. 2022. № 3 (35). С. 125–131.
2. Башков В. И., Мамсиров Н. И. Урожайность корнеплодов сахарной свеклы на выщелоченных черноземах АО «Рассвет» Краснодарского края // Аграрная наука – основа развития страны: материалы Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием). Майкоп, 2024. С. 32–35.
3. Боронтов О. К., Косякин П. А., Манаенкова Е. Н. Режим влажности чернозема выщелоченного, урожайность и качество корнеплодов сахарной свеклы при разных погодных и агротехнических условиях в ЦЧР // Агрохимия. 2023. № 8. С. 58–67. DOI: 10.31857/S0002188123080033.
4. Гаврин Д. С., Бартенев И. И., Нечаева О. М. Влияние основного минерального удобрения и внекорневых подкормок микроэлементами на урожай семян сахарной свеклы, его структуру и качество // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 3 (27). С. 35–46. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-35-46.
5. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. 5-е издание, доп. и перераб. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
6. Егоян В. Е. Урожайность сахарной свеклы в зависимости от влияния системы обработки почвы и удобрений // Экология и природопользование: устойчивое развитие сельских территорий: сборник статей по материалам IV Всероссийской научно-практической конференции. Краснодар, 2024. С. 240–244.
7. Калинин О. С. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от приемов обработки почвы и норм минеральных удобрений в зернопропашном севообороте на черноземе выщелоченном Западного Предкавказья: автореф. дис. канд. с.-х. наук. Краснодар, 2023. 24 с.
8. Кожокина А. Н., Мязин Н. Г., Сальгадо Пачеко Т., Гасанова Е. С., Брехов П. Т., Стекольников Н. В. Влияние многолетнего внесения удобрений на продуктивность звена севооборота и агрохимические свойства чернозема выщелоченного // Земледелие. 2022. № 6. С. 11–15. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-6-11-16.
9. Косякин П. А., Боронтов О. К., Манаенкова Е. Н. Динамика формирования листовой поверхности сахарной свеклы в зависимости от агротехники возделывания и удобрений // Сахарная свекла. 2020. № 6. С. 25–28. DOI: 10.25802/SB.2020.91.28.005.
10. Кравцов А. М., Загоруйко А. В., Нещадим Н. Н., Федулов Ю. П., Котляров В. В. Формирование продуктивности сахарной свеклы под влиянием плодородия почвы и удобрений // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 110. С. 144–150. DOI: 10.21515/1999-1703-110-119-132.

11. Мамсиров Н. И., Бондарева Т. Н. Надежная защита посевов сахарной свеклы от сорняков в предгорной зоне Республики Адыгея // Новые технологии. 2017. № 4. С. 118–125.
12. Минакова О. А., Александрова Л. В., Подвигина Т. Н. Потребление NPK гибридами сахарной свеклы отечественной и зарубежной селекции на различных фонах основного удобрения в ЦЧР // Российская сельскохозяйственная наука. 2023. № 3. С. 49–54. DOI: 10.31857/S2500262723030092.
13. Минакова О. А., Александрова Л. В., Подвигина Т. Н., Вилков В. М. Урожайность культур и продуктивность зерносвекловичного севооборота как результат 85-летнего применения удобрений в условиях ЦЧР // Агрохимия. 2024. № 1. С. 17–25. DOI: 10.31857/80002188124010032.
14. Минакова О. А., Путилина Л. Н. Влияние удобрений на продуктивность и технологические качества гибридов сахарной свеклы отечественной селекции // Сахар. 2024. № 4. С. 23–27. DOI: 10.24412/2413-5518-2024-4-23-27.
15. Подрезов П. И., Мязин Н. Г., Кожокина А. Н. Влияние многолетнего внесения удобрений на урожайность и качество урожая сахарной свеклы, выращиваемой на черноземе типичном // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2021. Т. 14. № 4 (71). С. 49–57. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_49.
16. Семина С. А., Жеряков Е. В., Жеряков И. С. Особенности формирования листового аппарата сахарной свеклы при применении инновационных удобрений // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: сборник статей XVIII Международной научно-практической конференции. Пенза, 2023. С. 256–260.
17. Gasanova E. S., Stekolnikov K. E., Kozhokina A. N., Malyavskaya A. V. Dependence of physico-chemical characteristics of leached chernozem's soil fertility on fertilizers and ameliorator used // AIP conference proceedings: International Scientific and Practical Conference "Innovative Technologies in Agriculture". 2023. Vol. 2921, Iss. 1. Article number 060001. DOI: 10.1063/5.0165006.

Об авторах:

Нурбий Ильясович Мамсиров, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой технологии производства сельскохозяйственной продукции, Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Россия; ORCID 0000-0003-4581-5505, AuthorID 377074. E-mail: nur.urup@mail.ru

Владимир Игоревич Башков, аспирант, Майкопский государственный технологический университет, Майкоп, Россия; ORCID 0009-0002-9601-7319, AuthorID 1176519. E-mail: vladimir-bashkov@mail.ru

References

1. Akinchin A. V., Kuznetsova L. N., Linkov S. A., Morozova T. S., Belousova A. Yu. The effect of fertilizing on the productivity of sugar beet. *Innovations in Agriculture: Problems and Prospects*. 2022; 3 (35): 125–131. (In Russ.)
2. Bashkov V. I., Mamsirov N. I. The yield of sugar beet root crops on leached chernozems of JSC "Rassvet" of the Krasnodar Territory. *Agrarian science – the basis of the country's development: materials of the All-Russian Scientific and Practical conference (with international participation)*. Maykop, 2024. Pp. 32–35. (In Russ.)
3. Borontov O. K., Kosyakin P. A., Manaenkova E. N. Moisture regime of leached chernozem, the yield and quality of sugar beet root crops under different weather and agrotechnical conditions in the Central Chernozem Region. *Agrohimia*. 2023; 8: 58–67. DOI: 10.31857/S0002188123080033. (In Russ.)
4. Gavrin D. S., Bartenev I. I., Nechaeva O. M. Influence of basic mineral fertilizer and foliar feeding with microelements on sugar beet seeds yield, structure and quality. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2021; 3 (27): 35–46. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-3-27-35-46. (In Russ.)
5. Dospekhov B. A. *Methodology of field experience with the basics of statistical processing of research results*. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russ.)
6. Egoyan V. E. Sugar beet yield depending on the effect of the tillage system and fertilizers. *Ecology and nature management: sustainable rural development: collection of articles based on the materials of the IV All-Russian Scientific and Practical Conference*. Krasnodar, 2024. Pp. 240–244. (In Russ.)
7. Kalinin O. S. Productivity of sugar beet depending on soil tillage techniques and mineral fertilizer standards in grain-tillage crop rotation on leached chernozem of the Western Ciscaucasia: abstract of the dissertation ... candidate of agricultural sciences. Krasnodar, 2023. 24 p. (In Russ.)
8. Kozhokina A. N., Myazin N. G., Salgado Pacheco T., Gasanova E. S., Brekhov P. T., Stekolnikova N. V. The influence of long-term fertilization on the productivity of the crop rotation link and the agrochemical properties of leached chernozem. *Zemledelie*. 2022; 6: 11–15. DOI: 10.24412/0044-3913-2022-6-11-16. (In Russ.)

9. Kosyakin P. A., Borontov O. K., Manaenkova E. N. Dynamics of sugar beet leaf surface formation depending on agrotechnology of cultivation and fertilizers. *Sugar Beet*. 2020; 6: 25–28. DOI: 10.25802/SB.2020.91.28.005. (In Russ.)
10. Kravtsov A. M., Zagorulko A. V., Neschadim N. N., Fedulov Yu. P., Kotlyarov V. V. Sugar beet productivity formation under the influence of soil and fertilizers. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2024; 110: 144–150. DOI: 10.21515/1999-1703-110-119-132. (In Russ.)
11. Mamsirov N. I., Bondareva T. N. Reliable protection of sugar beet sows from weedage in the foothill zone of the Republic of Adygeya. *New Technologies*. 2017; 4: 118–125. (In Russ.)
12. Minakova O. A., Aleksandrova L. V., Podvigina T. N. Consumption of NPK by domestic and foreign sugar beet hybrids with different main fertilizer backgrounds in the Central Black-Earth Region. *Russian Agricultural Science*. 2023; 3: 49–54. DOI: 10.31857/S2500262723030092. (In Russ.)
13. Minakova O. A., Aleksandrova L. V., Podvigina T. N., Vilkov V. M. Crop productivity and productivity of grain-and-beet crop rotation as a result of 85 years of fertilizer application in the conditions of the Central Asian Republic. *Agrohimiâ*. 2024; 1: 17–25. DOI: 10.31857/80002188124010032. (In Russ.)
14. Minakova O. A., Putilina L. N. The effect of fertilizers on productivity and technological qualities of sugar beet hybrids of domestic breeding. *Sugar*. 2024; 4: 23–27. DOI: 10.24412/2413-5518-2024-4-23-27. (In Russ.)
15. Podrezov P. I., Myazin N. G., Kozhokina A. N. Long-term application of fertilizers and its impact on crop productivity and quality of yield of sugar beet cultivated on typical chernozem. *Bulletin of the Voronezh State Agrarian University*. 2021; 4 (71): 49–57. DOI: 10.53914/issn2071-2243_2021_4_49. (In Russ.)
16. Semina S. A., Zheryakov E. V., Zheryakov I. S. Features of the formation of the sugar beet leaf apparatus when using innovative fertilizers. *Agro-industrial complex: state, problems, prospects: collection of articles of the XVIII International Scientific and Practical Conference*. Penza, 2023; 256–260. (In Russ.)
17. Gasanova E. S., Stekolnikov K. E., Kozhokina A. N., Malyavskaya A. V. Dependence of physico-chemical characteristics of soil fertility of leached chernozem on fertilizers and meliorators used. *AIP conference proceedings: International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies in Agriculture”*. 2023; 2921 (1): 060001. DOI: 10.1063/5.0165006. (In Russ.)

Authors' information:

Nurbii I. Mamsirov, doctor of agricultural sciences, associate professor, head of the department of agricultural production technology, Maykop State Technological University, Maykop, Russia;
ORCID 0000-0003-4581-5505, AuthorID 377074. *E-mail:* nur.urup@mail.ru

Vladimir I. Bashkov, postgraduate, Maykop State Technological University, Maykop, Russia;
ORCID 0009-0002-9601-7319, AuthorID 1176519. *E-mail:* vladimir-bashkov@mail.ru

Влияние погодных условий, продуктивной влаги и минерального удобрения на урожайность гороха в севооборотах

Д. В. Митрофанов

Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий
Российской академии наук, Оренбург, Россия

E-mail: dvm.80@mail.ru

Аннотация. Цель работы – выявить влияние агроклиматических условий, количество продуктивной влаги, элементов питания и предшественников на урожайность гороха. В работе использовались методы агрометеорологических наблюдений, полевого эксперимента, Мачигина, термостатный, весовой, ионометрический, расчетов урожайности зерна, дисперсионный, множественной регрессии. **Научная новизна.** Проведенная оценка впервые выявила зависимость урожайности гороха от почвенно-климатических условий и предшествующих полевых культур севооборота в степных черноземах Оренбургской области. **Результаты.** Обработаны результаты (2002–2022 гг.): температура (воздуха) за май – август – 16,2–22,8 °С; осадки (атмосферные) – 21,7–42,7 мм; число суховейных дней (влажность воздуха 30 % и менее) – 14–18; гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова – 0,09–0,19; уровень продуктивной влаги в почве за период определения – 32,2–137,9 мм, N-NO₃ на удобренном фоне питания – 55–101 мг, на неудобренном – 45–76 мг, P₂O₅ – 52–63 и 37–46 мг, K₂O – 367–500 и 32–425 мг/кг; урожайность – 0,65–0,87 и 0,60–0,83 т/га; прибавка зерна гороха – 0,01–0,06 т/га соответственно. В результате наблюдений выявлено повышение урожайности гороха (0,83–0,87 т/га) на фонах питания в зернопаровом севообороте с летним посевом суданской травы в зависимости от влияния (27,52–22,53 %, $r = 0,52 \dots 0,47$, $p = 0,014 \dots 0,029$) осадков в июне и минеральных удобрений. Недобор выпавших осадков в июне значительно влиял (47,32–54,79 %, $r = 0,69 \dots 0,74$, $p = 0,001$) на понижение выхода зерна гороха (0,60–0,65 т/га) на фонах питания по твердой пшенице в зерновом севообороте. В вариантах опыта установлено существенное воздействие засушливых погодных условий, ГТК (20,03–43,57 %), продуктивной влаги (17,53–28,14 %), нитратного азота (24,34–39,58 %) на формирование урожайности гороха (0,60–0,77 т/га) в севооборотах. Температура воздуха (май, июль, август), осадки (май, август), число суховейных дней (август), влага (перед уборкой), нитратный азот (после посева), подвижный фосфор и обменный калий не проявляли эффективного действия на горох.

Ключевые слова: осадки, температура воздуха, число суховейных дней, продуктивная влага, питательные вещества, урожайность, прибавка зерна, горох, предшественник, севооборот

Благодарности. Исследования выполнены в рамках государственного задания в соответствии с тематическим планом научно-исследовательской работы на 2024–2030 гг. ФГБНУ ФНЦ БСТ РАН (№ FNWZ-2022-0014).

Для цитирования: Митрофанов Д. В. Влияние погодных условий, продуктивной влаги и минерального удобрения на урожайность гороха в севооборотах // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 05. С. 715–727. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-715-727>.

Дата поступления статьи: 28.10.2024, **дата рецензирования:** 27.01.2025, **дата принятия:** 21.03.2025.

The influence of weather conditions, productive moisture and mineral fertilizers on the yield of peas in crop rotations

D. V. Mitrofanov

Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

E-mail: dvm.80@mail.ru

Abstract. The purpose of the study is to identify the influence of agro-climatic conditions, the amount of productive moisture, nutrients and precursors on the yield of peas. **Research methods:** agrometeorological observations, field experiment, Machigin, thermostatic, weight, ionometric, grain yield calculations, dispersion, multiple regression. **Scientific novelty.** For the first time, the assessment revealed the dependence of pea yields on soil and climatic conditions and previous crop rotation in the steppe chernozems of the Orenburg region. **Results.** The results are processed in the work (2002–2022): air temperature (air) in may-august – 16.2–22.8 °C; precipitation (atmospheric) – 21.7–42.7 mm; number of dry days (air humidity 30 % or less) – 14–18; hydrothermal coefficient of G. T. Selyaninov – 0.09–0.19; the level of productive moisture in the soil during the period of determination – 32.2–137.9 mm, N-NO₃ – on a fertilized background of nutrition 55–101 mg and on a non-fertilized background – 45–76 mg, P₂O₅ – 52–63 and 37–46 mg, K₂O – 367–500 and 329–425 mg/kg; yield – 0.65–0.87 and 0.60–0.83 t/ha; addition of pea grain – 0.01–0.06 t/ha respectively. As a result of the observations, an increase in pea yield (0.83–0.87 t/ha) was revealed on nutrition backgrounds in the grain-pair crop rotation with summer sowing of Sudanese grass, depending on the influence (27.52–22.53 %, $r = 0.52...0.47$, $p = 0.014...0.029$) of june precipitation and mineral fertilizers. The shortage of precipitation in june significantly affects (47.32–54.79 %, $r = 0.69...0.74$, $p = 0.001$) a decrease in the yield of pea grains (0.60–0.65 t/ha) on the nutrition backgrounds of durum wheat in the grain crop rotation. In the experimental variants, a significant effect of arid weather conditions, GTC (20.03–43.57 %), productive moisture (17.53–28.14 %), nitrate nitrogen (24.34–39.58 %) on the formation of pea yields (0.60–0.77 t/ha) in crop rotations was established. Air temperature (May, July, August), precipitation (May, August), number of dry days (August), moisture (before harvesting), nitrate nitrogen (after sowing), mobile phosphorus and exchangeable potassium do not have an effective effect on peas.

Keywords: precipitation, air temperature, number of dry wind days, productive moisture, nutrients, yield, grain increase, peas, predecessor, crop rotation

Acknowledgements. The research was carried out within the framework of the state assignment in accordance with the thematic plan of research work for 2024–2030. FSSI FRC BST RAS (No. FNWZ-2022-0014).

For citation: Mitrofanov D. V. The influence of weather conditions, productive moisture and mineral fertilizers on the yield of peas in crop rotations. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (05): 715–727. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-715-727>. (In Russ.)

Date of paper submission: 28.10.2024, **date of review:** 27.01.2025, **date of acceptance:** 21.03.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Горох (*Pisum sativum*) является наиболее распространенной и востребованной зернобобовой культурой. За три года (2020–2022) площадь посева зернобобовых культур в Оренбургской области составила 85,0; 65,3 и 80,2 тыс. га. В 2022 году валовой сбор зерна гороха достиг 16,40 тыс. т при средней урожайности 1,60 т/га что является лучшим результатом за последние годы [1].

Основной причиной снижения посевных площадей зернобобовых культур (включая горох) в Оренбургской области является их слаборазвитое семеноводство. Внедрение гороха в севооборот

может привести к повышению урожайности последующих полевых культур, плодородию почвы и уменьшению потребности в синтетическом азоте [2]. Повышение показателей плодородия почвы, особенно на удобренном фоне минерального питания, происходит одновременно с увеличением доли бобовых культур в структуре севооборотов с 30 до 60 % [3]. При насыщенности зернобобовыми культурами (особенно горохом) севооборотов до 80 % получен наилучший сбор зерна с 1 га, что выше других на 0,25–0,29 т/га [4]. Исследователи обращают больше внимания на возделывание гороха по различным предшественникам в севообороте. Вы-

ращивания гороха по пару в зернопаровом севообороте приводит к увеличению урожайности зерна до 1,68 т/га [5].

Урожайность гороха зависит от сроков посева и погодных условий. В сроки посева гороха в период с 6 по 14 мая в условиях засушливого вегетационного периода эффективнее используется продуктивная влага в почве. При посеве в эти сроки отмечается наибольший выход зерна гороха. В более ранние сроки посева гороха наблюдается снижение выхода продукции на 1 мм использованной влаги [6].

В других почвенно-климатических условиях проводятся научные работы по разнообразному влиянию агротехнологии на накопление продуктивной влаги в верхнем (0–20 см) и метровом слоях почвы в посевах гороха [7]. В результате применения агротехнических приемов обработки почвы содержание влаги уменьшается на 5–12 % в 0–30 см и на 11–39 % в 0–10 см слоях горизонта перед посевом гороха. После вспашки уровень весенних запасов влаги в почве перед возделыванием гороха составил от 21 до 33 % и в фазе бутонизации – 27–34 % соответственно. Уровень продуктивной влаги уменьшаются в пахотном слое почвы до минимальных значений – 0–10 мм/га, что приводит к понижению урожайности зерна. В условиях достаточного увлажнения на вариантах со вспашкой максимальная урожайность гороха получена 5,54 т/га [8]. По вспашке получен наибольший запас продуктивной влаги в метровом слое почвы 167,2 мм, что влияет на формировании урожайности гороха 3,79 т/га [9]. На фоне вспашки с внесением минеральных удобрений $N_{30}P_{80}K_{80}$ при норме высева сортов (Донец и Амулет) 1,4 млн шт/га формируется наибольшая урожайность гороха 2,58 и 2,18 т/га [10]. В 2023 году на фоне минерального питания при первом сроке посева получена лучшая урожайность зерна гороха по этим сортам: 3,72 и 2,91 т/га [11].

В засушливой степной зоне Южного Урала применение минеральных удобрений приводит к накоплению нитратного азота ($N-NO_3$) и подвижного фосфора (P_2O_5) в почве до 1,9 мг/100 г, что повышает урожайность гороха до 1,03 т/га. В результате получена прибавка зерна гороха от удобрений на 0,05 т/га [12]. В умеренно увлажненных условиях Среднего Урала урожайность гороха положительно зависит от гидротермического коэффициента в июне, что подтверждают высокие коэффициенты корреляции на удобренных фонах питания ($r = 0,78...0,80$). Применение удобрений обеспечивает прибавку зерна гороха на уровне 0,61–0,68 т/га [13]. В других почвенно-климатических условиях внесение минеральных удобрений в дозах $N_{20}P_{52}K_{52}$ и $N_{30}P_{78}K_{78}$ благоприятно влияет на азотфиксирующую способность гороха, что дает значительную прибавку зерна [14]. Наибольшей фиксацией азота воздуха обладают сорта гороха Рокет и ЭСО. Они

фиксируют азот из воздуха на уровне 91,0–111,5 кг/га, что на 15,6–24,2 % больше, чем сорта гороха Фараон и Флагман 12. Таким образом, продуктивными сортами считаются Рокет и ЭСО [15].

Погодные условия на территории сельскохозяйственной опытной станции (с. Броды, Польша) не оказывают существенного влияния на урожайность гороха. Традиционная система обработки почвы оказывает значительное влияние на урожайность, в результате которой получен наибольший выход зерна гороха – 5,19 т/га. В результате вспашки почвы происходит увеличение запасов азота, что повышает урожайность зерна гороха до 2,89 т/га [16]. Исследователями проанализированы девять сортов гороха в пяти регионах Южной Европы и Северной Африки, характеризующихся различными агрометеорологическими условиями Средиземноморья. В результате опытов с горохом установлено, что повышенной урожайностью зерна и устойчивостью к засушливым условиям характеризуется французский сорт Desso [17]. В результате эксперимента выявлено, что определённые сорта гороха предпочтительнее для выращивания в засушливом регионе административного центра г. Бангалор, Индия. Среди 15 оцененных сортов гороха, выращенных в условиях региона, выявлено, что разновидности Arka Apoorva, Arka Karthi и Kashi Shakti формируют наибольшую урожайность 15,75; 13,97 и 13,42 т/га [18]. Повышение выхода зерна гороха зависит от наибольшего уровня влаги в почве. Засушливые условия почвы с дефицитом воды существенно действуют на снижение уровня урожайности зерна зернобобовой культуры [19]. В полевых условиях Пакистана отмечено, что внесение в почву макроэлементов питания (NPK) более эффективно для улучшения роста, развития и урожайности гороха [20].

Не в полном объеме изучены проблемы по повышению выхода зерна гороха в погодных и почвенных условиях России. Таким образом, наибольший интерес представляет выращивание гороха в севооборотах на фонах (с удобрениями и без них) минерального питания в зависимости от агрометеорологических условий, уровня продуктивной влаги, веществ питания (NPK) в почве и предшествующих полевых культур. В связи с этим для разрешения проблемы проводятся исследования по гороху в условиях Оренбургского Приуралья.

Для достижения вышеприведенной цели исследования необходимо решить следующие задачи:

- определить агрометеорологические наблюдения (температура воздуха, осадки атмосферные, число суховейных дней (влажность воздуха 30 % и менее), гидротермический коэффициент Г. Т. Селянинова;
- установить уровень продуктивной влаги и веществ питания в почве;

– выявить наилучший питательный фон и предшественник севооборота по отношению к урожайности;

– получить прибавку зерна в связи с применением аммофоски в севооборотах;

– обнаружить связь факторов с урожайностью зерна.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования (2002–2022) по выращиванию гороха в севооборотах проводились на полевом стационаре (заложенном в 1990 г.) вблизи с. Нежинка Оренбургской области по координатам (51°46'30.45"N, 55°18'23.57"E). Полевой опыт размещался на пологом склоне (0,5–1,1°) с направлением на Юго-Восток к р. Урал.

Почва и горох представляли собой объекты исследования. В черноземе южном карбонатном в верхнем слое почвы (0–30 см) гумус составил 3,2–4,0 %, азот – 0,20–0,31 %, фосфор – 0,14–0,22 %, нитраты – 87–181 мг, подвижный фосфор – 15–25 мг, обменный калий – 300–380 мг/кг почвы, почвенный раствор (рН водной вытяжки) – 7,0–8,1.

На основании метода полевого эксперимента (Б. А. Доспехов и др.) закладывали посевы гороха в опытах. Горох выращивался в зернопаровых (6 полей) и зерновых (2 поля) севооборотах: паровое поле (черный, занятый суданской травой, сидеральный – запашка гороха и овса) – рожь озимая и пшеница твердая – пшеница твердая и мягкая – горох посевной – пшеница мягкая – ячмень яровой и горох посевной – пшеница твердая. Экспериментальные деланки посева закладывали по повторениям (4) и во времени (21 год) на участке. Схема опыта двухфакторная: 2А × 5В, где А – фоны: удобрённый, неудо́брённый, В – варианты: пять предшественников гороха (две твердой и три мягкой пшеницы).

Горох высевался по систематическому размещению вариантов опыта:

I. Выращивание гороха после пшеницы твердой по пару черному.

II. Выращивание гороха после пшеницы мягкой по пару черному.

III. Выращивание гороха после пшеницы мягкой по пару занятому.

IV. Выращивание гороха после пшеницы мягкой по пару сидеральному.

V. Выращивание гороха после пшеницы твердой.

Посевы находились на питательных уровнях с удобрениями (удобрённый фон – интенсивный) и без них (неудо́брённый фон – контроль). В опыте размер удобрённого и неудо́брённого фонов деланки имели 3,6 × 30 м и 3,6 × 60 м. Площадь посева гороха на одном повторении составила 1620 м², на всех четырех – 6480 м². На одной части деланки под осеннюю вспашку (BELARUS-1523.3 и FINIST ПЛН-4-35) разбрасывалась аммофоска (РУМ-1000)

в соответствии (доза $N_{40}P_{40}K_{40}$ кг/га д. в.) с рекомендацией для данного участка. На другой части деланки не вносилась аммофоска в почву. Горох обрабатывали гербицидом («Пульсар» с нормой расхода 0,70–0,80 л/га) в фазе 1–3 настоящих листьев гороха против сорной (двудольных и злаковых сорняков) растительности.

Ранней весной проводилось боронование (БЗСС-1) пашни в два следа, затем велась предпосевная культивация (КПС-4У) почвы. Посев (8–15 мая) гороха (сорт – Красноуфимский 93, Чишминский 95, 229) проводился сеялкой (ВИТА СЗП-3,6А) с нормативным показателем 230 кг/га или 1,2 млн шт. семян на 1 га. Посевы гороха на деланках опыта прикатывались кольчато-шпоровыми катками (ЗККШ-6). Во второй и третьей декаде августа выполнялась уборка гороха на зерно селекционным комбайном (Sampo Terrior SR2010) с измельчением ботвы. Учет урожайности гороха в севооборотах проводился на питательных (удобрённый – 60 м² и неудо́брённый – 120 м²) фонах почвы. При расчете урожайности учитывались влажность (15–18 %) и чистота (100 %) зерна гороха.

В работе проводилась оценка агрометеорологических условий (атмосферные осадки, температура воздуха, число суховейных дней) по сведениям Оренбургского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (ЦГМС)¹. В расчете гидротермического коэффициента увлажнения Г. Т. Селянинова (ГТК) применялись данные выпавших осадков и температуры воздуха в периоде вегетации, и в результате он характеризовал уровень влагообеспеченности территории.

В период после посева и перед уборкой отбирались почвенные образцы для установления содержания подвижных форм веществ (NPK) и продуктивной влаги в верхнем (0–30 см) и нижнем (0–100 см) слоях чернозема. В лабораторных условиях термостатно-весовым методом (по С. А. Воробьеву) определялось содержание продуктивной влаги в метровом почвенном горизонте. Запасы веществ питания ($N-NO_3$, P_2O_5 , K_2O) в 30-сантиметровом слое почвы устанавливались благодаря методам ионометрическому и Мачигина в центре коллективного пользования (<http://цкп-бст.рф>). Методом множественной регрессии математически обрабатывались результаты в статистической программе Statistica 12.0. Наименьшая существенная разность (HCP_{05}) рассчитывалась путем применения дисперсионного анализа.

Результаты (Results)

Наблюдения за погодными условиями на экспериментальном опытном участке показывали значительные изменения в вегетационном периоде гороха. На основании полученных сведений от Оренбургского центра гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды установлено, что в

результате обильных выпадений осадков (июль) в количестве 42,7 мм при среднемноголетней норме 41,0 мм наблюдалось цветение и созревание гороха (таблица 1). По остальным месяцам периода вегетации (май, июнь и август) выпали осадки в количестве 34,6; 29,3 и 21,7 мм, что меньше нормы на 6,4; 9,7 и 12,3 мм соответственно. Такие условия повлияли на понижение урожайности гороха.

Нехватка атмосферной влаги для нормального роста и развития в период вегетации гороха объяснялась проявлением засушливых условий с выраженным высоким температурным режимом. Температура (воздуха) в июле и августе максимум составила 22,8 и 22,0 °С (превышая норму на 0,9 и 2,0 °С соответственно). Атмосферная влага испарялась из почвы в связи с этой установленной температурой. Температура (воздуха) для вегетации являлась оптимальной в мае и июне, что составило соответственно 16,2 и 20,7 °С (превышая норму на 1,2 и 1,0 °С). Неблагоприятные условия для гороха

в жаркий период года усугубили холодная засуха и число суховейных дней (14–18 при норме 13–15).

По сумме осадков и среднесуточной температуры воздуха рассчитывался гидротермический коэффициент увлажнения Г. Т. Селянинова. Наименьший ГТК отмечался в августе и составил 0,09, что ниже нормы на 0,02, и указывал на самый засушливый месяц. ГТК в мае составил 0,19, июне – 0,12, июле – 0,16 ниже нормы на 0,02, 0,04 и 0,02, что показывало сильную засушливость по месяцам. Засушливый период вегетации приводил к наименьшей влагообеспеченности, снижению содержания подвижных форм веществ (NPK) в почве и выхода зерна.

В севооборотах наблюдалось за период определения (после посева и перед уборкой) содержание макроэлементов питания в почвенном горизонте 0–30 см на удобренном фоне в пределах 52–500 мг и неудобренном – 37–425 мг/кг (таблица 2).

Таблица 1
Агрометеорологические условия вегетационного периода гороха на территории опытного участка (2002–2022 гг.)

Показатели	Месяцы вегетационного периода гороха			
	Май	Июнь	Июль	Август
Среднесуточная температура воздуха, °С	<u>16,2</u> 15,0	<u>20,7</u> 19,7	<u>22,8</u> 21,9	<u>22,0</u> 20,0
НСР ₀₅	1,15	1,23	0,93	1,20
Сумма осадков, мм	<u>34,6</u> 41,0	<u>29,3</u> 39,0	<u>42,7</u> 41,0	<u>21,7</u> 34,0
НСР ₀₅	12,0	7,9	14,5	12,2
Число суховейных дней	<u>16,0</u> 14,0	<u>14,0</u> 13,0	<u>15,0</u> 14,0	<u>18,0</u> 15,0
НСР ₀₅	3,2	4,1	4,0	3,4
Гидротермический коэффициент	<u>0,19</u> 0,21	<u>0,12</u> 0,16	<u>0,16</u> 0,18	<u>0,09</u> 0,11

Примечание. Над чертой – данные по Оренбургскому центру гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды; под чертой – среднемноголетние данные.

Table 1
Agrometeorological conditions of the growing season of peas on the territory of the pilot site (2002–2022)

Indicators	Months of the growing season of peas			
	May	June	July	August
Average daily air temperature, °C	<u>16.2</u> 15.0	<u>20.7</u> 19.7	<u>22.8</u> 21.9	<u>22.0</u> 20.0
LSD ₀₅	1.15	1.23	0.93	1.20
The amount of precipitation, mm	<u>34.6</u> 41.0	<u>29.3</u> 39.0	<u>42.7</u> 41.0	<u>21.7</u> 34.0
LSD ₀₅	12.0	7.9	14.5	12.2
The number of dry days	<u>16.0</u> 14.0	<u>14.0</u> 13.0	<u>15.0</u> 14.0	<u>18.0</u> 15.0
LSD ₀₅	3.2	4.1	4.0	3.4
Hydrothermal coefficient	<u>0.19</u> 0.21	<u>0.12</u> 0.16	<u>0.16</u> 0.18	<u>0.09</u> 0.11

Note. Above the line – data on the Orenburg center for hydrometeorology and environmental monitoring; below the line – long-term average data.

Таблица 2

Почвенные макроэлементы питания в зависимости от варианта опыта и фона питания, мг/кг почвы (2002–2022 гг.)

Вариант опыта	Период определения содержания веществ питания в горизонте 0–30 см								
	После посева			Перед уборкой			Расход		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
I	<u>89</u> 66	<u>60</u> 43	<u>500</u> 425	<u>73</u> 61	<u>60</u> 42	<u>454</u> 401	<u>16</u> 5	<u>0</u> 1	<u>46</u> 24
II	<u>85</u> 67	<u>63</u> 46	<u>490</u> 421	<u>66</u> 56	<u>56</u> 41	<u>444</u> 386	<u>19</u> 11	<u>7</u> 5	<u>46</u> 35
III	<u>84</u> 67	<u>63</u> 45	<u>490</u> 417	<u>75</u> 66	<u>59</u> 45	<u>448</u> 404	<u>9</u> 1	<u>4</u> 0	<u>42</u> 13
IV	<u>85</u> 70	<u>58</u> 44	<u>466</u> 413	<u>55</u> 45	<u>52</u> 37	<u>419</u> 387	<u>30</u> 25	<u>6</u> 7	<u>47</u> 26
V	<u>101</u> 76	<u>62</u> 43	<u>423</u> 382	<u>86</u> 74	<u>58</u> 40	<u>367</u> 329	<u>15</u> 2	<u>4</u> 3	<u>56</u> 53
HCP ₀₅	A	4,2	1,4	8,0	4,8	1,7	7,7	6,2	2,1
	B	6,7	2,3	12,6	7,6	2,7	12,2	9,8	3,3

Примечание. Здесь и далее: над чертой – удобренный (интенсивный) фон питания; под чертой – неудобренный (контроль); HCP₀₅ A – минеральные удобрения (аммофоска), HCP₀₅ B – предшественник (твердая и мягкая пшеница).

Table 2

Soil macronutrients of nutrition depending on the variant of the experiment and the background of nutrition, mg/kg of soil (2002–2022)

Experience option	Period determination of the content of nutrients in the horizon of 0-30 cm								
	After sowing			Before harvesting			Consumption		
	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
I	<u>89</u> 66	<u>60</u> 43	<u>500</u> 425	<u>73</u> 61	<u>60</u> 42	<u>454</u> 401	<u>16</u> 5	<u>0</u> 1	<u>46</u> 24
II	<u>85</u> 67	<u>63</u> 46	<u>490</u> 421	<u>66</u> 56	<u>56</u> 41	<u>444</u> 386	<u>19</u> 11	<u>7</u> 5	<u>46</u> 35
III	<u>84</u> 67	<u>63</u> 45	<u>490</u> 417	<u>75</u> 66	<u>59</u> 45	<u>448</u> 404	<u>9</u> 1	<u>4</u> 0	<u>42</u> 13
IV	<u>85</u> 70	<u>58</u> 44	<u>466</u> 413	<u>55</u> 45	<u>52</u> 37	<u>419</u> 387	<u>30</u> 25	<u>6</u> 7	<u>47</u> 26
V	<u>101</u> 76	<u>62</u> 43	<u>423</u> 382	<u>86</u> 74	<u>58</u> 40	<u>367</u> 329	<u>15</u> 2	<u>4</u> 3	<u>56</u> 53
LSD ₀₅	A	4.2	1.4	8.0	4.8	1.7	7.7	6.2	2.1
	B	6.7	2.3	12.6	7.6	2.7	12.2	9.8	3.3

Note. Here and further: above the line – fertilized (intensive) nutrition background; below the line – non-fertilized (control); LSD₀₅ A – mineral fertilizers (ammophoska), LSD₀₅ B – precursor (hard and soft wheat).

Наибольшие запасы нитратного азота (N-NO₃) в почве отмечались после посева и перед уборкой гороха по твердой пшенице в зерновом севообороте (V вариант опыта) и составили 101 и 86 мг, что превосходили контроль на 25 и 12 мг/кг соответственно. В результате обогащения биологическим азотом с помощью клубеньковых бактерий, находящихся в корнях гороха, и после процесса нитрификации происходило накопление питательного вещества в почве. Возрастание содержания азота в почве шло ввиду длительного возделывания гороха в двупольном севообороте. Наименьшее количество азота в почве (перед уборкой) наблюдалось (I, II, III, IV вариант опыта) на интенсивном фоне с удобрениями и составило 55–75 мг, что превосходило контроль на 9–12 мг/кг. В результате миграции азота в нижележащие слои почвы и потребления его го-

рохом повышался расход в почве. Он варьировал от 1 до 30 мг/кг. Наибольший расход азота в почве отмечался под посевом гороха (IV вариант опыта) в сидеральном севообороте. В основном снижение содержания питательного вещества в почве происходило в результате активного использования его предшествующими полевыми культурами при многолетнем возделывании в шестипольных севооборотах. Количество подвижного фосфора (P₂O₅) в течение периода определения гороха находилось на уровне 37–63 мг/кг. Наибольшие запасы веществ питания в почве при внесении аммофоски (после посева) отмечались во II варианте опыта (63 мг/кг), превышая контроль на 17 мг/кг, в III – 63 (на 18), в V – 62 (на 19). Максимальное содержание фосфора в пахотном слое почвы наблюдалось перед уборкой гороха в первом варианте опыта: 60 (превышая кон-

троль на 18) мг/кг. Наименьшее количество фосфора в почве отмечалось перед уборкой гороха в IV варианте эксперимента: 52 (превышая контроль на 15) мг/кг. Расход фосфора находился на уровне от 0 до 7 мг/кг. Наибольший расход питательного вещества в почве отмечался (II, IV вариант опыта) в севооборотах с длинной ротацией. Наименьший расход фосфора в почве наблюдался в результате биологических особенностей гороха. Возрастающие уровня обменного калия (K_2O) в почве (после посева) отмечалось в I варианте опыта. На интенсивном фоне с удобрениями и без них (контроль) составило 500 и 425 мг/кг. Черный пар накапливал запасы калия в почве. Снижение уровня калия просматривалось в V варианте опыта и составило 423 и 367 (отклонение от контроля в 41 и 38) мг/кг. В результате истощения почвы горохом в V варианте опыта снижались запасы калия. В других вариантах (II, III, IV) опыта отмечался уровень калия в почве на интенсивном фоне с удобрениями от 419 до 490 мг и без них (контроль) – 386–421 мг/кг. Расход калия находился на уровне 13–56 мг/кг. Максимальный расход калия наблюдался под посевом на питательных фонах (V вариант опыта) в зерновом севообороте. Наибольший расход калия происходил в результате использования его на рост и развитие культурных растений. Высокие запасы калия в почве объяснялись агрохимическими свойствами чернозема. Наилучшая значимая фактическая разность содержания калия по сравнению с контролем

отмечалась после посева гороха по твердой пшенице в зернопаровом севообороте (I вариант опыта) и составила 75 мг/кг (НСР₀₅ по удобрению – 8,0, по предшественнику – 12,6). Наибольшие запасы калия в почве на интенсивном фоне питания объяснялись применением аммофоски под осеннюю вспашку перед весенним посевом гороха в севооборотах с длинной и короткой ротацией.

Снижение количества влаги отмечалось в V варианте опыта и в метровом горизонте почвы составило 126,9 и 32,2 мм (таблица 3). Главной причиной понижения запасов влаги являлось влагоистощение почвы зерновыми культурами при возделывании их в двупольном севообороте.

Практически одинаковое количество весенней влаги в почве (137,0–137,9 мм) наблюдалось в вариантах посева гороха шестипольных севооборотов. Снижение влаги почвы (44,1–51,2 мм) происходило (перед уборкой) в шестипольных севооборотах. Максимальный расход влаги (179,6 мм) в соответствии со среднесуточной температурой воздуха (20,4 °C) и осадков (128,3 мм) за вегетационный период гороха наблюдался в V варианте опыта. Минимальный расход влаги (170,7–178,6 мм) отмечался по остальным вариантам эксперимента. Потери влаги происходили в результате испарения с поверхности почвы и использования ее на рост и развитие гороха, особенно (V вариант опыта) в двупольном севообороте.

Таблица 3
Почвенная продуктивная влага в метровом горизонте и урожайность гороха в зависимости от варианта опыта и фона питания (2002–2022 гг.)

Вариант опыта	Содержание влаги, мм			Урожайность, т/га		Прибавка зерна гороха, т
	После посева	Перед уборкой	Расход	Удобренный фон	Контроль	
I	137,5	47,0	175,4	0,77	0,71	0,06
II	137,0	51,2	170,7	0,79	0,78	0,01
III	137,8	44,1	178,6	0,87	0,83	0,04
IV	137,9	46,7	176,1	0,76	0,70	0,06
V	126,9	32,2	179,6	0,65	0,60	0,05
НСР ₀₅	9,5	14,3	6,9	0,16	0,17	0,04

Table 3
Soil productive moisture in the meter horizon and pea yield depending on the variant of experience and nutrition background (2002–2022)

Experience option	Moisture content, mm			Yield, t/ha		Increase in pea grain, t
	After sowing	Before harvesting	Consumption	Fertilized background	Control	
I	137.5	47.0	175.4	0.77	0.71	0.06
II	137.0	51.2	170.7	0.79	0.78	0.01
III	137.8	44.1	178.6	0.87	0.83	0.04
IV	137.9	46.7	176.1	0.76	0.70	0.06
V	126.9	32.2	179.6	0.65	0.60	0.05
LSD ₀₅	9.5	14.3	6.9	0.16	0.17	0.04

Таблица 4

Влияние содержания почвенной продуктивной влаги и нитратного азота на урожайность гороха (2002–2022 гг.)

Вариант опыта	Лимитирующие факторы	Показатели регрессионного анализа						Доля влияния, %
		b^1	so^2	t^3	p^4	r^5	$(r^2)^6$	
I	Израсходованная влага	<u>0,01</u> 0,01	<u>0,46</u> 0,45	<u>2,73</u> 2,22	<u>0,013</u> 0,039	<u>0,53</u> 0,45	<u>0,28</u> 0,20	<u>28,14</u> 20,55
	Израсходованный нитратный азот	–0,01	0,47	–2,47	0,023	0,49	0,24	24,34
V	Влага после посева	<u>0,01</u> 0,01	<u>0,46</u> 0,40	<u>2,39</u> 2,01	<u>0,027</u> 0,058	<u>0,48</u> 0,42	<u>0,23</u> 0,17	<u>23,17</u> 17,53
	Израсходованная влага	<u>0,01</u> 0,01	<u>0,39</u> 0,33	<u>3,95</u> 3,86	<u>0,001</u> 0,001	<u>0,67</u> 0,66	<u>0,45</u> 0,43	<u>45,11</u> 43,98
	Нитратный азот перед уборкой	<u>–0,01</u> –0,01	<u>0,45</u> 0,34	<u>–2,77</u> –3,53	<u>0,012</u> 0,002	<u>0,53</u> 0,63	<u>0,28</u> 0,39	<u>28,72</u> 39,58

Примечание. b^1 – коэффициент регрессии, so^2 – стандартная ошибка, t^3 – критерий Стьюдента, p^4 – уровень значимости регрессии ($p \leq 0,05$), r^5 – коэффициент корреляции, $(r^2)^6$ – коэффициент детерминации.

Table 4

The effect of the content of soil productive moisture and nitrate nitrogen on the yield of peas (2002–2022)

Experience option	Limiting factors	Regression analysis indicators						Share of influence, %
		b^1	so^2	t^3	p^4	r^5	$(r^2)^6$	
I	Used up moisture	<u>0.01</u> 0.01	<u>0.46</u> 0.45	<u>2.73</u> 2.22	<u>0.013</u> 0.039	<u>0.53</u> 0.45	<u>0.28</u> 0.20	<u>28.14</u> 20.55
	Spent nitrate nitrogen	–0.01	0.47	–2.47	0.023	0.49	0.24	24.34
V	Moisture after sowing	<u>0.01</u> 0.01	<u>0.46</u> 0.40	<u>2.39</u> 2.01	<u>0.027</u> 0.058	<u>0.48</u> 0.42	<u>0.23</u> 0.17	<u>23.17</u> 17.53
	Used up moisture	<u>0.01</u> 0.01	<u>0.39</u> 0.33	<u>3.95</u> 3.86	<u>0.001</u> 0.001	<u>0.67</u> 0.66	<u>0.45</u> 0.43	<u>45.11</u> 43.98
	Nitrate nitrogen before cleaning	<u>–0.01</u> –0.01	<u>0.45</u> 0.34	<u>–2.77</u> –3.53	<u>0.012</u> 0.002	<u>0.53</u> 0.63	<u>0.28</u> 0.39	<u>28.72</u> 39.58

Note. b^1 – the regression coefficient, so^2 – the standard error, t^3 – the Student's criterion, p^4 – the regression significance level ($p \leq 0.05$), r^5 – the correlation coefficient, $(r^2)^6$ – the coefficient of determination.

В результате исследования выявлено, что первое место по урожайности занимал посев гороха по мягкой пшенице после занятого пара (III вариант опыта) в зернопаровом севообороте. В связи с этим максимальная урожайность зерна составила 0,87 т (фон с удобрениями) и 0,83 т/га (контроль). Наименьшая урожайность гороха отмечалась в V варианте опыта на интенсивном фоне питания 0,65 т и на неудобренном – 0,60 т/га. В вариантах опыта (I, II, IV) формировалась урожайность на уровне 0,76–0,79 т (фон с удобрениями) и 0,70–0,71 т/га (контроль).

В вариантах опыта применение аммофоски под осеннюю вспашку незначительно повлияло на урожайность гороха. В первом и четвертом вариантах посева гороха наблюдалась максимальная прибавка зерна на 0,06 т/га. Второй вариант эксперимента показал наименьшую прибавку зерна, всего лишь на 0,01 т/га. В третьем и пятом вариантах опыта отмечалась прибавка зерна на 0,04 и 0,05 т/га.

Основным влияющим фактором на прибавку зерна гороха являлись минеральные удобрения с содержанием азота, фосфора и калия. Наименьшая прибавка зерна по всем предшественникам в севооборотах объяснялась неэффективностью удобрений. В засушливых условиях нитратный азот мало использовался горохом, внесение минеральных

удобрений приводило к накоплению содержания его в почве. В течение засушливого вегетационного периода горох обогащал почву биологический азотом. В результате применения аммофоски проявлялся дисбаланс азота в почве, происходило понижение урожайности гороха.

В итоге исследования была выявлена зависимость урожайности гороха от агрометеорологических условий. В вариантах опыта результаты метода множественной регрессии показывали отрицательное влияние числа суховейных дней в июне. Наиболее неблагоприятное воздействие (33,85 % при $p = 0,005$) на урожайность зерна отмечалось в III варианте эксперимента (фон с удобрениями). Максимальное негативное влияние (32,40 % при $p = 0,007$) наблюдалось в V варианте опыта (контроль). В опыте отмечалось отрицательное влияние (20,80–41,25 % при $p \leq 0,05$) числа суховейных дней в июле на урожайность гороха. Особенно повлияло (21,26 % при $p = 0,035$) число суховейных дней в мае на урожайность гороха в V варианте опыта (интенсивный фон питания). Незначительное влияние (11,41 % с $r = 0,34$ при $p = 0,134$) оказывало число суховейных дней в мае без применения минеральных удобрений. Неблагоприятное влияние на выход зерна гороха оказывали аналогично среднесуточная

температура воздуха в июне в вариантах (I, II, III, V) эксперимента. Такое воздействие находилось на фонах питания (22,53–38,70 % при $p \leq 0,05$) с приемлемым критерием уровня значимости. В анализе коэффициент регрессии составил от $-0,02$ до $-0,13$, критерий Стьюдента – от $-2,23$ до $-3,65$ при ошибке опыта 0,34–0,55. В результате неблагоприятного влияния числа суховейных дней и температуры воздуха в анализе был выявлен коэффициент корреляции и детерминации в пределах 0,45–0,64 и 0,20–0,41. Положительное влияние на урожайность гороха в севооборотах оказывал погодный фактор «осадки». В пятом варианте опыта происходила тенденция возрастания процента влияния осадков в июне на интенсивном и неудобренном фонах питания (47,32 и 54,79 % при $p = 0,001$). В остальных вариантах наблюдалось благоприятное влияние (22,53 до 34,50 % при $p \leq 0,05$) выпавших осадков в июне на урожайность. Влияли выпавшие осадки в июле (23,13 % при $p = 0,027$) на урожайность гороха в V варианте опыта (фон с удобрениями).

В вариантах (I, II) опыта гидротермический коэффициент неблагоприятно воздействовал на урожайность на интенсивном фоне питания и составил 20,03 и 22,54 % с показателем корреляции 0,45–0,47 и детерминации 0,20–0,22 при уровне значимости 0,042–0,030. Наибольшее влияние оказывал гидротермический коэффициент на выход зерна гороха в V варианте опыта на интенсивном фоне питания (43,57 % при $p = 0,001$) и на контроле (26,07 % при $p = 0,018$). Метод множественной регрессии показывал положительное влияние осадков в июне, июле и гидротермического коэффициента на урожайность гороха.

Значительное влияние на повышение урожайности гороха в зернопаровом севообороте (III вариант опыта) из погодных факторов оказывали осадки в июне, их доля составила на интенсивном фоне питания 27,52 % и на неудобренном 22,53 % с уровнем значимости 0,014 и 0,029 соответственно. Эффективное отрицательное воздействие на урожайность гороха в V варианте опыта оказывали среднесуточная температура в июне и число суховейных дней в мае, июне, июле (21,26–38,70 % при $p = 0,002 \dots 0,035$).

Урожайность зависела от количества влаги в метровом горизонте почвы. Влияние влаги весной на урожайность наблюдалось в V варианте эксперимента на интенсивном (23,17 %) и неудобренном (17,53 %) фонах питания (таблица 4). Максимальное воздействие на урожайность оказывал расход влаги за период вегетации гороха после пшеницы «твердая» в двупольном севообороте на фонах с удобрениями и без них (45,11 и 43,98 % при $p = 0,001$). Минимальное влияние на урожайность оказывал расход влаги в I варианте опыта на интенсивном (28,14 %) и неудобренном (20,55 %) фонах питания.

В первом варианте опыта отмечались положительные показатели на двух питательных фонах: коэффициент регрессии (0,01; 0,01), стандартная ошибка (0,46; 0,45), критерий Стьюдента (2,73; 2,22), уровень значимости (0,013; 0,039), коэффициент корреляции (0,53; 0,45) и детерминации (0,28; 0,20).

Содержание азота в горизонте почвы 0–30 см оказывало отрицательное влияние на урожайность гороха. Количество нитратного азота в почве перед уборкой воздействовало на выход зерна гороха в пятом варианте опыта. Влияние нитратного азота на интенсивном фоне питания составило 28,72 %, на контроле – 39,58 % при уровне значимости 0,012 и 0,002 с отрицательными показателями коэффициента регрессии и критерий Стьюдента.

Израсходованный нитратный азот в почве за вегетационный период после внесения минеральных удобрений неблагоприятно повлиял на урожайность гороха (I вариант опыта) в зернопаровом севообороте. Доля влияния составила 24,34 % с отрицательными показателями: регрессия – $-0,01$, стандартная ошибка – 0,47, критерий Стьюдента – $-2,47$, уровень значимости – 0,023, корреляция – 0,49, детерминация – 0,24.

В вариантах опыта отсутствовала или наблюдалась отрицательная связь урожайности гороха с содержанием элементов питания в горизонте почвы 0–30 см. Данное наблюдение объяснялось проявлением дисбаланса в почве. В верхнем слое почвы происходило обильное накопление подвижных форм питательных веществ за счет последствия паровых предшественников, ежегодного внесения комплексных азотно-фосфорно-калийных удобрений (аммофоска) и биологических особенностей гороха (способность обогащать почву биологическим азотом). Черный пар накапливал и сохранял азот, фосфор и калий в результате своих агрофизических и агрохимических свойств почвы. В занятом (суданская трава) и сидеральном (овес и горох) парах проходил процесс мобилизации макроэлементов питания в почве благодаря разложению пожнивно-корневых органических остатков и зеленой массы. Таким образом, происходил почвенный дисбаланс подвижных форм питательных веществ, который приводил к понижению урожайности гороха в севооборотах.

Выявление существенной зависимости урожайности гороха в севооборотах от агрометеорологических условий, запасов влаги и макроэлементов почвенного питания, предшественников и минеральных удобрений являлось своевременным и актуальным. Впервые было установлено существенное влияние осадков в июне, предшественника (мягкая пшеница) и минеральных удобрений (аммофоска) на повышение урожайности гороха в зернопаровом севообороте с занятым паром по сравнению с

представленными данными отечественных и зарубежных исследований. В результате статистической обработки отмечалась наилучшая доля влияния осадков в июне (47,32 и 54,79 %) и израсходованной влаги в почвенном горизонте 0–100 см (45,11 и 43,98 %) на урожайность гороха в зерновом севообороте с твердой пшеницей на питательных (удобренный и неудобренный) фонах почвы.

Регрессионный анализ показывал наилучшую связь ($r = 0,74$) между выпавшими осадками в июне и урожайностью гороха в пятом варианте эксперимента на неудобренном (контроль) фоне питания. Количество осадков в июне повлияло на повышение урожайности гороха при возделывании в двухпольном севообороте. Рост урожайности зависел от выпавших осадков в фазе бутонизации и в начале цветения зернобобовой культуры. В годы из-за нехватки выпавших осадков в июне отмечалось снижение урожайности при выращивании гороха в зерновом севообороте с твердой пшеницей.

Множественная регрессия отражала значительную связь ($r = 0,67$) между расходом влаги и урожайностью в V варианте опыта на интенсивном фоне питания. Возрастание урожайности при выращивании гороха в зерновом севообороте зависело от повышения расхода влаги. Такое положение объяснялось тем, что во влажные годы в метровом слое почвы одна часть продуктивной влаги расходовалась на рост, развитие и формирование урожайности гороха, другая – на переход в нижние почвенные горизонты. В годы с сильной почвенной засухой (2009–2010 гг.) отмечалось уменьшение расхода продуктивной влаги за вегетационный период, так как происходили завядание гороха (гибель растения) и понижение урожайности.

С целью благоприятного выращивания гороха на черноземах южных Оренбургского Приуралья рекомендуется возделывать его в шестипольных севооборотах с паровым полем (черный, занятый, сидеральный) после яровой пшеницы на интенсивном (аммофоска) фоне питания.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Повышение урожайности при выращивании гороха в севообороте с суданской травой зависело от влияния предшественника (мягкая пшеница), осадков в июне (29,3 мм) и прибавки зерна (0,04 т/га). Интенсивный фон питания активно воздействовал на возрастание урожайности после предшественников (мягкая пшеница и суданская трава). В результате внесения минеральных удобрений интенсивней проходили почвенные процессы разложения пожнивно-корневых остатков суданской травы в занятом пару, что повышало плодородие почвы.

2. В результате выращивания гороха по твердой пшенице в зерновом севообороте наблюдалось понижение урожайности зерна на питательных (удобренный и неудобренный) фонах в зависимости

от отрицательного влияния температуры воздуха в июне (20,7 °C), числа суховейных дней в мае (16), июне (14), июле (15) и содержания нитратного азота в почве (86 и 74 мг/кг) перед уборкой культуры.

3. Снижение уровня урожайности при выращивании гороха в зерновом севообороте зависело от недостаточного количества выпавших осадков в июне (29,3 мм, ниже нормы 39,0), в частности на фоне без удобрений. Урожайность на интенсивном фоне питания зависела от благоприятного влияния осадков (42,7 мм, выше нормы 41,0) в июле. На снижение урожайности положительно повлиял гидротермический коэффициент (0,56) вегетационного периода.

4. Запасы продуктивной влаги (после посева) в наименьшей степени влияли на урожайность гороха в V варианте опыта, в частности на контроле. Расход влаги в метровом горизонте почвы (179,6 мм) неблагоприятно воздействовал на урожайность, особенно на неудобренном фоне питания.

5. Возделывание культуры в зерновом севообороте с короткой ротацией было малоэффективным в засушливых условиях вегетационного периода за счет истощения почвы (потери запасов продуктивной влаги и элементов питания перед уборкой), биологической способности гороха (накопление азота в почве после посева) и многолетнего внесения (N_{40}, P_{40}, K_{40}) аммофоски. В связи с этим почва обогащалась избыточным содержанием азота, что приводило к дисбалансу подвижных форм питательных веществ и в результате снижало урожайность гороха.

6. Отрицательное воздействие проявляла среднесуточная температура воздуха в июне на выход зерна гороха в последствии твердой и мягкой пшеницы на питательных (удобренный и неудобренный) фонах почвы в зернопаровых севооборотах с черным паром. Недобор осадков в июне (9,7 мм) оказал влияние на понижение урожайности гороха. Повлиял также гидротермический коэффициент засушливого периода на снижение урожайности гороха после внесения минеральных удобрений.

7. Неблагоприятное влияние оказывало число суховейных дней в июне и июле на уровень урожайности при выращивании гороха в севооборотах с черным и сидеральным паром. Низкий уровень урожайности в зернопаровых и сидеральных севооборотах отмечался в связи с проявлением неблагоприятных агрометеорологических условий, минимального расхода влаги и дисбаланса питательных веществ в почве.

8. В первом варианте опыта недостаток влаги в почве приводил к наименьшему расходу содержания макроэлементов питания за вегетационный период гороха, что отрицательно сказалось на урожайности зерна после внесения минеральных удо-

брений. Благодаря использованию влаги за период вегетации гороха происходило увеличение урожайности зерна в зернопаровом севообороте с черным паром. Использованный азот в почве (25 и 30 кг/га) сказался прибавкой зерна гороха в сидеральном севообороте.

9. В результате исследования выявлен наилучший удобренный фон питания гороха по предшественникам (твёрдая и мягкая пшеница) в зернопаровом и сидеральном севооборотах, так как отмечалась наибольшая прибавка зерна по сравнению с контролем (0,06 т/га) от внесения аммофоски.

Библиографический список

1. Статистический ежегодник Оренбургской области. 2023: статистический сборник. Оренбург: Оренбургстат, 2023. 464 с.
2. Гулянов Ю. А., Ярцев Г. Ф., Мордвинцев М. П. Видо- и сортоизучение зернобобовых культур в условиях степной зоны Оренбургского Предуралья и организация их семеноводства // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. № 1 (63). С. 186–189.
3. Семешкина П. С., Бородина Е. С. Влияние бобовых культур и удобрений на продуктивность севооборотов и плодородие почвы // Аграрный вестник Урала. 2023. Т. 23, № 12. С. 12–21. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-12-12-21.
4. Постников П. А., Цепилова М. В. Продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов с различным насыщением зерновыми и зернобобовыми культурами // Пермский аграрный вестник. 2024. № 1 (45). С. 33–40. DOI: 10.47737/2307-2873-2024-45-33.
5. Кислов А. В., Глинушкин А. П., Кашеев А. В. Агроэкологические основы повышения устойчивости земледелия в степной зоне // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 7. С. 9–13. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10702.
6. Воскобулова Н. И., Верещагина А. С., Ураскулов Р. Ш. Влияние сроков посева гороха на использование продуктивной влаги // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (82). С. 72–75. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-82-2-72-75.
7. Куликова А. Х., Сайдяшева Г. В., Лашенков А. Н. Сравнительная эффективность интенсивной и биологизированной технологий возделывания в формировании запасов продуктивной влаги под посевами и урожайности гороха // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2022. № 4 (60). С. 45–52. DOI: 10.18286/1816-4501-2022-4-45-52.
8. Букин О. В., Бочкарев Д. В., Никольский А. Н., Смолин Н. В. Влияние приёмов основной обработки почвы на динамику запасов влаги и урожайность гороха посевного в условиях лесостепи Европейской части России // Аграрная наука. 2020. № 6. С. 58–61. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-339-6-58-61.
9. Полоус В. С., Осауленко С. Н. Влияние способов и приёмов основной обработки чернозёма обыкновенного на урожайность, качество и эффективность возделывания гороха // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2021. № 90. С. 78–85. DOI: 10.21515/1999-1703-90-78-85.
10. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние элементов технологии возделывания на урожайность новых сортов гороха в условиях Нижнего Дона // Земледелие. 2024. № 7. С. 19–24. DOI: 10.24412/0044-3913-2024-7-19-24.
11. Вошедский Н. Н., Кулыгин В. А. Влияние приёмов возделывания на урожайность и водопотребление гороха в условиях Ростовской области // Мелиорация и гидротехника. 2024. Т. 14, № 3. С. 211–227. DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-3-211-227.
12. Митрофанов Д. В., Кафтан Ю. В. Влияние сорных растений и аммофоса на выход зерна гороха в степной зоне Южного Урала // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (57). С. 35–45. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-35-45.
13. Постников П. А. Метеорологические условия и урожайность гороха в севооборотах // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32, № 10. С. 57–60. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11013.
14. Столяров О. В., Михалев И. В. Влияние инокуляции семян, макро- и микроудобрений на азотфиксирующую деятельность и урожайность гороха // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2013. № 3 (38). С. 22–25.
15. Кошеляев В. В., Кошеляев И. П. Симбиотическая деятельность у различных сортов гороха // Нива Поволжья. 2021. № 2 (59). С. 75–82. DOI: 10.36461/NP.2021.59.2.012.
16. Faligowska A., Kalembsa S., Kalembsa D., Panasiewicz K., Szymanska G., Ratajczak K., Skrzypczak G. The nitrogen fixation and yielding of pea in different soil tillage systems // Agronomy. 2022. No. 12 (2). Pp. 352–365. DOI: 10.3390/agronomy12020352.
17. Iglesias-García R., Prats E., Flores F., Amri M., Mikić A., Rubiales D. Rubiales Assessment of field pea (*Pisum sativum* L.) grain yield, aerial biomass and flowering date stability in Mediterranean environments // Crop and Pasture Science. 2017. No. 68 (11). Pp. 915–923. DOI: 10.1071/CP16423.

18. Anitha P., Hanumantharaya B. G. Assessment of yield and quality attributes of garden pea (*Pisum sativum* L.) varieties under shade house condition // *International Journal of Environment and Climate Change*. 2022. No. 12 (12). Pp. 274–282. DOI: 10.9734/ijec/2022/v12i121464.

19. Singhal N., Sharma P., Sharda R., Siag M., Cutting N.G. Assessment of growth parameters and yield of pea (*Pisum sativum*) under different irrigation methods // *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2021. No. 91 (9). Pp. 1378–1381. DOI: 10.56093/ijas.v91i9.116093.

20. Sarfraz M., Hussain K., Nawaz K., Yasin G., Geng Z., Sajjad M., Parveen S. Determination of effective method of NPK fertilization in pea (*Pisum sativum* L.) cultivars grown in Pakistan // *Legume Research*. 2021. No. 44 (4). Pp. 431–438. DOI: 10.18805/LR-570.

Об авторе:

Дмитрий Владимирович Митрофанов, кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник отдела технологий зерновых и кормовых культур, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия; ORCID 0000-0002-7172-6904, AuthorID 761691. E-mail: dvm.80@mail.ru

References

1. *Statistical yearbook of the Orenburg region. 2023: Statistical Collection*. Orenburg: Orenburgstat, 2023: 464. (In Russ.)

2. Gulyanov Yu. A., Yartsev G. F., Mordvintsev M. P. Studies on the species and varieties of pulse crops and their seed-production organization under the conditions of steppe zone of Orenburg Preduralye. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2017; 1 (63): 186–189. (In Russ.)

3. Semeshkina P. S., Borodina E. S. The influence of legumes and fertilizers on crop rotation productivity and soil fertility. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2023; 23 (12): 12–21. DOI: 10.32417/1997-4868-2023-23-12-12-21. (In Russ.)

4. Postnikov P. A., Tsepilova M. V. Productivity and energy efficiency of crop rotations with different saturation with grain and legume crops. *Perm Agrarian Journal*. 2024; 1 (45): 33–40. DOI: 10.47737/2307-2873-2024-45-33. (In Russ.)

5. Kislov A. V., Glinushkin A. P., Kashcheev A. V. Agroecological basis for an increase in the farming stability in the steppe zone. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2018; 32 (7): 9–13. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10702. (In Russ.)

6. Voskobulova N. I., Vereshchagina A. S., Uraskulov R. Sh. The influence of pea sowing time on productive moisture utilization. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020; 2 (82): 72–75. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-82-2-72-75. (In Russ.)

7. Kulikova A. Kh., Saidyasheva G. V., Lashchenkov A. N. Comparative efficiency of intensive and biologized cultivation technologies in formation of productive moisture reserves under crops and pea yield. *Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy*. 2022; 4 (60): 45–52. DOI: 10.18286/1816-4501-2022-4-45-52. (In Russ.)

8. Bukin O. V., Bochkarev D. V., Nikolskiy A. N., Smolin N. V. The influence of primary tillage methods on the dynamics of moisture reserves and the yield of peas in the forest-steppe of the European part of Russia. *Agrarian Science*. 2020; 6: 58–61. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-339-6-58-61. (In Russ.)

9. Polous V. S., Osaulenko S. N. The influence of methods and techniques of basic tillage of typical black soil on yield, quality and efficiency of pea cultivation. *Scientific Works of Kuban State Agrarian University*. 2021; 90: 78–85. DOI: 10.21515/1999-1703-90-78-85. (In Russ.)

10. Voshedskiy N. N., Kulygin V. A. The impact of elements of cultivation technology on the yield of new varieties of peas under the conditions of the Lower Don. *Agriculture*. 2024; 7: 19–24. DOI: 10.24412/0044-3913-2024-7-19-24. (In Russ.)

11. Voshedskiy N. N., Kulygin V. A. The influence of cultivation methods on the yield and water consumption of peas in Rostov region. *Land Reclamation and Hydraulic Engineering*. 2024; 14 (3): 211–227. DOI: 10.31774/2712-9357-2024-14-3-211-227. (In Russ.)

12. Mitrofanov D. V., Kaftan Yu. V. The influence of weeds and ammophos on the yield of pea grain in the steppe zone of the Southern Urals. *Bulletin of NSAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2020; 4 (57): 35–45. DOI: 10.31677/2072-6724-2020-57-4-35-45. (In Russ.)

13. Postnikov P. A. Meteorological conditions and pea productivity in crop rotations. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2018; 32 (10): 57–60. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-11013. (In Russ.)

14. Stolyarov O. V., Mikhalev I. V. Influence of seed inoculation, different macroand micro fertilizers on the nitrogen-fixing capacity and the yield of peas. *Vestnik of Voronezh State Agrarian University*. 2013; 3 (38): 22–25. (In Russ.)

15. Koshelyaev V. V., Koshelyaeva I. P. Symbiotic activity in different varieties of pea. *Volga Region Farmland*. 2021; 2: 75–82. DOI: 10.36461/NP.2021.59.2.012. (In Russ.)
16. Faligowska A., Kalembasa S., Kalembasa D., Panasiewicz K., Szymanska G., Ratajczak K., Skrzypczak G. The nitrogen fixation and yielding of pea in different soil tillage systems. *Agronomy*. 2022; 12 (2): 352–365. DOI: 10.3390/agronomy12020352.
17. Iglesias-García R., Prats E., Flores F., Amri M., Mikić A., Rubiales D. Rubiales Assessment of field pea (*Pisum sativum* L.) grain yield, aerial biomass and flowering date stability in Mediterranean environments. *Crop and Pasture Science*. 2017; 68 (11): 915–923. DOI: 10.1071/CP16423.
18. Anitha P., Hanumantharaya B. G. Assessment of yield and quality attributes of garden pea (*Pisum sativum* L.) varieties under shade house condition. *International Journal of Environment and Climate Change*. 2022; 12 (12): 274–282. DOI: 10.9734/ijecc/2022/v12i121464.
19. Singhal N., Sharma P., Sharda R., Siag M. Assessment of growth parameters and yield of pea (*Pisum sativum*) under different irrigation methods. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2021; 91 (9): 1378–1381. DOI: 10.56093/ijas.v91i9.116093.
20. Sarfraz M., Hussain K., Nawaz K., Yasin G., Geng Z., Sajjad M., Parveen S. Determination of effective method of NPK fertilization in pea (*Pisum sativum* L.) cultivars grown in Pakistan // *Legume Research*. 2020; 44 (4): 431–438. DOI: 10.18805/LR-570.

Author's information:

Dmitriy V. Mitrofanov, candidate of agricultural sciences, researcher of the department of technology of grain and fodder crops, Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia; ORCID 0000-0002-7172-6904, AuthorID 761691. E-mail: dvm.80@mail.ru

Качественные показатели продукции казахского белоголового скота разного генотипа

В. В. Голембовский, М. Б. Улимбашев✉

Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск,
Ставропольский край, Россия

✉E-mail: murat-ul@yandex.ru

Аннотация. Цель исследований – установить качественные показатели говядины, полученной от молодняка крупного рогатого скота казахской белоголовой породы разного происхождения. **Методы.** В контрольную группу вошли бычки, полученные от спаривания коров и быков казахской белоголовой породы местной популяции, разводимые в КФХ Чочаев Р. Х., в 1-ю опытную – сверстники, полученные от спаривания коров местной популяции и завезенных быков из СПК колхоз «Гигант», во 2-ю опытную группу – полученные в результате спаривания коров и быков, происходящих от животных из племенного завода. Для изучения химического состава и биологической ценности говядины пробы продукции (по 3 с каждой группы) брались в результате убоя молодняка 18-месячного возраста. **Результаты.** Все группы бычков характеризовались практически одинаковым химическим составом средней пробы мяса-фарша. Лишь по количеству в пробах золы особи 2-й опытной группы достоверно превосходили сверстников контрольной группы в среднем на 0,03 абс.% ($P > 0,95$). Содержание сухих веществ в длиннейшей мышце спины бычков 1-й опытной группы оказалось выше, нежели у сверстников контрольной (на 0,29 абс.%) и 2-й опытной (на 0,36 абс.%, $P > 0,95$) групп, что, вероятно, обусловлено большей локализацией жира. Установлены наибольшая концентрация незаменимой аминокислоты в средней пробе мякоти туш бычков 1-й опытной группы (на 3,6–7,2 мг%) и отсутствие существенных межгрупповых различий по уровню оксипролина (не более 0,4 мг%), что обеспечило им превосходство (хотя и недостоверное) по белковому качественному показателю, которое составило 0,07–0,14 ед. Тенденции и закономерности, характерные по содержанию оксипролина и триптофана, их соотношению в средней пробе мякоти туш, имели место в длиннейшем мускуле спины подопытных групп бычков. Таким образом, продукцию, полученную от всех групп бычков, можно отнести к высококачественной, с высоким уровнем белкового качественного показателя.

Ключевые слова: казахская белоголовая порода, бычки, происхождение, говядина, химический состав, биологическая ценность

Для цитирования: Голембовский В. В., Улимбашев М. Б. Качественные показатели продукции казахского белоголового скота разного генотипа // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 05. С. 728–738. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-728-738>.

Дата поступления статьи: 08.11.2024, **дата рецензирования:** 18.03.2025, **дата принятия:** 07.04.2025.

Quality indicators of products of Kazakh white-headed cattle of different genotypes

V. V. Golembovskiy, M. B. Ulimbashev✉

North Caucasus Federal Agricultural Research Center, Mikhaylovsk, Stavropol Territory, Russia

✉E-mail: murat-ul@yandex.ru

Abstract. The purpose of the research is to establish the quality indicators of beef obtained from young cattle of the Kazakh White-Headed breed of different origins. **Methods.** The control group included bulls obtained from mating cows and bulls of the Kazakh white-headed breed of the local population, bred in the peasant farm Chochaev R. Kh., in the 1st experimental group – peers obtained from mating cows of the local population and imported bulls from the agricultural production cooperative collective farm “Gigant”, in the 2nd experimental group – obtained as a result of mating cows and bulls originating from animals from the breeding plant. To study the chemical composition and biological value of beef, product samples (3 from each group) were taken as a result of slaughtering young animals aged 18 months. **Results.** All groups of young bulls were characterized by practically the same chemical composition of the average sample of minced meat. Only in the amount of ash in the samples did individuals of the 2nd experimental group reliably exceed their peers of the control group by an average of 0.03 abs.% ($P > 0.95$). The content of dry substances in the longest back muscle of young bulls of the 1st experimental group was higher than that of their peers of the control (by 0.29 abs.%) and 2nd experimental (by 0.36 abs.%, $P > 0.95$) groups, which is probably due to the greater localization of fat. The highest concentration of essential amino acid was found in the average sample of carcass flesh of the 1st experimental group of bulls (by 3.6–7.2 mg%) and the absence of significant intergroup differences in the oxyproline level (no more than 0.4 mg%), which provided them with, albeit unreliable, superiority in the protein quality indicator, which amounted to 0.07–0.14 units. Trends and patterns characteristic of the content of oxyproline and tryptophan, their ratio in the average sample of carcass flesh, took place in the longest back muscle of the experimental groups of bulls. Thus, the products obtained from all groups of bulls can be classified as high-quality, with a high level of protein quality indicator.

Keywords: Kazakh white-headed breed, bulls, origin, beef, chemical composition, biological value

For citation: Golembovskiy V. V., Ulimbashev M. B. Quality indicators of products of Kazakh white-headed cattle of different genotypes. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (05): 728–738. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-728-738>. (In Russ.)

Date of paper submission: 08.11.2024, **date of review:** 18.03.2025, **date of acceptance:** 07.04.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Повышение обеспеченности населения России белковой продукцией, в частности говядиной, должно сопровождаться наряду с увеличением ее объема качественными характеристиками, которые обусловлены комплексным влиянием генетических и паратипических факторов [1–3]. Дальнейшее наращивание объемов высококачественного мясного сырья видится в использовании специализированных мясных породных ресурсов и технологий, обуславливающих в целом рентабельность подотрасли мясного скотоводства [4–6].

Из российских пород крупного рогатого скота, вносящих большой вклад в развитие специализированного мясного скотоводства страны, следует отметить казахскую белоголовую породу, разводимую в разных природно-климатических условиях. Большое распространение породы связано со спросом на нее сельскохозяйственных товаропроизводи-

телей, которые оценили ее продуктивные и биологические особенности в полной мере [7; 8]. Однако качественный состав поголовья в отдельных зонах разведения требует совершенствования по ряду зоотехнических показателей, в связи с чем генофонд казахского белоголового скота используется как при чистопородном разведении, так и при скрещивании с другими породами мясного скота [9–11].

Скот казахской белоголовой породы приспособлен к разнообразным экстремально-климатическим условиям регионов разведения, адаптивностью к содержанию в условиях степей пустынь и полупустынь, отличается крепкой конституцией, способностью к интенсивному росту [12].

Повышения продуктивности стад казахского белоголового скота добиваются не только применением чистопородного разведения, но и в результате использования в качестве как улучшающей, так и улучшаемой породы.

Для увеличения объемов производимого мясного сырья в мясном скотоводстве страны используются различные межпородные сочетания, которые являются важным резервом пополнения запасов пищевого белка животного происхождения. Однако, учитывая разнообразие возможностей ведения мясного скотоводства, продолжается поиск путей наиболее рационального применения селекционно-технологических приемов производства высококачественной говядины [13]. Так, повышению интенсивности роста и достижению высоких значений живой массы в разные возрастные периоды способствовало скрещивание скота казахской белоголовой и герефордской пород, что характеризует эффективность данного варианта межпородного скрещивания [14]. О целесообразности объединения наследственных качеств казахского белоголового и герефордского скота с целью создания конкурентоспособных высокоинтенсивных мясных стад свидетельствуют исследования ученых-скотоводов [15]. Вместе с тем в казахской белоголовой породе выявлены высокопродуктивные линейные быки-производители с ценными генотипами, контролирующими прижизненные и послеубойные показатели мясной продуктивности. Максимальное использование таких производителей в стадах казахского белоголового скота обеспечит дополнительные ресурсы повышения производства объемов высококачественной говядины [16].

При изучении качественных показателей говядины установлено более высокое содержание заменимой аминокислоты оксипролина в мясе чистопородных бычков казахской белоголовой породы (на 2,2–4,3 мг%), тогда как по концентрации незаменимой аминокислоты триптофана первенствовали помесные $\frac{1}{2}$ - и $\frac{3}{4}$ -кровные по герефордам сверстники (на 9,8–31,0 мг%). Дегустационная оценка бульона и вареного мяса свидетельствовала о более высоком качестве продукции, полученной от чистопородных особей [17].

Использование производителей казахской белоголовой породы в качестве улучшающей на маточном поголовье калмыцкой, герефордской и абердин-ангусской пород свидетельствует о большем эффекте гетерозиса по качественным показателям говядины при скрещивании с абердин-ангусами, помесное поголовье которых отличалось наибольшим содержанием в средней пробе мяса-фарша сухих веществ, в том числе протеина и золы. В то же время не обнаружено существенных межгенотипических различий в значениях белково-качественного показателя длиннейшего мускула спины, которые варьировали в пределах 6,3–6,5 ед., что, вероятно, связано хорошей сочетаемостью исходных пород, участвовавших в скрещивании [18].

Сравнительная оценка биологической ценности говядины, полученной от убоя бычков разных пород в 16-месячном возрасте, показала, что в результате меньшего содержания в мякоти туш молодняка казахской белоголовой породы аминокислоты триптофана и незначительного превосходства по уровню оксипролина белковый качественный показатель у них оказался ниже на 0,26–0,31 ед. по сравнению со сверстниками калмыцкой и русской комолой пород. По количеству сухих веществ в мясе туш бычки казахской белоголовой породы превосходили молодняка калмыцкой породы на 1,38 абс.%, но уступали особям русской комолой породы на 0,84 абс.% [19].

Учитывая, что качество съедобной части туши во многом зависит от ее сортового состава, выяснено, что максимальный выход наиболее ценного (высшего) сорта имел место у бычков казахской белоголовой породы – 19,2 %, а по 1-му сорту – 49,8 %, что выше соответствующих значений молодняка красной степной и симментальской пород. Различия по коэффициенту мясности составили 0,25–0,61 ед. в пользу казахского белоголового скота [20].

Анализ химического состава и содержания важнейших аминокислот в мясе бычков герефордской и казахской белоголовой пород свидетельствует о существенных межпородных различиях. Так, количество сухих веществ в мясной продукции оказалось выше у скота герефордской породы на 3,1 абс.%, в том числе протеина – на 1,3, жира – на 1,5 и золы – на 0,11 абс.%. Различия по белковому качественному показателю, характеризующему соотношение триптофана и оксипролина, составили 0,14 ед., что свидетельствовало о продуцировании высококачественной говядины обеими породами крупного рогатого скота [21].

Имеются сообщения о значительном превосходстве химического состава мяса бычков калмыцкой породы над молодняком казахской белоголовой и герефордской пород, которые составили по концентрации сухих веществ 2,66 и 3,89 абс.% соответственно, жиру – 2,58 и 3,82 абс.%. В мякоти туш бычков калмыцкой породы зарегистрировано 2033,2 МДж энергии, что выше на 58,6–98,0 МДж, чем у представителей других пород. Однако по значениям, полученным по показателю белковой ценности мяса (белковый качественный показатель), отличались животные герефордской породы, у которых он был выше на 0,93–1,11 ед. [22].

На Северном Кавказе поголовье казахского белоголового скота насчитывает 6002 голов, сосредоточено в 7 сельскохозяйственных предприятиях, из которых 6 – расположено в Ставропольском крае. В округе насчитывается 2 племенных завода и 4 племенных репродуктора. Необходимо отметить, что племенная реализация поголовья этих предприятий оказывает значительное влияние на товарные ста-

да региона. В частности, завоз быков и маточного поголовья казахской белоголовой породы в предгорно-горную зону Кабардино-Балкарской Республики и дальнейшее их использование в мясных стадах местной популяции является значительным резервом повышения племенных и продуктивных качеств животных. Вопросы изучения результативности использования казахского белоголового скота, интродуцированного из Ставропольского края, представляются актуальными, имеют большой научный и практический интерес.

Цель исследований – установить качественные показатели говядины, полученной от молодняка крупного рогатого скота казахской белоголовой породы разного происхождения.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования по изучению качественных показателей говядины, произведенной бычками казахской белоголовой породы разного генотипа, проводили на поголовье КФХ ИП Чочаев Руслан Хасанович, расположенного в с. Верхняя Жемтала Черекского района Кабардино-Балкарской Республики (переходная предгорно-горная зона).

Наряду с имевшимся в КФХ поголовьем в 2020 году из СПК колхоз «Гигант» Ставропольского края, являющийся племенным заводом по разведению крупного рогатого скота казахской белоголовой породы, были завезены маточное поголовье и бычки-производители.

В контрольную группу вошли бычки, полученные от спаривания коров и быков казахской белоголовой породы местной популяции, разводимые в КФХ Чочаев Р. Х., в 1-ю опытную – сверстники, полученные от спаривания коров местной популяции и завезенных быков из СПК колхоз «Гигант», во 2-ю опытную группу – полученные в результате спаривания коров и быков, происходящих от животных из племенного завода. В каждую группу входило по 25 голов, которые формировались с учетом происхождения, возраста и живой массы.

Пробы продукции (по 3 с каждой группы), полученной в результате убоя молодняка в 18-месячном возрасте, подвергли химическому анализу на содержание влаги, сухого вещества, жира, белка и золы по общепринятым стандартам и методикам ВНИИМП, ВИЖ¹. Пробы отбирались в соответствии с ГОСТ Р 51447-99 и ГОСТ Р 55445-2013 на поперечном срезе длиннейшей мышцы спины между 12-м и 13-м ребрами и в средней пробе мяса-фарша.

О содержании в говядине оксипролина судили по методу Неймана и Логана, триптофана – Грейна и Смита, а белковый качественный показатель рассчитывали по соотношению анализируемых аминокислот.

¹ Методические рекомендации по изучению мясной продуктивности и качества мяса крупного рогатого скота. Дубровицы: ВАСХНИЛ, ВИЖ, ВНИИМП, 1977. – 53 с.

О кулинарно-технологических показателях мяса подопытных групп бычков судили по концентрации свободных ионов водорода (pH) с использованием pH-метра, влагоудерживающей способности – по методу Грау – Хамма, увариваемости и кулинарно-технологическому показателю – расчетным способом.

Органолептическую оценку проб говядины, полученной от убоя подопытных бычков, проводили в соответствии с ГОСТ 9959-2015 «Мясо и мясные продукты. Общие условия проведения органолептической оценки».

Полученные цифровые данные обработаны биометрически с установлением достоверности разности межгрупповых различий по критерию Стьюдента.

Результаты (Results)

Из качественных параметров говядины большое значение имеет оценка ее питательной ценности, которую определяют по ряду показателей, в том числе химическому составу.

Химический состав мяса подопытных групп бычков изучался в средних пробах мяса-фарша и длиннейшем мускуле спины, результаты которых представлены в таблицах 1 и 2.

Независимо от происхождения подопытных групп бычков все они демонстрировали практически одинаковый химический состав средней пробы мяса-фарша с недостоверным преимуществом особей 1-й опытной группы по выходу сухих веществ, в том числе протеина и жира. Лишь по количеству в пробах золы особи 2-й опытной группы достоверно превосходили сверстников контрольной группы в среднем на 0,03 абс.% ($P > 0,95$).

Анализ длиннейшей мышцы спины на содержание в ней сухих веществ свидетельствует о том, что по этому показателю бычки 1-й опытной группы превосходили как контрольных сверстников (на 0,29 абс.%), так и особей 2-й опытной группы (на 0,36 абс.%, $P > 0,95$). По концентрации протеина максимальные различия между подопытными группами бычков не превышали 0,12 абс.% и оказались недостоверными. Локализация жира в пробах длиннейшего мускула спины была наибольшей у бычков 1-й опытной группы, наименьшей – 2-й опытной группы, при межгрупповых различиях 0,25 абс.% ($P > 0,95$). Депонирование золы оказалось выше в продукции, полученной от особей опытных групп, зарегистрирована тенденция недостоверного превосходства.

С целью характеристики белкового состава мышечной ткани было установлено содержание в ней незаменимой аминокислоты триптофана и заменимой оксипролина, а по их соотношению – рассчитан белковый качественный показатель подопытных групп животных (рис. 1 и 2).

Таблица 1

Химический состав средней пробы мяса-фарша подопытных групп бычков, %

Показатель	Группа		
	Контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Влага	68,34 ± 0,13	68,19 ± 0,13	68,41 ± 0,10
Сухое вещество	31,66 ± 0,12	31,81 ± 0,13	31,59 ± 0,10
Протеин	19,36 ± 0,06	19,42 ± 0,06	19,25 ± 0,05
Жир	11,31 ± 0,06	11,39 ± 0,20	11,32 ± 0,07
Зола	0,99 ± 0,007	1,00 ± 0,012	1,02 ± 0,012*

Примечание. * $P > 0,95$ – различия по содержанию золы, полученной от бычков контрольной и 2-й опытной групп.

Table 1

Chemical composition of the average sample of minced meat of experimental groups of bulls, %

Index	Group		
	Control	1st experienced	2nd experienced
Moisture	68,34 ± 0,13	68,19 ± 0,13	68,41 ± 0,10
Dry matter	31,66 ± 0,12	31,81 ± 0,13	31,59 ± 0,10
Protein	19,36 ± 0,06	19,42 ± 0,06	19,25 ± 0,05
Fat	11,31 ± 0,06	11,39 ± 0,20	11,32 ± 0,07
Ash	0,99 ± 0,007	1,00 ± 0,012	1,02 ± 0,012*

Note. * $P > 0.95$ differences in the ash content obtained from bulls in the control and 2 experimental groups.

Таблица 2

Химический состав длиннейшего мускула спины подопытных групп бычков, %

Показатель	Группа		
	Контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Влага	77,85 ± 0,13	77,56 ± 0,09	77,92 ± 0,09*
Сухое вещество	22,15 ± 0,13	22,44 ± 0,09*	22,08 ± 0,09
Протеин	19,94 ± 0,13	19,99 ± 0,03	19,87 ± 0,06
Жир	1,23 ± 0,11	1,44 ± 0,04*	1,19 ± 0,07
Зола	0,98 ± 0,02	1,01 ± 0,02	1,02 ± 0,01

Примечание. * $P > 0,95$ различия между пробами, полученными от бычков 1 и 2 опытных групп.

Table 2

Chemical composition of the longest muscle of the back of experimental groups of bulls, %

Index	Group		
	Control	1 st experienced	2 nd experienced
Moisture	77.85 ± 0.13	77.56 ± 0.09	77.92 ± 0.09*
Dry matter	22.15 ± 0.13	22.44 ± 0.09*	22.08 ± 0.09
Protein	19.94 ± 0.13	19.99 ± 0.03	19.87 ± 0.06
Fat	1.23 ± 0.11	1.44 ± 0.04*	1.19 ± 0.07
Ash	0.98 ± 0.02	1.01 ± 0.02	1.02 ± 0.01

Note. * $P > 0.95$ differences between samples obtained from bulls of experimental groups 1 and 2.

Из представленной на рис. 1 диаграммы следует, что наибольшая концентрация незаменимой аминокислоты в средней пробе мякоти туш бычков 1-й опытной группы (на 3,6–7,2 мг%) и отсутствие существенных межгрупповых различий по уровню оксипролина (не более 0,4 мг%) обеспечили им превосходство (хотя и недостоверное) по белковому качественному показателю, которое составило 0,07–0,14 ед.

Тенденции и закономерности, характерные по содержанию оксипролина и триптофана, их соотношению в средней пробе мякоти туш, имели место в длиннейшем мускуле спины подопытных групп бычков.

О кулинарно-технологических свойствах длиннейшего мускула спины подопытных групп бычков можно судить по данным, приведенным в таблице 3.

По концентрации свободных ионов водорода в длиннейшей мышце спины у всех подопытных групп бычков отмечалась оптимальная концентрация на уровне 5,7–5,8 ед., не превышавшая изоэлектрическую точку (6 ед.), что имеет важное технологическое значение.

По влагоудерживающей способности судят о сочности мяса, показатель которой у всего подопытного поголовья был на высоком уровне (63,8–64,7 %), что свидетельствовало о меньших потерях мясного сырья при тепловой обработке. При прочих равных условиях наибольшей влагоудерживающей

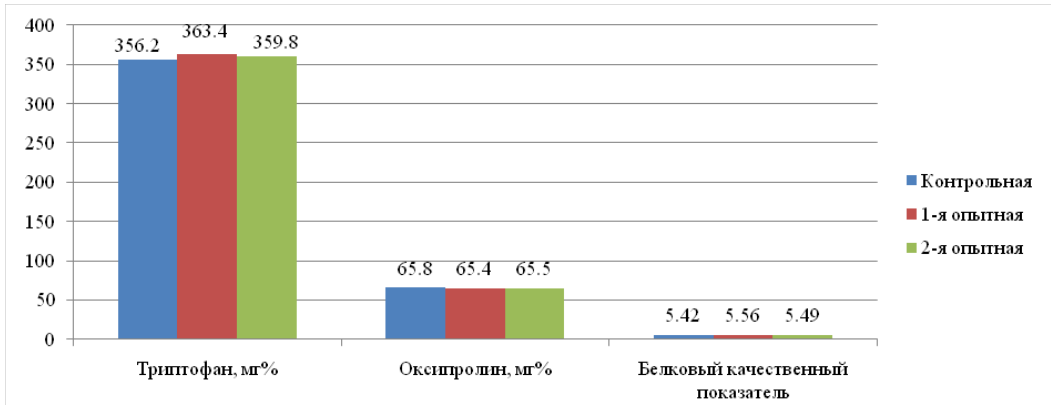


Рис. 1. Биологическая ценность средней пробы мякоти туш

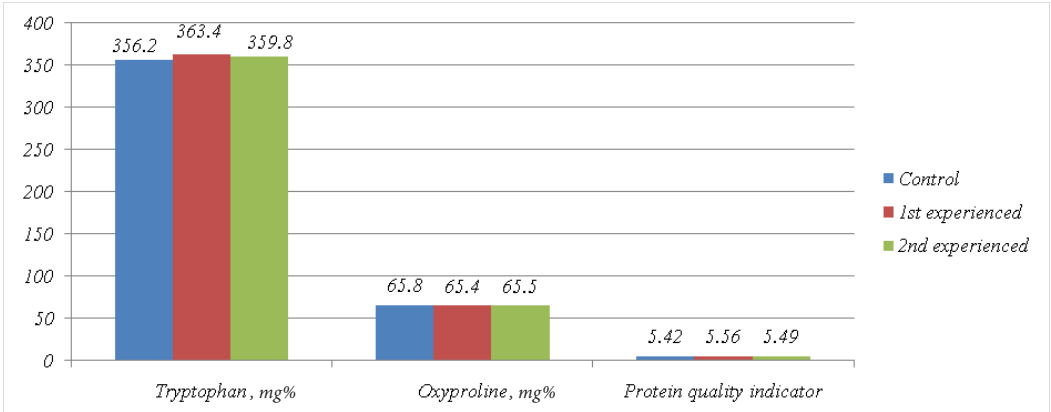


Fig. 1. Biological value of the average sample of carcass pulp

Таблица 3
Кулинарно-технологические индикаторы длиннейшего мускула спины бычков
разного генотипа, $X \pm m_x$

Индикатор	Группа		
	Контрольная	1-я опытная	2-я опытная
pH	5,8 ± 0,07	5,8 ± 0,07	5,9 ± 0,07
Влагоудерживающая способность, %	63,8 ± 1,42	64,5 ± 0,90	64,7 ± 0,78
Увариваемость, %	34,3 ± 0,83	34,5 ± 0,53	34,0 ± 0,74
Кулинарно-технологический показатель	1,86 ± 0,07	1,87 ± 0,04	1,90 ± 0,02

Table 3
Culinary and technological indicators of the longest back muscle of bulls of different genotypes, $X \pm m_x$

Indicator	Group		
	Control	1 st experienced	2 nd experienced
pH	5.8 ± 0.07	5.8 ± 0.07	5.9 ± 0.07
Water holding capacity, %	63.8 ± 1.42	64.5 ± 0.90	64.7 ± 0.78
Boilability, %	34.3 ± 0.83	34.5 ± 0.53	34.0 ± 0.74
Culinary and technological indicator	1.86 ± 0.07	1.87 ± 0.04	1.90 ± 0.02

способностью отличалась продукция, полученная от бычков 2-й опытной группы. Незначительные межгрупповые различия по увариваемости мяса обеспечили преимущество бычкам 2-й опытной группы по кулинарно-технологическому показателю, которое составило 0,03–0,04 ед.

Следовательно, произведенное подопытными группами бычков мясо характеризовалось способностью к длительному хранению и высокими кулинарно-технологическими качествами для дальнейшей переработки.

Кулинарные и вкусовые качества мяса оценивают путем проведения органолептического анализа, который является одним из вспомогательных методов оценки качества мясной продукции. Его проведение во многом зависит от правильной постановки и профессионального уровня дегустатора. Качество бульона после отваривания оценивали по внешнему виду, вкусу, запаху и наваристости. Всю продукцию оценивали по 5-балльной шкале.

Результаты проведенной дегустации образцов мяса и бульона представлены в таблице 4.

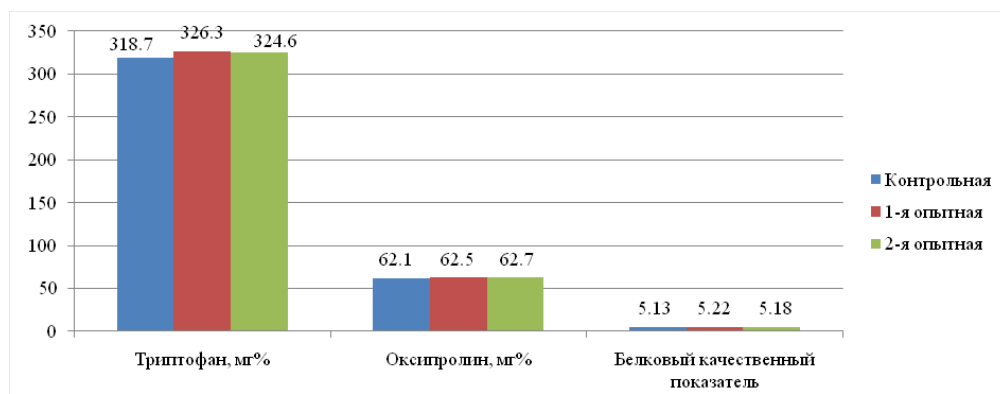


Рис. 2. Биологическая ценность длиннейшего мускула спины

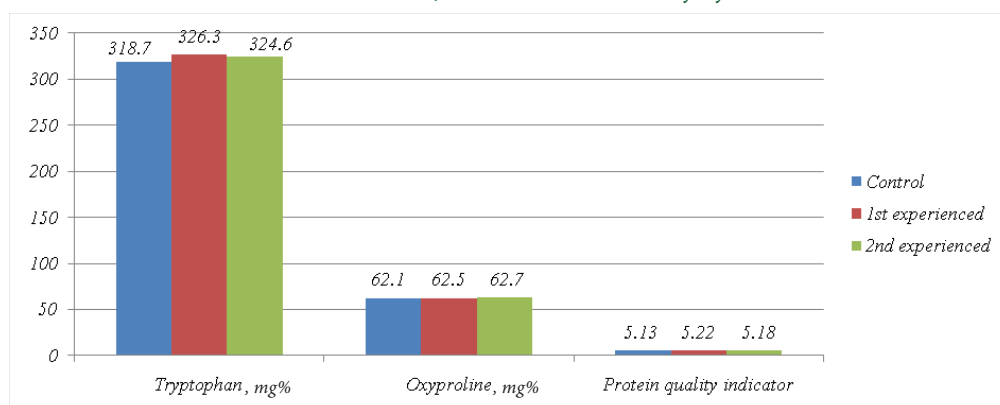


Fig. 2. Biological value of the longissimus dorsi muscle

Таблица 4
Дегустационная оценка мяса и бульона подопытных групп бычков

Показатель	Группа		
	Контрольная	1-я опытная	2-я опытная
Мясо жареное			
Внешний вид	4,28	4,31	4,37
Аромат	4,37	4,42	4,43
Вкус	4,42	4,48	4,51
Консистенция	4,06	4,12	4,20
Сочность	3,95	4,03	4,12
Общая сумма баллов	21,08	21,36	21,63
Средний балл	4,216	4,272	4,326
Мясо вареное			
Внешний вид	4,57	4,46	4,39
Аромат	4,37	4,31	4,26
Вкус	4,45	4,38	4,35
Консистенция	4,35	4,30	4,25
Сочность	4,53	4,42	4,38
Общая сумма баллов	22,27	21,87	21,63
Средний балл	4,454	4,374	4,326
Бульон			
Внешний вид	4,76	4,65	4,53
Аромат	4,27	4,23	4,19
Вкус	4,43	4,39	4,36
Наваристость	4,35	4,29	4,22
Общая сумма баллов	17,81	17,56	17,3
Средний балл	4,452	4,39	4,325

Table 4

Tasting evaluation of meat and broth of experimental groups of bulls

Index	Group		
	Control	1 st experienced	2 nd experienced
Fried meat			
Appearance	4.28	4.31	4.37
Aroma	4.37	4.42	4.43
Taste	4.42	4.48	4.51
Consistency	4.06	4.12	4.20
Juiciness	3.95	4.03	4.12
Total points	21.08	21.36	21.63
Average score	4.216	4.272	4.326
Boiled meat			
Appearance	4.57	4.46	4.39
Aroma	4.37	4.31	4.26
Taste	4.45	4.38	4.35
Consistency	4.35	4.30	4.25
Juiciness	4.53	4.42	4.38
Total points	22.27	21.87	21.63
Average score	4.454	4.374	4.326
Bouillon			
Appearance	4.76	4.65	4.53
Aroma	4.27	4.23	4.19
Taste	4.43	4.39	4.36
Richness	4.35	4.29	4.22
Total points	17.81	17.56	17.3
Average score	4.452	4.39	4.325

Комиссионная оценка говядины и бульона, полученная от бычков подопытных групп, свидетельствует о несущественных межгрупповых различиях. В то же время наблюдались определенные закономерности в дегустационных показателях.

Пробы жареного мяса, полученные от бычков 2-й опытной группы, по сравнению с контрольной группой по внешнему виду, аромату, вкусу и сочности получили более высокую оценку дегустаторов. Наряду с этим консистенция продукта была оценена выше на 0,14 баллов, что позволило им получить более высокое количество баллов: 21,63 при среднем балле 4,326 ед.

По всем показателям дегустационной оценки вареного мяса предпочтение было отдано продукции, полученной от контрольной группы бычков, однако это не обеспечило особо существенного превосходства над значениями опытных групп. Так, различия по общей сумме баллов не превышали 0,64 ед., среднему баллу – 0,128 ед.

Бульон, полученный из проб мяса всех групп бычков, отличался достаточно высокими оценочными показателями, а максимальные различия по сумме баллов между контрольной и 2-й опытной группой в 0,5 балла – скорее тенденция, нежели достоверное отличие.

Следовательно, дегустационный анализ проб мяса и бульона, полученного от казахского бело-

голового скота, независимо от происхождения отличается высокими потребительскими качествами, удовлетворяющими требования потребителей.

В целом можно констатировать, что продукцию, полученную от всех групп бычков, можно отнести к высококачественной, с высоким уровнем белкового качественного показателя.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Реализация генетического потенциала продуктивности животных возможна при создании соответствующих условий внешней среды и налаженной селекционно-племенной работе. Казахская белоголовая порода является одной из специализированных мясных пород крупного рогатого скота, разведением которой занимаются практически во всех регионах страны и ближнего зарубежья. Использование казахского белоголового скота в селекционном процессе мясных стад является действенным резервом по улучшению племенных и продуктивных качеств чистопородного и помесного скота.

От молодняка казахской белоголовой породы разного генотипа, выращенного по стойлово-пастбищной системе содержания в переходной предгорно-горной зоне Центрального Предкавказья, в результате убоя получено мясное сырье, характеризующееся высоким качеством и питательной ценностью. Потомство, полученное от родителей казахского белоголового скота разного происхо-

дения, практически не различалось по содержанию в средней пробе мякоти основных питательных веществ, однако в длиннейшем мускуле спины имеет место большая локализация жира у бычков, полученных от спаривания коров местной популяции и завезенных быков, что обеспечило им достоверное превосходство по количеству сухих веществ над

сверстниками других вариантов чистопородного разведения. Независимо от происхождения все генотипы казахского белоголового скота характеризовались высокой биологической ценностью полученной мясной продукции без существенных различий, что свидетельствует о производстве качественной говядины в конкретных условиях среды.

Библиографический список

1. Хардина Е. В., Краснова О. А. Убойные и мясные качества бычков черно-пестрой породы, обусловленные современным подходом в кормлении // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2016. № 9 (143). С. 121–124.
2. Улимбашев М. Б., Голембовский В. В., Вольный Д. Н. Состояние племенной базы мясного скотоводства Ставропольского края // Проблемы развития АПК региона. 2019. № 3 (39). С. 192–197.
3. Ковалева Г. П., Лапина М. Н., Сулыга Н. В., Витол В. А. Оценка молодняка казахской белоголовой породы, полученного от родоначальников новых линий // Достижения науки и техники АПК. 2023. Т. 37, № 8. С. 65–69. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_8_65.
4. Kubatbekov T. S., Yuldashbaev Y. A., Amerkhanov H. A., Salikhov A. A., Kosilov V. I., Radjabov F. M., Garyaev H. B. Genetic aspects for meat quality of purebred and crossbred bull-calves // Advances in Animal and Veterinary Sciences, 2020. Vol. 8, No. S3. Pp. 38–42. DOI: 10.17582/journal.aavs/2020/8.s3.38.42.
5. Насамбаев Е. Г., Ахметалиева А. Б., Нугманова А. Е., Досжанова А. О., Амерханов Х. А., Дунин И. М., Каюмов Ф. Г. Влияние типов кормления на продуктивные качества животных казахской белоголовой породы // Животноводство и кормопроизводство. 2020. Т. 103, № 4. С. 150–159. DOI: 10.33284/2658-3135-103-4-150.
6. Angerer V., Sabia E., von Borstel U. K., Gauly M. Environmental and biodiversity effects of different beef production systems // Journal of Environmental Management. 2021. Vol. 1, No. 289. Article number 112523. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.112523.
7. Цыдыпов С. С., Гармаев Д. Ц. Некоторые хозяйственные и биологические особенности молодняка казахской белоголовой породы забайкальской селекции // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 1. С. 52–61. DOI: 10.33284/2658-3135-105-1-52.
8. Ковалева Г. П., Лапина М. Н., Сулыга Н. В., Витол В. А. Результаты оценки животных казахской белоголовой породы // Сельскохозяйственный журнал. 2023. № 4 (16). С. 118–129. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/012.4.16.2023.
9. Кулинцев В. В., Улимбашев М. Б., Гостева Е. Р., Козлова Н. Н. Состояние и направления селекционно-племенной работы с казахской белоголовой породой крупного рогатого скота // Зоотехния. 2019. № 11. С. 2–5. DOI: 10.25708/ZT.2019.38.13.001.
10. Садыков М. М., Алиханов М. П., Симонов А. Г., Симонов Г. А. Использование казахской белоголовой породы для увеличения производства говядины в Дагестане // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 6. С. 32–34. DOI: 10.33943/MMS.2020.85.73.006.
11. Хайнацкий В. Ю., Гонтюров В. А., Джуламанов К. М., Искандерова А. П., Тюлебаев С. Д. Казахская белоголовая – первая отечественная специализированная порода мясного скота // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 7–10. DOI: 10.33943/MMS.2020.98.89.002.
12. Nassambayev E. G., Akhmetaliyeva A. B., Nugmanova A. E., Batyrgaliev E. A. Breeding and productivity indicators of the Kazakh white-headed breed // Science and Education. 2022. Vol. 2-2, No. 67. Pp. 21–27. DOI: 10.56339/2305-9397-2022-2-2-21-27.
13. Никонова Е. А., Харламов А. В., Тюлебаев С. Д. Влияние скрещивания скота казахской белоголовой породы с уральским герефордом на весовой рост бычков-кастратов // Мичуринский агрономический вестник. 2020. № 1. С. 28–34.
14. Никонова Е. А., Косилов В. И., Быкова О. А. Весовой рост бычков, кастратов, телок казахской белоголовой породы и ее помесей с герефордами // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 6 (80). С. 256–259.
15. Бактыгалиева А. Т., Джуламанов К. М., Ухтверов А. М., Герасимов Н. П. Продуктивные и биологические качества молодняка казахской белоголовой породы разных генотипов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2019. № 2. С. 94–101.
16. Макаев Ш. А., Ляпин О. А., Тайгузин Р. Ш. Убойные качества и мясная продуктивность бычков различных генотипов казахской белоголовой породы // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 2 (82). С. 212–217. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-82-2-212-217.

17. Горлов И. Ф., Сивко А. Н., Суторма О. А., Ранделин Д. А. Качественные показатели мяса подопытных бычков казахской белоголовой породы разных генотипов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2015. № 4 (40). С. 87–92.

18. Гришин В. С., Карпенко Е. В., Ткаченко Н. А., Лазарева Е. Ю. Химический состав и качественные показатели говядины бычков мясных пород // Аграрно-пищевые инновации. 2024. № 2 (26). С. 37–45. DOI: 10.31208/2618-7353-2024-26-37-45.

19. Горлов И. Ф., Сложенкина М. И., Николаев Д. В., Мосолова Н. И., Карпенко Е. В., Шахбазова О. П., Раджабов Р. Г., Мосолова Д. А. Влияние породной принадлежности на мясную продуктивность бычков и биологическую ценность получаемой от них говядины // Животноводство и кормопроизводство. 2022. Т. 105, № 3. С. 56–68. DOI: 10.33284/2658-3135-105-3-56.

20. Косилов В. И., Рахимжанова И. А., Ребезов М. Б., Миронова И. В., Седых Т. А., Быкова О. А. Качество мясной продукции бычков разных пород при интенсивном выращивании // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (94). С. 262–266. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-262-266.

21. Хунданова Т. Л., Будаева А. Б., Козуб Ю. А., Мартемьянова А. А., Гармаев М. Л. Оценка мясной продуктивности и качества мяса бычков в условиях Иркутской области // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2019. № 4. С. 60–62. DOI: 10.30850/vrsn/2019/4/60-62.

22. Емельяненко А. В., Каюмов Ф. Г., Третьякова Р. Ф. Химический состав и биологическая ценность мяса бычков мясных пород // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 3 (83). С. 318–320. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-83-3-318-321.

Об авторах:

Владимир Владимирович Голембовский, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник лаборатории промышленной технологии производства продукции животноводства, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия; ORCID 0000-0003-3124-0587, AuthorID 1037177. E-mail: vvh26@yandex.ru

Мурат Борисович Улимбашев, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, главный научный сотрудник лаборатории промышленной технологии производства продукции животноводства, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Ставропольский край, Россия; ORCID 0000-0001-9344-5751, AuthorID 457208. E-mail: murat-ul@yandex.ru

References

1. Khardina E. V., Krasnova O. A. Meat qualities of black-pied steers determined by modern nutrition approach. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2016; 9 (143): 121–124. (In Russ.)

2. Ulimbashev M. B., Golembowskiy V. V., Volnyy D. N. As the breeding base for beef cattle Stavropol territory. *Problems of Development of the Regional Agro-Industrial Complex*. 2019; 3 (39): 192–197. (In Russ.)

3. Kovaleva G. P., Lapina M. N., Sulyga N. V., Vitol V. A. Evaluation of young animals of the Kazakh white-headed breed obtained from the foundation animals of new lines. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2023; 37 (8): 65–69. DOI: 10.53859/02352451_2023_37_8_65. (In Russ.)

4. Kubatbekov T. S., Yuldashbaev Y. A., Amerkhanov H. A., Salikhov A. A., Kosilov V. I., Radjabov F. M., Garyaev H. B. Genetic aspects for meat quality of purebred and crossbred bull-calves. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 2020; 8 (S3): 38–42. DOI: 10.17582/journal.aavs/2020/8.s3.38.42.

5. Nasambaev E., Akhmetalieva A., Nugmanova A., Doszhanova A., Amerkhanov Kh., Dunin I., Kayumov F. Influence of feeding types on productive qualities of animals of the Kazakh white-headed breed. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2020; 103 (4): 150–159. DOI: 10.33284/2658-3135-103-4-150. (In Russ.)

6. Angerer V., Sabia E., von Borstel U. K., Gauly M. Environmental and biodiversity effects of different beef production systems. *Journal of Environmental Management*. 2021; 1 (289): 112523. DOI: 10.1016/j.jenvman.2021.112523.

7. Tsydypov S. S., Garmaev D. Ts. Some economic and biological features in Kazakh white-headed young cattle of the transbaikal selection. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022; 105 (1): 52–61. DOI: 10.33284/2658-3135-105-1-52. (In Russ.)

8. Kovaleva G. P., Lapina M. N., Sulyga N. V., Vitol V. A. Results of beef productivity assessment of the Kazakh whiteheaded animals. *Agricultural Journal*. 2023; 4 (16): 118–129. DOI: 10.48612/FARC/2687-1254/012.4.16.2023. (In Russ.)

9. Kulintsev V. V., Ulimbashev M. B., Gosteva E. R., Kozlova N. N. Status and trends of selection and breeding the Kazakh white headed breed of cattle. *Zootechniya*. 2019; 11: 2–5. DOI: 10.25708/ZT.2019.38.13.001. (In Russ.)

10. Sadykov M. M., Alikhanov M. P., Simonov A. G., Simonov G. A. Using the Kazakh white-headed breed to increase beef in the flat province of Dagestan. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2020; 6: 32–34. DOI: 10.33943/MMS.2020.85.73.006. (In Russ.)
11. Khaynatskiy V. Yu., Gontyurev V. A., Dzhulamanov K. M., Skanderova A. P., Tyulebaev S. D. The Kazakh white-headed breed – the first domestic specialized a breed of beef cattle. *Dairy and Beef Cattle Farming*. 2020; 2: 7–10. DOI: 10.33943/MMS.2020.98.89.002. (In Russ.)
12. Nassambayev E. G., Akhmetalieva A. B., Nugmanova A. E., Batyrgaliev E. A. Breeding and productivity indicators of the Kazakh white-headed breed. *Science and Education*. 2022; 2-2 (67): 21–27. DOI: 10.56339/2305-9397-2022-2-2-21-27.
13. Nikonova E. A., Kharlamov A. V., Tyulebaev S. D. Influence of crossing of cattle of the Kazakh white-headed breed with the Ural Hereford on weight growth of calves-castrates. *Michurinsk Agronomy Bulletin*. 2020; 1: 28–34. (In Russ.)
14. Nikonova E. A., Kosilov V. I., Bykova O. A. Weight growth of Kazakh white-head steers, castrates, heifers and their hybrids with Herefords. *Bulletin Orenburg State Agrarian University*. 2019; 6 (80): 256–259. (In Russ.)
15. Baktygalieva A. T., Dzhulamanov K. M., Ukhtverov A. M., Gerasimov N. P. Productive and biological traits of youngs different genotypes of Kazakh white-headed breed. *Bulletin Samara State Agricultural Academy*. 2019; 2: 94–101. (In Russ.)
16. Makaev Sh. A., Lyapin O. A., Tayguzin R. Sh. Slaughter qualities and meat productivity of Kazakh white-headed steers of different genotypes. *Bulletin Orenburg State Agrarian University*. 2020; 2 (82): 212–217. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-82-2-212-217. (In Russ.)
17. Gorlov I. F., Sivko A. N., Sutorma O. A., Randelin D. A. Qualitative indicators of meat of experimental bulls of the Kazakh white-headed breed of different genotypes. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2015; 4 (40): 87–92. (In Russ.)
18. Grishin V. S., Karpenko E. V., Tkachenkova N. A., Lazareva E. Yu. Chemical composition and qualitative indicators of beef of meat breed bulls. *Agrarian-and-Food Innovations*. 2024; 2 (26): 37–45. DOI: 10.31208/2618-7353-2024-26-37-45. (In Russ.)
19. Gorlov I. F., Slozhenkina M. I., Nikolaev D. V., Mosolova N. I., Karpenko E. V., Shakhbazova O. P., Radzhabov R. G., Mosolova D. A. Influence of breed on beef productivity of bulls and biological value of beef obtained from them. *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2022; 105 (3): 56–68. DOI: 10.33284/2658-3135-105-3-56. (In Russ.)
20. Kosilov V. I., Rakhimzhanova I. A., Rebezov M. B., Mironova I. V., Sedykh T. A., Bykova O. A. The quality of meat products of bulls of different breeds with intensive cultivation. *Bulletin Orenburg State Agrarian University*. 2022; 2 (94): 262–266. DOI: 10.37670/2073-0853-2022-94-2-262-266. (In Russ.)
21. Khundanova T. L., Budaeva A. B., Kozub Yu. A., Martemyanova A. A., Garmaev M. L. Estimation of bull-calves meat productivity and quality in Irkutsk region. *Vestnik of the Russian Agricultural Sciences*. 2019; 4: 60–62. DOI: 10.30850/vrsn/2019/4/60-62. (In Russ.)
22. Emelyanenko A. V., Kayumov F. G., Tretyakova R. F. Chemical composition and biological value of meat obtained from beef-type steers. *Bulletin Orenburg State Agrarian University*. 2020; 3 (83): 318–320. DOI: 10.37670/2073-0853-2020-83-3-318-321. (In Russ.)

Authors' information:

Vladimir V. Golembowskiy, candidate of agricultural sciences, leading researcher at the laboratory of industrial technology for livestock production, North Caucasus Federal Agricultural Research Center, Mikhaylovsk, Stavropol Territory, Russia; ORCID 0000-0003-3124-0587, AuthorID 1037177. E-mail: vvh26@yandex.ru

Murat B. Ulimbashev, doctor of agricultural sciences, associate professor, chief researcher at the laboratory of industrial technology for livestock production, North Caucasus Federal Agricultural Research Center, Mikhaylovsk, Stavropol Territory, Russia; ORCID 0000-0001-9344-5751, AuthorID 457208. E-mail: murat-ul@yandex.ru

Сравнительная оценка генетического потенциала быков-производителей и продуктивных качеств их потомства в зависимости от сочетаний линейной принадлежности отцов и матерей в стадах хозяйств Свердловской и Челябинской областей

С. А. Гриценко¹, М. Б. Ребезов^{2,3✉}, А. А. Хакназаров¹, Д. Г. Мухамбетов¹

¹ Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия

² Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия

³ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: rebezov@yandex.ru

Аннотация. Цель – изучение генетического потенциала быков-производителей и качества их потомства в зависимости от сочетаний линейной принадлежности отцов и матерей, используемых в стадах хозяйств Свердловской и Челябинской области. **Методы.** Исследования проводились на базе предприятий по производству молока от коров голштинской породы Челябинской и Свердловской областей в 2023–2024 гг. Сравнительный анализ проводили по отклонению от показателей молочной продуктивности и живой массы коров в среднем по стаду. **Научная новизна** заключается в сравнительной оценке потомства в зависимости от сочетаний линейной принадлежности отцов и матерей, используемых в различных стадах хозяйств Свердловской и Челябинской области. **Результаты.** В условиях предприятий Челябинской области наилучшее потомство получено при сочетании ♂ Вис Бэк Айдиал 1013415 × ♀ Вис Бэк Айдиал 1013415. Дочери при таком сочетании генотипа превосходили средние показатели по стаду по всем продуктивным признакам: по удою за 305 дней – на 118,85 кг, по показателям массовой доли жира и массовой доли белка – на 0,02 % и 0,01 % соответственно. Живая масса дочерей такого сочетания родительских линий превышала средние показатели по стаду на 29,3 кг. Однако от такого же сочетания в хозяйстве Свердловской области получены худшие дочери. Их удой ниже среднего по стаду на 118,81 кг, массовой доли жира и массовой доли белка – на 0,01 % и 0,04 % соответственно. Полученные данные указывают на то, что специалистам каждого хозяйства необходимо более тщательно выбирать быков-производителей с учетом полной оценки племенной ценности, продуктивности матерей и дочерей, выращенных в собственных условиях.

Ключевые слова: крупный рогатый скот, голштинская порода, быки-производители, дочери, молочная продуктивность, удой

Для цитирования: Гриценко С. А., Ребезов М. Б., Хакназаров А. А., Мухамбетов Д. Г. Сравнительная оценка генетического потенциала быков-производителей и продуктивных качеств их потомства в зависимости от сочетаний линейной принадлежности отцов и матерей в стадах хозяйств Свердловской и Челябинской областей // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 05. С. 739–757. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-739-757>.

Дата поступления статьи: 07.02.2025, **дата рецензирования:** 12.03.2025, **дата принятия:** 22.05.2025.

Comparative assessment of the genetic potential of breeding bulls and productive qualities of their offspring depending on the combinations of the linear affiliation of fathers and mothers in herds of farms in the Sverdlovsk and Chelyabinsk regions

S. A. Gritsenko¹, M. B. Rebezov^{2, 3✉}, A. A. Khaknazarov¹, D. G. Mukhambetov¹

¹ South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia

² V. M. Gorbatoev Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³ Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉ E-mail: rebezov@yandex.ru

Abstract. The purpose is to study the genetic potential of breeding bulls and the quality of their offspring depending on the combinations of the linear affiliation of fathers and mothers used in the herds of farms in the Sverdlovsk and Chelyabinsk regions. **Methods.** The studies were conducted on the basis of enterprises producing milk from Holstein cows in the Chelyabinsk and Sverdlovsk regions in 2023–2024. A comparative analysis was carried out based on the deviation from the indicators of milk productivity and live weight of cows on average in the herd. **Scientific novelty** lies in the comparative assessment of the offspring depending on the combinations of the linear affiliation of fathers and mothers used in various herds of farms in the Sverdlovsk and Chelyabinsk regions. **Results.** In the conditions of enterprises of the Chelyabinsk region, the best offspring were obtained with the combination ♂ Vis Back Ideal 1013415 × ♀ Vis Back Ideal 1013415. The daughters with this genotype combination exceeded the average indicators for the herd in all productive traits. In terms of milk yield in 305 days by 118.85 kg, in terms of the mass fraction of fat and mass fraction of protein by 0.02 % and 0.01 %, respectively. The live weight of the daughters of this combination of parental lines exceeded the average indicators for the herd by 29.3 kg. However, from the same combination on the farm of the Sverdlovsk region, the worst daughters were obtained. Their milk yield is below the average for the herd by 118.81 kg, the mass fraction of fat and mass fraction of protein by 0.01 % and 0.04 %, respectively. The data obtained indicate that specialists at each farm need to more carefully select breeding bulls, taking into account a full assessment of the breeding value, productivity of mothers and daughters raised in their own conditions.

Keywords: cattle, Holstein breed, breeding bulls, daughters, milk productivity, milk yield

For citation: Gritsenko S. A., Rebezov M. B., Khaknazarov A. A., Mukhambetov D. G. Comparative assessment of the genetic potential of breeding bulls and productive qualities of their offspring depending on the combinations of the linear affiliation of fathers and mothers in herds of farms in the Sverdlovsk and Chelyabinsk regions. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (05): 739–757. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-739-757>. (In Russ.)

Date of paper submitted: 07.02.2025, **date of review:** 12.03.2025, **date of acceptance:** 22.05.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Одной из основных задач, стоящих перед работниками агропромышленного сектора Российской Федерации в сфере продовольственной безопасности, является увеличение эффективности производства продукции сельскохозяйственных животных и крупного рогатого скота, в частности [1–5].

Для обеспечения населения высококачественными мясными продуктами необходимо увеличить объемы производства говядины и улучшить ее качество [6–10].

Современная методика промышленного производства мяса и молока сосредоточена на принципе

полного использования биологического потенциала животных [11; 12]. Это в значительной степени связано с улучшением селекционных процессов [6; 13].

Селекция животных играет важную роль в повышении эффективности производства и качества мяса и молока. В условиях увеличивающегося мирового спроса на говядину возникает необходимость формирования скота с выдающимися мясными характеристиками [14–18].

Применение научных методов для выбора генотипов и современных технологий кормления и выращивания является одним из эффективных спосо-

бов для увеличения объемов производства мяса [6; 13, 19–23].

Одним из важнейших приемов улучшения продуктивных и племенных качеств животных является использование высококлассных производителей, способных устойчиво передавать свои наследственные особенности потомству [3; 23–26]. Исследования показывают, что на племенные характеристики быков влияют не только их матери, но и отцы. Повышение доли животных с высоким генетическим потенциалом играет значительную роль в увеличении числа потенциальных матерей быков следующих поколений [4; 27; 28].

Оценка производителей по потомству приобрела большое значение при использовании искусственного осеменения, что позволяет от одного быка-производителя в короткий временной отрезок получать неограниченное количество потомства в различных хозяйствах [29; 30].

В связи с этим в молочном скотоводстве особое внимание уделяется отбору и оценке быков-производителей по качеству потомства [4; 31–34]. Племенная работа в селекции молочного скота не может быть эффективной без точной оценки потенциала быков и коров в передаче их продуктивных качеств потомству [26; 35–38].

Оценка быков-производителей по потомству приобрела большое значение при использовании искусственного осеменения, что позволяет от одного быка-производителя в короткий временной отрезок получать неограниченное количество потомства в различных хозяйствах. В связи с этим в молочном скотоводстве особое внимание уделяется отбору и оценке быков-производителей по качеству потомства.

Однако при этом редко оценивают сочетаемость линейной принадлежности быков-производителей и матерей будущего потомства. Изучение сочетаемости линейной принадлежности предполагаемых родителей редко проводится специалистами, так как считают, что основную долю наследственности будущего поколения передают отцы. В связи с этим возник вопрос не только оценки генотипов быков производителей, но сочетаемости межлинейных кроссов матерей и отцов для получения более продуктивного потомства.

Выбор в качестве объекта исследования голштинской породы обусловлен тем, что она относится к числу высокопродуктивных пород, широко используемых в сфере производства молока и мяса [22; 34; 44–46]. В Свердловской области уровень кровности по голштинской породе в популяции черно-пестрой породы составляет более 85 % [2; 8; 34; 47]. Долгосрочное применение голштинских быков благоприятно сказывается на увеличении продуктивности крупного рогатого скота [48–51]. Тем не менее дальнейшее улучшение племенных

животных невозможно без анализа их влияния на потомство [2; 52–55].

Исходя из вышеизложенного целью работы являлось изучение генетического потенциала быков-производителей и качества их потомства в зависимости от сочетаний линейной принадлежности отцов и матерей, используемых в стадах хозяйств Свердловской и Челябинской областей.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились на базе предприятий по производству молока от коров голштинской породы Челябинской и Свердловской областей в 2023–2024 годах.

Для изучения продуктивных качеств были сформированы группы коров 3-й лактации и старше различных межлинейных кроссов. Сравнительный анализ проводили по отклонению от показателей молочной продуктивности и живой массы коров в среднем по стаду.

Эксперименты проведены с соблюдением требований, изложенных в Директиве Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 года о защите животных, используемых для научных целей¹, и принципов обращения с животными согласно статье 4 ФЗ РФ № 498-ФЗ².

Материал для анализа был взят из базы данных информационно-аналитической системы «СЕЛЭКС» – Молочный скот (<https://plinor.ru/selexdairycattle>, Россия).

Для статистической обработки материала использовали IBM-совместимый компьютер, электронные таблицы и пакет статистического анализа среды Microsoft Excel 2R (США).

Результаты (Results)

1. Анализу линейной принадлежности были подвернуты 3140 голов коров стада товаропроизводителя Челябинской области.

Генеалогическая структура маточного стада представлена тремя линиями Вис Бэк Айдиала 1013415 – 909 голов (28,95 %), Монтвик Чифтейна 95679 – 85 голов (2,71 %), Рефлекшн Соверинга 198998 – 2146 голов (68,34 %) (таблица 1).

При сравнении генетического потенциала быков-производителей по показателям молочной продуктивности их матерей установили, что быки линии Вис Бэк Айдиала 1013415 происходили от худших матерей. Отрицательная разница со средними показателями составила 3,87 кг, 0,16 % и 0,07 % по удою за 305 дней лактации, МДЖ и МДБ соответственно (таблица 2)

¹ Директива Европейского парламента и Совета Европейского союза 2010/63/ЕС от 22 сентября 2010 года по охране животных, используемых в научных целях. URL: https://ruslasa.ru/wp-content/uploads/2017/06/Directive_201063_rus.pdf.

² Федеральный закон от 27.12.2018 № 498-ФЗ (ред. от 24.07.2023) «Об ответственном обращении с животными и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

Таблица 1

Генеалогическая структура маточного поголовья стада в хозяйственных условиях на территории Челябинской области

Биология и биотехнологии

№	Линия	№	Кличка и индивид, № быка-производителя	Коли- чество дочерей быка	В % в общем поголо- вье	Продуктивность матерей		
						Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %
1	Вис Бэк Айдиал 1013415	1	Альтабарни 69092963	91	2,90	16 153,00	3,90	3,60
		2	Альтаседара 17991056452	50	1,59	12 504,00	3,80	3,40
		3	Альтатрэйдер 66228157	12	0,38	13 857,00	4,20	3,10
		4	Аргон 2803	22	0,70	12 361,00	4,18	3,47
		5	Бейонд 74260987	12	0,38	10 120,00	4,30	3,50
		6	Бентли 924557855	111	3,54	15 598,00	4,12	3,16
		7	Габой 50091968	6	0,19	13 146,00	4,15	3,14
		8	Гавано 70750523	35	1,11	12 209,00	4,30	3,30
		9	Гамбит 50069399	19	0,61	11 983,00	3,80	3,13
		10	Гвидон 49963482	12	0,38	11 015,00	4,15	3,32
		11	Гектор 49538094	10	0,32	11 158,00	4,10	3,37
		12	Глобус 49963481	9	0,29	11 953,00	4,26	3,46
		13	Дас 66626543	20	0,64	11 736,00	4,00	3,10
		14	Де-Су 70625941	13	0,41	13 158,00	3,50	2,90
		15	Жесмен 105303281	35	1,11	11 811,00	4,20	3,50
		16	Лазарит 62398872	4	0,13	18 969,00	3,30	2,60
		17	Леджендери 3125066436	14	0,45	14 125,00	4,40	3,40
		18	Леду 3124651498	3	0,10	15 109,00	3,50	3,50
		19	Лэнд Юнге 465411	4	0,13	14 013,00	4,78	3,46
		20	Микки 3125479421	12	0,38	10 056,00	4,00	3,20
		21	Мудрец 38343	25	0,80	10 298,00	4,81	3,41
		22	Ньюпоинт 357545442	21	0,67	15 005,00	4,26	3,50
		23	Пайлдрайвер 3126539652	43	1,37	13 789,00	4,30	3,10
		24	Сеул 3372306157	75	2,39	14 088,00	4,19	3,34
		25	Стар 3372306082	66	2,10	12 941,00	4,59	3,41
		26	Стокер 3372305987	66	2,10	17 975,00	4,06	3,16
		27	Тайсон 66133525	13	0,41	18 420,00	3,10	2,90
		28	Трой Гаге-ЕТ 3126539666	21	0,67	13 161,00	4,35	3,27
		29	Флок 8065819104	18	0,57	12 361,00	4,60	3,40
		30	Элджей 924108817	67	2,13	14 707,00	4,73	3,28
ИТОГО				909	28,95	13 459,30 ± 421,87	4,13 ± 0,07	3,28 ± 0,04
2	Монтвик Чифтейн 95679	1	Молот 37631	70	2,23	10 298,00	4,11	3,41
		2	Реверс 2708	13	0,41	15 647,00	4,11	3,40
		3	Гранит 49963459	2	0,06	13 475,00	4,10	3,36
ИТОГО				85	2,71	13 414,00 ± 155,0	4,11 ± 0,13	3,39 ± 0,02

3	Рефлексн Соверинг 198998	1	Аардема Маджист 3129037660	30	0,96	9 063,00	4,70	3,20
		2	Альтасанфорд 70715474	97	3,09	17 128,00	4,20	3,00
		3	Альташкола 69169948	76	2,42	14 606,00	4,00	3,30
		4	Блэкберри 3372307445	2	0,06	17 911,00	3,91	3,29
		5	Бренди 3372307484	2	0,06	17 911,00	3,91	3,29
		6	Бурбон 3372307329	8	0,25	19 848,00	3,79	3,46
		7	Даггер 3013071694	10	0,32	13 412,00	3,90	3,80
		8	Дансер 71088577	281	8,95	14 533,00	4,30	3,40
		9	Девик 6204728383	12	0,38	12 289,00	4,68	3,36
		10	Декорум 2921633163	16	0,51	18 292,00	4,35	3,49
		11	Дент 2244592261	26	0,83	12 936,00	4,18	3,17
		12	Кабриолет 69560690	27	0,86	13 848,00	4,10	3,20
		13	Каин 141925648	110	3,50	10 015,00	4,10	3,30
		14	Коль 1661	40	1,27	9 539,00	5,00	3,70
		15	Лизборн 105752928	36	1,15	10 757,00	4,30	3,50
		16	Мэнни 74307908	240	7,64	9 539,00	4,85	3,70
		17	Нельсон 357545374	26	0,83	13 328,00	4,36	3,74
		18	Принстон 3011816330	2	0,06	13 535,00	4,91	3,00
		19	Разлив 2029	2	0,06	9 792,00	3,84	3,28
		20	Рокстар 3132554863	8	0,25	10 199,00	4,50	3,70
		21	Ромеро 3131058470	12	0,38	10 325,00	4,60	3,80
		22	Самоа 140255326	103	3,28	11 626,00	4,37	3,41
		23	Санрей 4109204856	196	6,24	10 597,00	4,90	3,91
		24	Синерджи 3372307251	7	0,22	13 458,00	3,93	3,46
		25	Сорэндос 926586921	205	6,53	13 144,00	3,69	3,47
		26	Страйк 4109205528	11	0,35	14 669,00	3,86	3,31
		27	Субару 4109204848	29	0,92	12 945,00	3,55	3,22
		28	Сэт 4109204826	7	0,22	10 258,00	3,94	3,31
		29	Тандерлайт 928772375	163	5,19	14 473,00	4,00	3,40
		30	Ферди 921967107	95	3,03	11 427,00	4,10	3,50
		31	Флирт 5940304525	24	0,76	12 020,00	2,92	3,06
		32	Флойд 66591027	25	0,80	12 390,00	3,30	3,00
		33	Фрэнк 66591025	7	0,22	12 390,00	3,30	3,00
		34	Харлей 964579875	53	1,69	11 474,00	4,20	3,70
		35	Эгги 60475919	3	0,10	17 409,00	3,10	3,20
		36	Эмен 105018721	41	1,31	14 835,00	5,10	3,80
		37	Эшпл Бой 63109268	10	0,32	10 519,00	4,50	3,30
		38	Эрл 4109205620	9	0,29	10 420,00	3,95	3,21
		39	Юник 69716820	95	3,03	16 153,00	4,21	3,20
ИТОГО				2146	68,34	13 516,2 ± 448,36	4,41 ± 0,08	3,39 ± 0,04

Table 1
Genealogical structure of the breeding stock of the herd in economic conditions in the territory of the Chelyabinsk region

#	Line	#	Nickname and individual, No. the bull manufacturer	Number of daugh- ters of a bull	In % of the total livestock	Productivity mothers		
						Milk yield, kg	Mass fat content, %	Mass protein content, %
1	Vis Back Ideal 1013415	1	Altabarni 69092963	91	2.90	16 153.00	3.90	3.60
		2	Altasera 17991056452	50	1.59	12 504.00	3.80	3.40
		3	Altatrader 66228157	12	0.38	13 857.00	4.20	3.10
		4	Argon 2803	22	0.70	12 361.00	4.18	3.47
		5	Beyond 74260987	12	0.38	10 120.00	4.30	3.50
		6	Bentley 924557855	111	3.54	15 598.00	4.12	3.16
		7	Gaboy 50091968	6	0.19	13 146.00	4.15	3.14
		8	Gavano 70750523	35	1.11	12 209.00	4.30	3.30
		9	Gambit 50069399	19	0.61	11 983.00	3.80	3.13
		10	Gwydon 49963482	12	0.38	11 015.00	4.15	3.32
		11	Hector 49538094	10	0.32	11 158.00	4.10	3.37
		12	Globe 49963481	9	0.29	11 953.00	4.26	3.46
		13	Das 66626543	20	0.64	11 736.00	4.00	3.10
		14	De Sous 70625941	13	0.41	13 158.00	3.50	2.90
		15	Gesmen 105303281	35	1.11	11 811.00	4.20	3.50
		16	Lazarit 62398872	4	0.13	18 969.00	3.30	2.60
		17	Ledgenderie 3125066436	14	0.45	14 125.00	4.40	3.40
		18	Ledoux 3124651498	3	0.10	15 109.00	3.50	3.50
		19	Land Junge 465411	4	0.13	14 013.00	4.78	3.46
		20	Mickey 3125479421	12	0.38	10 056.00	4.00	3.20
		21	Sage 38343	25	0.80	10 298.00	4.81	3.41
		22	Newpoint 357545442	21	0.67	15 005.00	4.26	3.50
		23	Piledriver 3126539652	43	1.37	13 789.00	4.30	3.10
		24	Seoul 3372306157	75	2.39	14 088.00	4.19	3.34
		25	Star 3372306082	66	2.10	12 941.00	4.59	3.41
		26	Stocker 3372305987	66	2.10	17 975.00	4.06	3.16
		27	Tyson 66133525	13	0.41	18 420.00	3.10	2.90
		28	Troy Gage-ET 3126539666	21	0.67	13 161.00	4.35	3.27
		29	Flock 8065819104	18	0.57	12 361.00	4.60	3.40
				30	LJ 924108817	67	2.13	14 707.00
TOTAL				909	28.95	13 459.30 ± 421.87	4.13 ± 0.07	3.28 ± 0.04
2	Montic Chieftain 95679	1	Hammer 37631	70	2.23	10 298.00	4.11	3.41
		2	Reverse 2708	13	0.41	15 647.00	4.11	3.40
		3	Granite 49963459	2	0.06	13 475.00	4.10	3.36
TOTAL				85	2.71	13 414.00 ± 155.0	4.11 ± 0.13	3.39 ± 0.02

3	Reflection Sovering 198998	1	Aardema Magiste 3129037660	30	0.96	9 063.00	4.70	3.20
		2	Altasanford 70715474	97	3.09	17 128.00	4.20	3.00
		3	Altascoda 69169948	76	2.42	14 606.00	4.00	3.30
		4	Blackberry 3372307445	2	0.06	17 911.00	3.91	3.29
		5	Brandy 3372307484	2	0.06	17 911.00	3.91	3.29
		6	Bourbon 3372307329	8	0.25	19 848.00	3.79	3.46
		7	Dugger 3013071694	10	0.32	13 412.00	3.90	3.80
		8	Dancer 71088577	281	8.95	14 533.00	4.30	3.40
		9	Devic 6204728383	12	0.38	12 289.00	4.68	3.36
		10	Decorum 2921633163	16	0.51	18 292.00	4.35	3.49
		11	Dent 2244592261	26	0.83	12 936.00	4.18	3.17
		12	Convertible 69560690	27	0.86	13 848.00	4.10	3.20
		13	Cain 141925648	110	3.50	10 015.00	4.10	3.30
		14	Kohl 1661	40	1.27	9 539.00	5.00	3.70
		15	Lisborne 105752928	36	1.15	10 757.00	4.30	3.50
		16	Manny 74307908	240	7.64	9 539.00	4.85	3.70
		17	Nelson 357545374	26	0.83	13 328.00	4.36	3.74
		18	Princeton 3011816330	2	0.06	13 535.00	4.91	3.00
		19	Spill 2029	2	0.06	9 792.00	3.84	3.28
		20	Rockstar 3132554863	8	0.25	10 199.00	4.50	3.70
		21	Romero 3131058470	12	0.38	10 325.00	4.60	3.80
		22	Samoa 140255326	103	3.28	11 626.00	4.37	3.41
		23	Sunray 4109204856	196	6.24	10 597.00	4.90	3.91
		24	Synergy 3372307251	7	0.22	13 458.00	3.93	3.46
		25	Sorendos 926586921	205	6.53	13 144.00	3.69	3.47
		26	Strike 4109205528	11	0.35	14 669.00	3.86	3.31
		27	Subaru 4109204848	29	0.92	12 945.00	3.55	3.22
		28	Seth 4109204826	7	0.22	10 258.00	3.94	3.31
		29	Thunderlight 928772375	163	5.19	14 473.00	4.00	3.40
		30	Ferdy 921967107	95	3.03	11 427.00	4.10	3.50
		31	Flirt 5940304525	24	0.76	12 020.00	2.92	3.06
		32	Floyd 66591027	25	0.80	12 390.00	3.30	3.00
		33	Frank 66591025	7	0.22	12 390.00	3.30	3.00
		34	Harley 964579875	53	1.69	11 474.00	4.20	3.70
		35	Eggy 60475919	3	0.10	17 409.00	3.10	3.20
		36	Emen 105018721	41	1.31	14 835.00	5.10	3.80
		37	Apple Boy 63109268	10	0.32	10 519.00	4.50	3.30
		38	Earl 4109205620	9	0.29	10 420.00	3.95	3.21
		39	Unique 69716820	95	3.03	16 153.00	4.21	3.20
TOTAL				2146	68.34	13 516.2 ± 448.36	4.41 ± 0.08	3.39 ± 0.04

Таблица 2

Генетический потенциал быков различных линий в хозяйственных условиях на территории Челябинской области

Линия	В % общем поголовье	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	± к среднему по матерям		
					Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %
Вис Бэк Айдиал 1013415	28,95	13459,30	4,13	3,28	-3,87	-0,27	-0,07
Монтвик Чифтейн 95679	2,71	13414,00	4,66	3,39	-49,17	0,26	0,04
Рефлекшн Соверинг 198998	68,34	13516,20	4,41	3,39	53,03	0,01	0,04
Среднее по матерям	100	13463,17	4,40	3,35			

Спарклайны

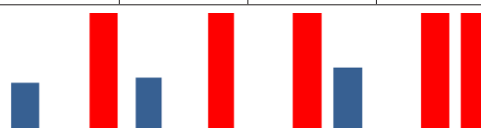


Table 2

Genetic potential of bulls of different lines in farm conditions in the Chelyabinsk region

Line	In % in total livestock	Milk yield, kg	Mass fat content, %	Mass protein content, %	± to the average for mothers		
					Milk yield, kg	Mass fat content, %	Mass protein content, %
Vis Back Idial 1013415	28.95	13459.30	4.13	3.28	-3.87	-0.27	-0.07
Montwick Chieftain 95679	2.71	13414.00	4.66	3.39	-49.17	0.26	0.04
Reflection Sovereign 198998	68.34	13516.20	4.41	3.39	53.03	0.01	0.04
Maternal average	100	13463.17	4.40	3.35			

Sparklines



Быки линии Монтвик Чифтейна 95679 имели положительные отклонения по МДЖ – 0,37 %, МЛБ – 0,04%, но отрицательное по удою за 305 дней лактации – 49,17 кг. Наилучшим с точки зрения селекционной значимости были быки линии Рефлекшн Соверинга 198998. Превосходство их матерей составило 53,03 кг по удою за 305 дней лактации, 0,01 % по МДЖ и 0,04 % по МДБ.

Ввиду того что в стаде наибольшее количество дочерей (68,34 %) этой линии, работа селекционеров идет в правильном направлении.

2. Анализ линейной принадлежности была подвернута 641 голова коров стада товаропроизводителя в Свердловской области. Генеалогическая структура маточного стада представлена тремя линиями (таблица 3): Вис Бэк Айдиала 1013415 – 451 голова (70,47 %), Монтвик Чифтейна 95679 – 8 голов (1,25 %), Рефлекшн Соверинга 198998 – 182 голова (28,4 %) (таблица 3)

При этом необходимо отметить, что наибольшее количество дочерей получено от быка Маком 718878704: 130 голов – 20,31 % от всего поголовья.

При сравнении генетического потенциала быков-производителей по показателям молочной продуктивности их матерей установили, что быки линии Монтвик Чифтейна 95679 происходили от худших матерей. Отрицательная разница со средними

показателями составила 998,03 кг, 0,04 % и 0,06 % по удою за 305 дней лактации, МДЖ и МДБ соответственно (таблица 4)

Наилучшими с точки зрения селекционной значимости были быки линии Рефлекшн Соверинга 198998. Превосходство их матерей составило 210,59 кг по удою за 305 дней лактации, 0,06 % по МДЖ и 0,26 % по МДБ.

Быки линии Вис Бэк Айдиала 1013415 по показателю удою матерей за 305 дней показали превосходство в 784,44 кг, однако по показателям МДЖ и МДБ имели отрицательную динамику в 0,02 % и 0,21 % соответственно.

Анализ межлинейных кроссов по молочной продуктивности и живой массе Челябинской и Свердловской областей показал различное проявление генотипа по молочной продуктивности и живой массе одинаковых сочетаний линий родительских пар.

Так, в условиях предприятий Челябинской области наилучшее потомство получено при сочетании ♂ Вис Бэк Айдиал 1013415 × ♀ Вис Бэк Айдиал 1013415. Дочери при таком сочетании генотипа превосходили средние показатели по стаду по всем продуктивным признакам: по удою за 305 дней – на 118,85 кг, по показателям МДЖ и МДБ – на 0,02 % и 0,01 % соответственно. Живая масса дочерей такого сочетания родительских линий превышала средние показатели по стаду на 29,3 кг (таблица 5).

Таблица 3

Генеалогическая структура маточного поголовья стада в хозяйственных условиях на территории Свердловской области

Biology and biotechnologies

№	Линия	Кличка и индивид, № быка-производителя	Коли- чество дочерей быка	В % в общем поголо- вье	Продуктивность матерей		
					Удой	МДЖ, %	МДБ, %
1	Вис Бэк Айдиал 1013415	Альтагэдди 68999416	53	8,28	12 070,00	3,80	3,40
		Альталотто Пи-е 3129128755	44	6,87	13 096,00	4,00	3,70
		Альтоигор 11279212	39	6,09	13 085,00	3,40	3,10
		Бакеро 920855469	15	2,34	13 121,00	4,90	3,20
		Гавано70750523	53	8,28	12 209,00	4,30	3,80
		Грилон 4241727086	29	4,53	1 191,00	4,60	3,10
		Маком 718878704	130	20,31	14 790,00	4,23	3,42
		Ньюпоинт 357545442	35	5,46	15 005,00	4,26	3,50
		Перри 70750529	20	3,12	9 698,00	4,70	3,80
		Сименс 1869	3	0,46	11 464,00	4,24	3,42
		Спринг 3372306127	5	0,78	14 115,00	3,74	3,51
		Стэм 4109204847	8	1,25	14 254,00	3,74	3,51
		Твин 3602	2	0,31	8 495,00	4,11	3,43
		Тенис 9977	1	0,15	18 449,00	5,07	3,32
		Чингис 982	1	0,15	9 920,00	5,16	3,58
		Феннек 4241542328	9	1,40	11 571,00	3,81	3,02
		Жесмен 105303281	3	0,46	11 811,00	4,20	3,50
		Лир 4109205618	1	0,15	14 257,00	4,20	3,40
ИТОГО			451	70,47	13 249,04 ± 99,88	4,1 ± 0,01	3,04 ± 0,09
2	Монтвик Чифтейн 95679	Днестр 122	4	0,60	8 326	3,93	3,04
		Реверс 2708	4	0,60	15 643	4,77	3,4
ИТОГО			8	1,25	11 463,57 ± 479,00	4,29 ± 0,17	3,19 ± 0,07
3	Рефлекшн Соверинг 198998	Альтаальфа 70346650	41	6,40	8 998,00	3,7	3,20
		Альтамакбук 70457427	26	4,10	13 090,00	4,0	3,70
		Блэкберри 3372307445	8	1,25	17 911,00	3,91	3,29
		Бренди 3372307484	2	0,31	17 911,00	3,91	3,29
		Бурбон 3372307329	3	0,47	19 848,00	3,79	3,46
		Бэтс 198	5	0,78	8 884,00	3,95	3,40
		Дент 2244592261	15	2,34	12 936,00	3,18	3,17
		Коль 1661	9	1,41	12 616,00	4,79	3,50
		Лизборн 105752928	5	0,78	10 757,00	3,30	3,50
		Модник 3591	1	0,15	9 742,00	4,15	3,49
		Нельсон 357545374	2	0,31	13 328,00	4,36	3,74
		Нортон 357545396	11	1,71	13 328,00	4,36	3,74
		Пьеро 3671	2	0,31	13 200,00	3,55	3,25
		Синклер 257220	1	0,15	13 589,00	4,03	3,44
		Хэмптон 942370472	8	1,25	11 474,00	4,20	3,70
		Эмен 105018721	43	6,72	14 835,00	5,10	3,80
ИТОГО			182	28,44	12 672,19 ± 199,14	4,21 ± 0,05	3,51 ± 0,02

Table 3
Genealogical structure of the breeding stock of the herd in economic conditions on the territory of the Sverdlovsk region

#	Line	Nickname and individual, No. the bull manufacturer	Number of daughters of a bull	In % of the total livestock	Productivity mothers				
					Milk yield	Mass fat content, %	Mass protein content, %		
1	Vis Back Ideal 1013415	Altageddy 68999416	53	8.28	12 070.00	3.80	3.40		
		AltaLotto P-ET 3129128755	44	6.87	13 096.00	4.00	3.70		
		Altoigor 11279212	39	6.09	13 085.00	3.40	3.10		
		Baquero 920855469	15	2.34	13 121.00	4.90	3.20		
		Havano70750523	53	8.28	12 209.00	4.30	3.80		
		Grilon 4241727086	29	4.53	1 191.00	4.60	3.10		
		Macom 718878704	130	20.31	14 790.00	4.23	3.42		
		Newpoint 357545442	35	5.46	15 005.00	4.26	3.50		
		Perry 70750529	20	3.12	9 698.00	4.70	3.80		
		Siemens 1869	3	0.46	11 464.00	4.24	3.42		
		Spring 3372306127	5	0.78	14 115.00	3.74	3.51		
		Stam 4109204847	8	1.25	14 254.00	3.74	3.51		
		Twin 3602	2	0.31	8 495.00	4.11	3.43		
		Tenis 9977	1	0.15	18 449.00	5.07	3.32		
		Genghis 982	1	0.15	9 920.00	5.16	3.58		
		Fennec 4241542328	9	1.40	11 571.00	3.81	3.02		
		Gesmen 105303281	3	0.46	11 811.00	4.20	3.50		
		Lear 4109205618	1	0.15	14 257.00	4.20	3.40		
TOTAL			451	70,47	13 249,04 ± 99.88	4.1 ± 0.01	3.04 ± 0.09		
2	Montwick Chieftain 95679	Dniester 122	4	0.60	8 326	3.93	3.04		
		Reverse 2708	4	0.60	15 643	4.77	3.4		
TOTAL			8	1,25	11 463,57 ± 479,00	4.29 ± 0.17	3.19 ± 0.07		
3	Reflection Sovering 198998	Altaalpha 70346650	41	6.40	8 998.00	3.7	3.20		
		Altamacbook 70457427	26	4.10	13 090.00	4.0	3.70		
		Blackberry 3372307445	8	1.25	17 911.00	3.91	3.29		
		Brandy 3372307484	2	0.31	17 911.00	3.91	3.29		
		Bourbon 3372307329	3	0.47	19 848.00	3.79	3.46		
		Bats 198	5	0.78	8 884.00	3.95	3.40		
		Dent 2244592261	15	2.34	12 936.00	3.18	3.17		
		Kohl's 1661	9	1.41	12 616.00	4.79	3.50		
		Lisborne 105752928	5	0.78	10 757.00	3.30	3.50		
		Fashionista 3591	1	0.15	9 742.00	4.15	3.49		
		Nelson 357545374	2	0.31	13 328.00	4.36	3.74		
		Norton 357545396	11	1.71	13 328.00	4.36	3.74		
		Pierrot 3671	2	0.31	13 200.00	3.55	3.25		
		Sinclair 257220	1	0.15	13 589.00	4.03	3.44		
		Hampton 942370472	8	1.25	11 474.00	4.20	3.70		
		Emen 105018721	43	6.72	14 835.00	5.10	3.80		
		TOTAL			182	28,44	12 672.19 ± 199.14	4.2121 ± 0.05	3.51 ± 0.02

Таблица 4

Генетический потенциал быков различных линий в хозяйственных условиях на территории Свердловской области

Линия	В % общем поголовье	Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %	± к среднему по матерям		
					Удой, кг	МДЖ, %	МДБ, %
Вис Бэк Айдиал 1013415	70.47	13 249.04	4.13	3.04	787.44	-0.02	-0.21
Монтвик Чифтейн 95679	1.23	11 463.57	4.11	3.19	-998.03	-0.04	-0.06
Рефлекшн Соверинг 198998	28.3	12 672.19	4.21	3.51	210.59	0.06	0.26
Среднее по матерям	100	12 461.60	4.15	3.25			

Спарклайны

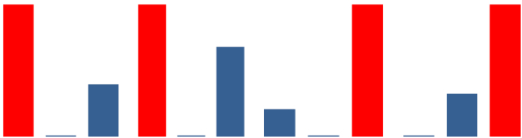


Table 4

Genetic potential of bulls of various lines in economic conditions on the territory of the Sverdlovsk region

Line	In % in total livestock	Milk yield, kg	Mass fat content, %	Mass protein content, %	± to the average for mothers		
					Milk yield, kg	Mass fat content, %	Mass protein content, %
Vis Back Idial 1013415	70.47	13 249.04	4.13	3.04	787.44	-0.02	-0.21
Montwick Chieftain 95679	1.23	11 463.57	4.11	3.19	-998.03	-0.04	-0.06
Reflection Sovereign 198998	28.3	12 672.19	4.21	3.51	210.59	0.06	0.26
Maternal average	100	12 461.60	4.15	3.25			

Sparklines

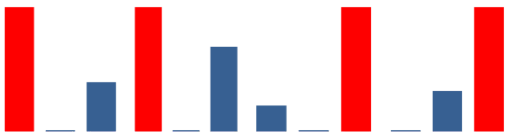


Таблица 5

Продуктивность дочерей межлинейных кроссов в хозяйственных условиях на территории Челябинской области

№	Линия		Количество, голов	Удой, кг	МДЖ, %	Молочный жир, кг	МДБ, %	Молочный белок, кг	Живая масса, кг
	Отца	Матери		8646,08	4,33	373,89	3,43	296,46	535,61
				± к среднему по стаду ↑					
1	Вис Бэк Айдиал 1013415	Вис Бэк Айдиал 1013415*	330	118,85	0,02	7,33	0,01	4,73	29,3
		Рефлекшн Соверинг 198998	524	38,65	-0,01	1,21	0,01	2,25	28,86
2	Рефлекшн Соверинг 198998	Вис Бэк Айдиал 1013415	864	62,64	0	2,93	0	2,19	-8,29
		Рефлекшн Соверинг 198998*	1187	-62,09	0	-2,78	0	-2,64	-13,18

Примечание. * Быки-производители одной линии, но разных веток родословной и годов производственного использования.

Table 5
Productivity of daughters of interlinear crosses in economic conditions on the territory of the Chelyabinsk region

No.	Line No.		Quality, head	Milk yield, kg	Mass fat content, %	Milk fat, kg	Mass protein content, %	Milk protein, kg	Live weight, kg
	Father	Mother		8646.08	4.33	373.89	3.43	296.46	535.61
				± to the average herd ↑					
1	Vis Back Ideal	Vis Back Ideal 1013415*	330	118.85	0.02	7.33	0.01	4.73	29.3
		Reflection Sovereign 198998	524	38.65	−0.01	1.21	0.01	2.25	28.86
2	Reflection Sovereign 198998	Vis Back Ideal 1013415	864	62.64	0	2.93	0	2.19	−8.29
		Reflection Sovereign 198998*	1187	−62.09	0	−2.78	0	−2.64	−13.18

Note. * Breeding bulls from the same line, but different pedigree branches and years of production use.

Таблица 6
Продуктивность дочерей межлинейных кроссов в хозяйственных условиях на территории Свердловской области

№	Линия		Количество, голов	Удой, кг	МДЖ, %	Молочный жир, кг	МДБ, %	Молочный белок, кг	Живая масса, кг
	Отца	Матери		8666,27	3,8	329,28	3,38	293,37	576,69
				± к среднему по стаду ↑					
1	Вис Бэк Айдиал 1013415	Вис Бэк Айдиал 1013415*	209	-116,81	-0,01	0	-0,04	-0,33	1,81
		Рефлекшн Соверинг 198998	196	-36,38	-0,01	4,93	0	-3,66	1,57
2	Реф-лекшн Соверинг 198998	Вис Бэк Ай-диал 1013415	61	81,46	0,03	-6,29	-0,03	0,33	-48,12
		Рефлекшн Соверинг 198998*	103	148,97	0	-4,77	-0,01	104,02	2,44

Примечание. * Быки-производители одной линии, но разных веток родословной и годов производственного использования.

Table 6
Productivity of daughters of interlinear crosses in economic conditions on the territory of the Sverdlovsk region

No.	Line No.		Quality, heads	Milk yield, kg	Mass fat con- tent, %	Milk fat, kg	Mass protein content, %	Milk protein, kg	Live weight, kg
	Father	Mother		8666.27	3.8	329.28	3.38	293.37	576.69
	± to the average herd ↑								
1	Vis Back Ideal	Vis Back Ideal 1013415*	209	-116.81	-0.01	0	-0.04	-0.33	1.81
		Reflection Sovereign 198998	196	-36.38	-0.01	4.93	0	-3.66	1.57
2	Reflection Sovereign 198998	Vis Back Ideal 1013415	61	81.46	0.03	-6.29	-0.03	0.33	-48.12
		Reflection Sovereign 198998*	103	148.97	0	-4.77	-0.01	104.02	2.44

Note. * Breeding bulls from the same line, but different pedigree branches and years of production use.

Также положительную динамику в сравнении со средними показателями по стаду показали дочери при сочетании ♂ Вис Бэк Айдиал 1013415 × ♀ Рефлекшн Соверинг 198998. При этом необходимо отметить, что данное превосходство ниже, чем у дочерей первого межлинейного кросса, и показатель МДЖ ниже среднего по стаду на 0,01 %.

Наихудшим сочетанием линий в родительских парах являлось ♂ Рефлекшн Соверинг 198998 × ♀ Рефлекшн Соверинг 198998.

При оценке аналогичных сочетаниях линии при подборе родительских пар на предприятии Свердловской области установили, что при сочетании ♂ Вис Бэк Айдиал 1013415 × ♀ Вис Бэк Айдиал 1013415 получены худшие дочери (таблица 6).

Их удои ниже среднего по стаду на 118,81 кг, МДЖ и МДБ – на 0,01 % и 0,04 % соответственно. Лучшим является сочетание ♂ Рефлекшн Со-

веринг 198998 × ♀ Рефлекшн Соверинг 198998, но при этом коровы с данным генотипом при превосходстве по удою за 305 дней лактации, молочному белку и живой массе в 148,97 кг, 104,2 кг и 2,44 кг соответственно отставали по показателям молочного жира и МДБ на 4,77 кг и 0,01 %.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Таким образом, на различном фоне воздействия паратипических факторов животные одинаковой линейной принадлежности и межлинейных кроссов проявляли свой генетический потенциал по-разному. Это указывает на то, что специалистам хозяйств необходимо более тщательно выбирать быков-производителей с учетом полной оценки племенной ценности, продуктивности матерей и дочерей, выращенных в различных сочетаниях паратипических факторов.

Библиографический список

- Герзанич М. В., Горелик О. В., Харлап С. Ю. Эффективность использования дочерей разных быков-производителей [Электронный ресурс] // Молодежь и наука. 2023. № 11. URL: <https://min.urgau.ru/images/2023/11-2023/26-11-2023.pdf> (дата обращения: 03.01.2025).
- Горелик О. В., Федосеева Н. А., Харлап С. Ю., Горелик А. С., Горелик В. С. Эффективность использования дочерей голштинских быков для производства молока // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2024. № 4 (79). С. 99–103.
- Горелик А. С., Ребезов М. Б., Горелик О. В. Оценка быков-производителей голштинской породы по качеству потомства // Аграрная наука. 2023. № 11. С. 34–40. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-376-11-34-40.
- Федосеева Н. А., Горелик О. В., Воронов М. В. Оценка быков-производителей родственных групп линии Уес Идеала по продуктивности дочерей // От модернизации к опережающему развитию: обеспечение конкурентоспособности и научного лидерства АПК. Екатеринбург, 2022. С. 141–144.
- Крупин Е. О., Шакиров Ш. К. Изменения отдельных диагностических маркеров углеводного, липидного и минерального обмена веществ у дойных коров, обусловленные кормлением // Аграрная наука. 2023. № 2. С. 30–34. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-367-2-30-34.
- Шевхужев А. Ф., Погодаев В. А. Мясная продуктивность бычков симментальской породы и помесей с кровностью (½ симментальская + ½ абердин-ангусская), (½ симментальская + ½ калмыцкая) // Аграрный научный журнал. 2023. № 4. С. 92–99. DOI: 10.28983/asj.y2023i4pp92-99.
- Кравченко В. Рынок говядины: от роста производства – к экспорту // Животноводство России. 2022. № 10. С. 7–8.
- Ребезов М. Б., Горелик О. В., Неверова О. П., Келин Ю. В. Взаимосвязь молочных признаков коров линии Вис Бэк Айдиала 1013415 в зависимости от возраста // Вестник Ошского государственного университета. 2024. № 1. С. 54–65. DOI: 10.52754/16948610_2024_1_6.
- Виль Л. Г., Никитина М. М., Блинова Н. С. Эффективность выращивания герефордского скота андриановского типа при круглогодичном пастбищном содержании // Аграрная наука. 2023. № 1. С. 44–48. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-366-1-44-48.
- Фаткуллин Р. Р., Белооков А. А., Ермолова Е. М., Ребезов М. Б., Максимова Р. А. Способ повышения сохранности и продуктивных качеств молодняка крупного рогатого скота // Аграрная наука. 2023. № 9. С. 43–46. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-43-46.
- Лоретц О. Г., Белооков А. А., Гриценко С. А., Горелик О. В. Эффективность применения эм-технологии при выращивании на мясо бычков черно-пестрой породы // Аграрный вестник Урала. 2016. № 1 (143). С. 25–28.
- Мусаева М. Н., Алиев Г. А., Мусаев А. М. Методы коррекции обмена веществ у крупного рогатого скота (обзорная статья) // Аграрная наука. 2020. № 7-8. С. 69–72. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-340-7-69-72.
- Гриценко С. А., Костомахин Н. М. Воспроизводительные способности коров голштинской породы и динамика их изменений в течение производственного использования // Главный зоотехник. 2023. № 3 (236). С. 22–31. DOI: 10.33920/sel-03-2303-03.

14. Иолчиев Б. С., Косицина О. В., Сермягин А. А., Двалишвили В. Г., Гусев И. В., Багиров В. А., Осадчая Т. Л., Павленко А. С. Молочная продуктивность маток, рост чистопородного и помесного молодняка южной мясной породы // Аграрная наука. 2024. № 5. С. 51–55. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-382-5-51-55.
15. Никонова Е. А., Юлдашбаев Ю. А., Косилов В. И., Савчук С. В. Особенности обмена питательных веществ в организме чистопородного и помесного молодняка крупного рогатого скота // Аграрная наука. 2022. № 5. С. 40–44. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-359-5-40-44.
16. Никонова Е. А., Юлдашбаев Ю. А., Косилов В. И. Влияние двух-трехпородного скрещивания молодняка разного пола и направления продуктивности на потребление и использование питательных веществ рационов // Аграрная наука. 2022. № 9. С. 59–64. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-362-9-59-64.
17. Попов Н. А., Щегольков Н. Ф. Определение генетической ценности животных селекционных групп для заказных спариваний в популяции красно-пестрой породы // Аграрная наука. 2024. № 7. С. 79–84. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-79-84.
18. Виль Л. Г., Никитина М. М. Сравнительная характеристика семейств герефордского скота андриановского типа // Аграрная наука. 2022. № 4. С. 34–40. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-358-4-34-40.
19. Годжиев Р. С., Гогаев О. К., Тукфатулин Г. С. Формирование мясной продуктивности молодняка крупного рогатого скота при использовании разных условий кормления // Известия Горского государственного аграрного университета. 2019. Т. 56, № 1. С. 86–91.
20. Кизаев М. А., Ажмулдинов Е. А., Титов М. Г. Продуктивные качества бычков различных генотипов при промышленной технологии производства говядины // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2019. № 2 (50). С. 78–81.
21. Гриценко С. А. Оценка мясной продуктивности бычков черно-пестрой породы различных генотипов в условиях Южного Урала (продолжение) // БИО. 2018. № 10 (217). С. 25–31.
22. Лоретц О. Г., Горелик О. В., Горелик А. С. Продуктивные качества и Эффективность использования дочерей разных быков-производителей // Аграрная наука и производство: реализация инновационных технологий агропромышленного комплекса: сборник статей, подготовленный в рамках всероссийской научно-практической конференции. Екатеринбург, 2022. С. 90–96.
23. Гукеев В. М., Габаев М. С., Жашуев Ж. Х. Уровень генетического разнообразия быков-производителей и возможность их дифференцированного использования // Аграрная Россия. 2020. № 5. С. 38–41. DOI: 10.30906/1999-5636-2020-5-38-41.
24. Гонтюров В. А., Макаев Ш. А., Искандерова А. П., Капица Е. А. Результаты оценки быков-производителей казахской белоголовой породы и испытание их потомков по собственной продуктивности // Вестник мясного скотоводства. 2013. № 1 (79). С. 33–37.
25. Немцева Е. Ю., Сергеева Н. В. Оценка быков-производителей по происхождению, качеству потомства и спермопродукции // Развитие аграрной науки как важнейшее условие эффективного функционирования агропромышленного комплекса страны: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Чебоксары, 2018. С. 268–272.
26. Кошцаев А. Г., Святенко Т. С., Смирнова О. Г., Горелик О. В., Горелик А. С., Харлап С. Ю., Неверова О. П. Продуктивные качества первотелок от разных быков-производителей // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2024. № 113. С. 226–234. DOI: 10.21515/1999-1703-113-226-234.
27. Немцева Е. Ю., Попова М. Г. Оценка быков-производителей голштинской породы по происхождению и по качеству потомства // Современное развитие животноводства в условиях становления цифрового сельского хозяйства (к 80-летию со дня рождения доктора с.-х. наук, профессора Приступы Василия Николаевича): материалы международной научно-практической конференции, посвященной 180-летию ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет». Персиановский. 2020. С. 137–140.
28. Игнатьева Н. Л., Лаврентьев А. Ю., Данилова Н. В. Продуктивность дочерей быков разной селекции, по линейной оценке, экстерьера // Аграрная Россия. 2018. № 8. С. 25–28.
29. Шишкина Т. В., Скворцов С. М. Роль оценки быков-производителей в селекции животных // Инициативы молодых – науке и производству: сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции для молодых ученых и студентов. Пенза, 2021. С. 191–195.
30. Абилов А. И., Шеметюк С. А., Пыжова Е. А., Дунин М. И. Возрастная и сезонная динамика спермопродукции быков-производителей абердин-ангусской породы // Аграрная наука. 2020. № 3. С. 35–38. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-336-3-35-38.
31. Шальнев О. В., Горелик О. В. Оценка быков-производителей голштинской породы линии Вис Бэк Айдиала: Визард 120754720 и Лазарит 62398872 по качеству потомства // Современные аспекты производства и переработки продукции АПК: сборник материалов круглого стола. Екатеринбург, 2023. С. 176–178.
32. Горелик О. В., Лиходеевская О. Е., Харлап С. Ю., Горелик А. С. Динамика результатов оценки по качеству потомства быков голштинской породы // Теория и практика мировой науки. 2024. № 3. С. 37–42.

33. Горелик О. В. Влияние быка-производителя на весовой рост дочерей // Интеграция образования, науки и практики в АПК: проблемы и перспективы: Сборник материалов III международной научно-практической конференции. Луганск, 2023. С. 174–176.
34. Мырзин В. С., Неверова О. П., Горелик О. В., Горелик А. С., Гырнец Е. А., Коцаев А. Г. Оценка быков-производителей линии Рефлекшн Соверинга по качеству потомства // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2023. № 108. С. 176–181. DOI: 10.21515/1999-1703-108-176-181.
35. Горелик О. В., Харлап С. Ю., Келин Ю. В., Обожина Е. А. Результаты оценки быков-производителей по качеству потомства [Электронный ресурс] // Вестник Вятской ГСХА. 2020. № 3 (5). URL: <https://v-gsha.info/2020/09/29/rezultaty-ocenki-bykov-proizvoditelej-po-kachestvu-potomstva> (дата обращения: 03.01.2025).
36. Горелик О. В., Харлап С. Ю., Ребезов М. Б., Горелик А. С. Взаимосвязь молочной продуктивности и воспроизводительных функций коров голштинской породы // Аграрная наука. 2023. № 12. С. 74–79. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-74-79.
37. Попов Н. А. Поиск дополнительной изменчивости в стаде коров голштинской породы // Аграрная наука. 2023. № 2. С. 70–75. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-367-2-70-75.
38. Максимчук М. Г., Левина Г. Н. Молочная продуктивность и функция воспроизводства коров черно-пестрой породы разных генотипов // Аграрная наука. 2023. № 8. С. 53–57. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-53-57.
39. Абрамова Н. И., Богорадова Л. Н., Власова Г. С., Хромова О. Л. Оценка быков-производителей на стадах с разными уровнями продуктивности // Аграрная наука на современном этапе: состояние, проблемы, перспективы: материалы III научно-практической конференции с международным участием. Вологда – Молочное, 2020. С. 17–23.
40. Мкртчян Г. В., Бакай А. В., Бакай И. Р. Наследование белкомолочности у крупного рогатого скота разной селекции // Аграрная наука. 2020. № 2. С. 36–38. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-335-2-36-38.
41. Горелик А. С., Ребезов М. Б., Горелик О. В., Темербаева М. В. Качество молока коров-дочерей разных быков-производителей и оценка его пригодности к переработке // Аграрная наука. 2022. № 9. С. 30–36. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-362-9-30-36.
42. Попов Н. А. Генеалогическая структура и оценка быков-производителей голштинской породы // Аграрная наука. 2021. № 7-8. С. 28–32. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-351-7-8-28-32.
43. Горелик А. С., Ребезов М. Б., Горелик О. В. Особенности изготовления мягких сыров из молока коров-дочерей разных быков-производителей // Аграрная наука. 2023. № 1. С. 90–94. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-366-1-90-94.
44. Гриценко С. А., Хакназаров А. А., Ребезов М. Б. Продуктивные качества коров голштинской породы различных поколений, возраста в лактациях и линейной принадлежности // Аграрная наука. 2023. № 3. С. 74–79. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-368-3-74-79.
45. Gorelik O. V., Brjanzev A. Yu., Safronov S. L., Bobokova E. Influence of the age of cows on the dynamics of dairy efficiency depending on a breeding line // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Krasnoyarsk, 2020. Article number 42015. DOI: 10.1088/1755-1315/677/4/042015.
46. Гриценко С. А. Влияние линейной принадлежности и кровности по голштинской породе на показатели продуктивности бычков // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 4 (36-1). С. 117–119.
47. Келин Ю. В., Лоретц О. Г., Горелик О. В. Оценка взаимосвязи молочных признаков у коров разных линий голштинской породы // Инновационные методы и технологии повышения продуктивности в молочном животноводстве: сборник материалов. Барнаул, 2023. С. 14–19.
48. Shakirov Kh., Shayusupov B. Formation of exterior features in technological conditions of traditional keeping and feeding of Chinese Holstein cows // E3S Web of Conferences. Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023). Chelyabinsk, 2023. Article number 03096. DOI: 10.1051/e3sconf/202338903096.
49. Цыганок В. О., Цыганок Е. О., Бахарев А. А. Использование геномной оценки в совершенствовании продуктивных качеств коров голштинской породы // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24. № 2. С. 218–231. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-02-218-231.
50. Ignatieva N. L., Voronova I. V., Nemtseva E. Yu., Toboev G. M. Use of Holstein bulls in improvement of black pied cattle // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science “International AgroScience Conference, AgroScience 2021”. Cheboksary, 2021. Article number 012025. DOI: 10.1088/1755-1315/935/1/012025.
51. Dosmukhamedova M., Esanov A., Shakirov K., Khodjayev U. Caring methods of male and female Holstein breed cattle and improving high-productive cattle herds in the condition of Uzbekistan // E3S Web of Conferences. Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region”, UESF 2021. Chelyabinsk, 2021. Article number 4029. DOI: 10.1051/e3sconf/202125804029.

52. Горелик О. В., Лиходеевская О. Е., Павлова Я. С. Оценка быков-производителей линии Вис Бэк Ай-диала в зависимости от длительности их использования // Современные проблемы и технологии в животноводстве: Сборник трудов по итогам Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, посвященной 95-летию со дня рождения Заслуженного деятеля науки РФ, почетного работника ВПО РФ, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии, заведующего кафедрой «Разведение сельскохозяйственных животных» с 1981 г. по 1991 г. Прахова Льва Павловича. Нижний Новгород, 2023. С. 93–100.

53. Горелик О. В., Федосеева Н. А., Горелик А. С., Харлап С. Ю. Влияние уровня голштинизации на воспроизводительные качества коров // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2024. № 2 (77). С. 126–130.

54. Горелик О. В., Горелик А. С., Ребезов М. Б., Харлап С. Ю. Оценка влияния генотипа по голштинской породе на продуктивные качества коров // Аграрная наука. 2025. № 2. С. 101–107. DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-101-107.

55. Харлап С. Ю., Горелик А. С., Горелик О. В., Ребезов М. Б. Воспроизводительные качества коров с разной степенью инбредности // Аграрная наука. 2025. № 4: 88–94. DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-88-94.

Об авторах:

Светлана Анатольевна Гриценко, доктор биологических наук, доцент, заведующая кафедрой кормления, гигиены животных, технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия; ORCID 0000-0003-2334-4925, AuthorID 304056. E-mail: zf.usavm@mail.ru

Максим Борисович Ребезов, доктор сельскохозяйственных наук, кандидат ветеринарных наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральный научный центр пищевых систем им. В. М. Горбатова Российской академии наук, Москва, Россия; профессор кафедры биотехнологии и пищевых продуктов, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-0857-5143, AuthorID 419764. E-mail: rebezov@ya.ru

Аббас Ахрор угли Хакназаров, аспирант, Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия; ORCID 0000-0002-9633-1933, AuthorID 1268507. E-mail: xaknazarov007@mail.ru

Денис Гафарович Мухамбетов, аспирант, Южно-Уральский государственный аграрный университет, Троицк, Россия; ORCID 0000-0002-9333-1968, AuthorID 1276078. E-mail: den12.07@mail.ru

References

1. Gerzanich M. V., Gorelik O. V., Kharlap S. Yu. Efficiency of using cows-daughters of different sires. *Youth and Science* [Internet]. 2023 [cited 2025 Jan 03]; 11. URL: <https://min.urgau.ru/images/2023/11-2023/26-11-2023.pdf>. (In Russ.)

2. Gorelik O. V., Fedoseeva N. A., Kharlap S. Yu., Gorelik A. S., Gorelik V. S. The effectiveness of using the daughters of Holstein bulls for milk production. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2024; 4 (79): 99–103.

3. Gorelik A. S., Rebezov M. B., Gorelik O. V. Evaluation of bulls-producers of the holstein breed by the quality of the offspring. *Agrarian Science*. 2023; 11: 34–40. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-376-11-34-40. (In Russ.)

4. Fedoseeva N. A., Gorelik O. V., Voronov M. V. Evaluation of sires of related groups of the Ues Ideale line by daughter productivity. *From modernization to advanced development: ensuring competitiveness and scientific leadership of the agro-industrial complex*. Ekaterinburg, 2022; 141–144. (In Russ.)

5. Krupin E. O., Shakirov Sh. K. Changes in individual diagnostic markers of carbohydrate, lipid and mineral metabolism in dairy cows due to feeding. *Agrarian Science*. 2023; 2: 30–34. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-367-2-30-34. (In Russ.)

6. Shevkhuzhev A. F., Pogodaev V. A. Meat productivity of Simmental bulls and crossbreeds with bloodline (½ Simmental + ½ Aberdeen Angus), (½ Simmental + ½ Kalmyk). *Agrarian Scientific Journal*. 2023; 4: 92–99. DOI: 10.28983/asj.y2023i4pp92-99. (In Russ.)

7. Kravchenko V. Beef market: from production growth to export. *Animal Husbandry of Russia*. 2022; 10: 7–8. (In Russ.)

8. Rebezov M. B., Gorelik O. V., Neverova O. P., Kelin Yu. V. The relationship of milk characteristics of cows of the Vis Back Ideal 1013415 line depending on age. *Bulletin of Osh State University*. 2024; 1: 54–65. DOI: 10.52754/16948610_2024_1_6. (In Russ.)

9. Vil L. G., Nikitina M. M., Blinova N. S. The efficiency of growing Hereford cattle of the Andrianov type with year-round grazing. *Agrarian Science*. 2023; 1: 44–48. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-366-1-44-48. (In Russ.)

10. Fatkullin R. R., Belookov A. A., Ermolova E. M., Rebezov M. B., Maksimova R. A. A way to improve the

safety and productive qualities of young cattle. *Agrarian Science*. 2023; 9: 43–46. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-374-9-43-46. (In Russ.)

11. Loretts O. G., Belookov A. A., Gritsenko S. A., Gorelik O. V. The efficiency of em-technology in growing for meat bull-calves of black-motley breed. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2016; 1 (143): 25–28. (In Russ.)

12. Musaeva M. N., Aliyev G. A., Musayev A. M. Methods for metabolic correction in cattle (review article). *Agrarian Science*. 2020; 7–8: 69–72. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-340-7-69-72. (In Russ.)

13. Gritsenko S. A., Kostomakhin N. M. Reproductive traits of cows of holstein breed and dynamics of their changes during productive life. *Chief Livestock Specialist*. 2023; 3 (236): 22–31. DOI: 10.33920/sel-03-2303-03. (In Russ.)

14. Iolchiev B. S., Kositsyna O. V., Sermyagin A. A., Dvalishvili V. G., Gusev I. V., Bagirov V. A., Osadchaya T. L., Pavlenko A. S. Milk productivity of queens, growth of purebred and crossbred young animals of the southern beef breed. *Agrarian Science*. 2024; 5: 51–55. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-382-5-51-55. (In Russ.)

15. Nikonova E. A., Yuldashbaev Yu. A., Kosilov V. I., Savchuk S. V. Peculiarities of nutrient metabolism in the body of a purebred and mixed young cattle. *Agrarian Science*. 2022; 5: 40–44. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-359-5-40-44. (In Russ.)

16. Nikonova E. A., Yuldashbaev Yu. A., Kosilov V. I. The influence of two- or three-breed crossing of young animals of different sexes and directions of productivity on the intake and use of dietary nutrients. *Agrarian Science*. 2022; 9: 59–64. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-362-9-59-64. (In Russ.)

17. Popov N. A., Shchegolkov N. F. Determination of the genetic value of animals of breeding groups for custom mating in the population of the Red-Mottled breed. *Agrarian Science*. 2024; 7: 79–84. DOI: 10.32634/0869-8155-2024-384-7-79-84. (In Russ.)

18. Vil L. G., Nikitina M. M. Comparative characteristics of families of Hereford cattle of the Andrianovsky type. *Agrarian Science*. 2022; 4: 34–40. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-358-4-34-40. (In Russ.)

19. Godzhiev R. S., Gogaev O. K., Tukfatulin G. S. Formation of meat productivity in young cattle under different feeding conditions. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University*. 2019; 1: 86–91. (In Russ.)

20. Kizaev M. A., Azhmuldinov E. A., Titov M. G. Productive qualities of bull calves of different genotypes in the industrial technology of beef production. *Vestnik of the Bashkir State Agrarian University*. 2019; 2 (50): 78–81. (In Russ.)

21. Gritsenko S. A. Evaluation of meat productivity of black-and-white bulls of different genotypes in the conditions of the Southern Urals (continued). *BIO*. 2018; 10 (217): 25–31. (In Russ.)

22. Loretts O. G., Gorelik O. V., Gorelik A. S. Productive qualities and efficiency of using daughters of different sires. *Agrarian science and production: implementation of innovative technologies in the agro-industrial complex: collection of articles prepared within the framework of the All-Russian scientific and practical conference*. Ekaterinburg, 2022; 90–96. (In Russ.)

23. Gukezhev V. M., Gabaev M. S., Zhashuev Zh. Kh. Level of genetic diversity of stud bulls and the possibility of their differentiated use. *Agrarian Russia*. 2020; 5: 38–41. DOI: 10.30906/1999-5636-2020-5-38-41. (In Russ.)

24. Gontyurev V. A., Makayev Sh. A., Iskanderova A. P., Kapitsa E. A. Results of evaluation of breeding bulls of the Kazakh white-headed breed and testing of their offspring for their own productivity. *Bulletin of Meat Cattle Breeding*. 2013; 1 (79): 33–37. (In Russ.)

25. Nemtseva E. Yu., Sergeeva N. V. Evaluation of breeding bulls by origin, quality of offspring and sperm production. *Development of agricultural science as the most important condition for the effective functioning of the country's agro-industrial complex: materials of the All-Russian scientific and practical conference*. Cheboksary, 2018; 268–272. (In Russ.)

26. Koshchaev A. G., Svyatenko T. S., Smirnova O. G., Gorelik O. V., Gorelik A. S., Kharlap S. Yu., Neverova O. P. The productive qualities of the first heifers from different producing bulls. *Proceedings of the Kuban State Agrarian University*. 2024; 113: 226–234. DOI: 10.21515/1999-1703-113-226-234. (In Russ.)

27. Nemtseva E. Yu., Popova M. G. Evaluation of Holstein breeding bulls by origin and quality of offspring. *Modern development of animal husbandry in the context of the emergence of digital agriculture (on the 80th anniversary of the birth of Doctor of Agricultural Sciences, Professor Vasilii Nikolaevich Pristupa): Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 180th anniversary of the Don State Agrarian University*. Persianovskiy, 2020; 137–140. (In Russ.)

28. Ignatyeva N. L., Lavrentiev A. Yu., Danilova N. V. Productivity of daughters of bulls of different selection for linear evaluation of exterior. *Agrarian Russia*. 2018; 8: 25–28. (In Russ.)

29. Shishkina T. V., Skvortsov S. M. The role of evaluation of breeding bulls in animal breeding. *Initiatives of the young – for science and production: collection of articles of the II All-Russian scientific and practical conference for young scientists and students*. Penza, 2021. Pp. 191–195. (In Russ.)

30. Abilov A. I., Shemetyuk S. A., Pyzhova E. A., Dunin M. I. Age-related and seasonal dynamics of sperm production of Aberdeen-angus bull sires. *Agrarian Science*. 2020; 3: 35–38. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-336-3-35-38. (In Russ.)
31. Shalnev O. V., Gorelik O. V. Evaluation of Holstein breeding bulls of the VIS back Ideal line: Wizard 120754720 and Lazarit 62398872 by the quality of offspring. *Modern aspects of production and processing of agricultural products: collection of materials of the round table*. Ekaterinburg, 2023; 176–178. (In Russ.)
32. Gorelik O. V., Likhodeevskaya O. E., Kharlap S. Yu., Gorelik A. S. Dynamics of assessment results for the quality of the offspring of Holstein bulls. *Theory and Practice of World Science*. 2024; 3: 37–42. (In Russ.)
33. Gorelik O. V. Influence of the sire on the weight growth of daughters. *Integration of education, science and practice in the agro-industrial complex: problems and prospects: collection of materials of the III international scientific and practical conference*. Lugansk, 2023; 174–176. (In Russ.)
34. Mymrin V. S., Neverova O. P., Gorelik O. V., Gorelik A. S., Gyrnets E. A., Koshchaev A. G. Evaluation of bulls-producers of the reflection covering line on the quality of offspring. *Transactions of the Kuban State Agrarian University*. 2023; 108: 176–181. DOI: 10.21515/1999-1703-108-176-181. (In Russ.)
35. Gorelik O. V., Kharlap S. Yu., Kelin Yu. V., Obozina E. A. The results of sires evaluation on offsprings quality. *Bulletin of the Vyatka State Agricultural Academy* [Internet]. 2020 [cited 2025 Jan 03]; 3 (5). URL: <https://vvgsha.info/2020/09/29/rezultaty-ocenki-bykov-proizvoditelej-po-kachestvu-potomstva>. (In Russ.)
36. Gorelik O. V., Kharlap S. Yu., Rebezov M. B., Gorelik A. S. The relationship of milk productivity and reproductive functions of Holstein cows. *Agrarian Science*. 2023; 12: 74–79. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-377-12-74-79. (In Russ.)
37. Popov N. A. Search for additional variability in the herd of Holstein cows. *Agrarian Science*. 2023; 2: 70–75. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-367-2-70-75. (In Russ.)
38. Maksimchuk M. G., Levina G. N. Milk productivity and reproduction function of Black-and-White holland cows of different genotypes. *Agrarian Science*. 2023; 8: 53–57. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-53-57. (In Russ.)
39. Abramova N. I., Bogoradova L. N., Vlasova G. S., Khromova O. L. Evaluation of breeding bulls in herds with different productivity levels. *Agricultural science at the present stage: state, problems, prospects: materials of the III scientific and practical conference with international participation*. Vologda – Molochnoe, 2020; 17–23. (In Russ.)
40. Mkrtchyan G. V., Bakay A. V., Bakay I. R. Inheritance of protein milk production of cows of different breeding. *Agrarian Science*. 2020; 2: 36–38. DOI: 10.32634/0869-8155-2020-335-2-36-38. (In Russ.)
41. Gorelik A. S., Rebezov M. B., Gorelik O. V., Temerbaeva M. V. The quality of milk of cows-daughters of different bulls-producers and assessment of its suitability for processing. *Agrarian Science*. 2022; 9: 30–36. DOI: 10.32634/0869-8155-2022-362-9-30-36. (In Russ.)
42. Popov N. A. genealogical structure and evaluation of Holstein breeding bulls. *Agrarian Science*. 2021; 7–8: 28–32. DOI: 10.32634/0869-8155-2021-351-7-8-28-32. (In Russ.)
43. Gorelik A. S., Rebezov M. B., Gorelik O. V. Features of making soft cheeses from the milk of cows-daughters of different bulls-producers. *Agrarian Science*. 2023; 1: 90–94. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-366-1-90-94. (In Russ.)
44. Gritsenko S. A., Khaknazarov A. A., Rebezov M. B. Productive qualities of Holstein cows of different generations, age in lactations and linear affiliation. *Agrarian Science*. 2023; 3: 74–79. DOI: 10.32634/0869-8155-2023-368-3-74-79. (In Russ.)
45. Gorelik O. V., Brjanzev A. Yu., Safronov S. L., Bobokova E. Influence of the age of cows on the dynamics of dairy efficiency depending on a breeding line. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. Krasnoyarsk, 2020; 42015. DOI: 10.1088/1755-1315/677/4/042015.
46. Gritsenko S. A. Effect of linear belonging and holstein thorough-breediness of steers on their performance indices. *Bulletin of the Orenburg State Agrarian University*. 2021; 4 (36-1): 117–119. (In Russ.)
47. Kelin Yu. V., Loretts O. G., Gorelik O. V. Evaluation of the relationship between milk traits in cows of different lines of the Holstein breed. *Innovative methods and technologies for increasing productivity in dairy farming: collection of materials*. Barnaul, 2023; 14–19. (In Russ.)
48. Shakirov Kh., Shayusupov B. Formation of exterior features in technological conditions of traditional keeping and feeding of Chinese Holstein cows. *E3S Web of Conferences. Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region" (UESF-2023)*. Chelyabinsk, 2023. DOI: 10.1051/e3sconf/202338903096.
49. Tsyganok V. O., Tsyganok E. O., Bakharev A. A. The use of genomic assessment in improving the productive qualities of Holstein cows. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (02): 218–231. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-02-218-231. (In Russ.)

50. Ignatieva N. L., Voronova I. V., Nemtseva E. Yu., Toboev G. M. Use of Holstein bulls in improvement of black pied cattle. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. "International AgroScience Conference, AgroScience 2021". Cheboksary, 2021. DOI: 10.1088/1755-1315/935/1/012025.

51. Dosmukhamedova M., Esanov A., Shakirov K., Khodjayev U. Caring methods of male and female Holstein breed cattle and improving high-productive cattle herds in the condition of Uzbekistan. *E3S Web of Conferences. Ser. Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region", UESF 2021*. Chelyabinsk, 2021. DOI: 10.1051/e3sconf/202125804029.

52. Gorelik O. V., Likhodeevskaya O. E., Pavlova Ya. S. Evaluation of stud bulls of the Vis Back Ideal line depending on the duration of their use. *Modern problems and technologies in animal husbandry: collection of papers based on the results of the All-Russian (national) scientific and practical conference dedicated to the 95th anniversary of the birth of Honored Scientist of the Russian Federation, Honorary Worker of the Higher Professional Education of the Russian Federation, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Nizhny Novgorod State Agricultural Academy, Head of the Department of "Breeding of Farm Animals" from 1981 to 1991 Lev Pavlovich Prakhov*. Nizhny Novgorod, 2023; 93–100. (In Russ.)

53. Gorelik O. V., Fedoseeva N. A., Gorelik A. S., Kharlap S. Yu. Influence of the Holsteinization level on the reproductive qualities of cows. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2024; 2 (77): 126–130. (In Russ.)

54. Gorelik O. V., Gorelik A. S., Rebezov M. B., Kharlap S. Yu. Assessment of the effect of the Holstein breed genotype on the productive qualities of cows. *Agrarian Science*. 2025; 2: 101–107. DOI: 10.32634/0869-8155-2025-391-02-101-107. (In Russ.)

55. Kharlap S. Yu., Gorelik A. S., Gorelik O. V., Rebezov M. B. Reproductive qualities of cows with varying degrees of inbred. *Agrarian Science*. 2025; 4: 88–94. DOI: 10.32634/0869-8155-2025-393-04-88-94. (In Russ.)

Authors' information:

Svetlana A. Gritsenko, doctor of biological sciences, associate professor, head of the department of feeding, animal hygiene, technology of production and processing of agricultural products, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia; ORCID 0000-0003-2334-4925, AuthorID 304056. *E-mail*: zf.usavm@mail.ru

Maksim B. Rebezov, doctor of agricultural sciences, candidate of veterinary sciences, professor, chief researcher, V. M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; professor of the department of biotechnology and food products, department of biotechnology and food products, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-0857-5143, AuthorID 419764.

E-mail: rebezov@ya.ru

Abbos A. Khaknazarov, postgraduate, South Ural State Agrarian University, Troitsk, Russia; ORCID 0000-0002-9633-1933, AuthorID 1268507. *E-mail*: xaknazarov007@mail.ru

Denis G. Mukhambetov, postgraduate, South Ural State Agrarian University Troitsk, Russia; ORCID 0000-0002-9333-1968, AuthorID 1276078. *E-mail*: den12.07@mail.ru

Гибриды лилейника в лесостепи Западной Сибири

Л. Л. Седельникова

Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

E-mail: lusedelnikova@yandex.ru

Аннотация. Большое разнообразие культиваров *Hemerocallis hybrida* hort. рода *Hemerocallis* L. – красоднев, лилейник (семейство *Hemerocallidaceae* R. Br.) – занимает ведущее место среди цветочно-декоративных растений при использовании в открытом грунте в России и за рубежом. В лесостепной зоне Западной Сибири проводится многолетнее сортоиспытание лилейников, которые представляют ценность как декоративная культура. Трансформация генотипических признаков у лилейников возможна путем использования селекционных методов и отбора адаптированных гибридов к местным условиям возделывания. Сведений о проведении селекционных работ в Сибири не отмечено. Оригинальность данного исследования заключается в получении гибридных семян путем не только межсортового скрещивания, но и свободного самоопыления сортов *H. hybrida* в лесостепной зоне Новосибирской области, а также в выявлении и оценке их практических качеств, что составляет новизну и актуальность данной работы. **Цель исследования** – изучение селекционных возможностей сортов *H. Hybrid*, культивируемых в лесостепной зоне Западной Сибири, и отбор перспективных гибридов. **Методы.** Гибридологический анализ основан на использовании метода межсортовой гибридизации и отбора гибридов первого поколения. **Результаты.** Исходя из полученных биометрических данных, установлена специфика наследования морфологических признаков по окраске и форме цветка, облику, продолжительности и срокам цветения. Проанализированы рост и развитие семян лилейника, их морфобиологическая значимость при многолетнем (2014–2024 гг.) возделывании в Сибирском регионе. Выявлены результативные родительские сорта с положительной оплодотворяющей способностью. Обоснованы метробиологические факторы среды, влияющие на семенную продуктивность гибридов. Установлена возможность получения гибридов с новыми генотипами. **Научная новизна** исследования заключается в том, что впервые в условиях лесостепной зоны Новосибирской области проведены скрещивание 30 сортообразцов *H. hybrida* и отбор гибридов от межсортового и свободного опыления. Выявлены закономерности наследования морфологических признаков, отобрано и описано 18 гибридных семян, устойчивых и перспективных по хозяйственно-биологическим качествам к условиям лесостепной зоны Западной Сибири.

Ключевые слова: лилейник, селекция, сорта, межсортовая гибридизация, самоопыление, гибриды, лесостепная зона, Новосибирская область

Благодарности. Работа выполнена по Программе фундаментальных исследований по теме «Анализ биоразнообразия, сохранение и восстановление редких и ресурсных видов растений с использованием экспериментальных методов» в рамках госзадания Центрального сибирского ботанического сада СО РАН по проекту № АААА-А21-121011290025-2.

Для цитирования: Седельникова Л. Л. Гибриды лилейника в лесостепи Западной Сибири // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 05. С. 758–768. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-758-768>.

Дата поступления статьи: 21.01.2025, **дата рецензирования:** 02.04.2025, **дата принятия:** 04.04.2025.

Daylily hybrids in the forest-steppe of Western Siberia

L. L. Sedelnikova

Central Siberian Botanical Garden Siberian Branch of the Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia

E-mail: lusedelniva@yandex.ru

Biology and biotechnologies

Abstract. A wide variety of *Hemerocallis hybrida* hort. cultivars of the genus *Hemerocallis* L. – red daylily, daylily (family *Hemerocallidaceae* R. Br.) occupies a leading place among flower-ornamental plants when used in open ground in Russia and abroad. In the forest-steppe zone of Western Siberia, long-term variety testing of daylilies is carried out, which are valuable as an ornamental crop. Transformation of genotypic traits in daylilies is possible by using selection methods and selecting hybrids adapted to local cultivation conditions. There is no information on selection work in Siberia. The originality of this study lies in the production of hybrid seedlings by not only interbreeding, but also free self-pollination of *H. hybrida* varieties in the forest-steppe zone of the Novosibirsk region, as well as in identifying and evaluating their practical qualities, which represents the novelty and relevance of this work. **The purpose** of the study is to investigate the breeding potential of *H. hybrida* varieties cultivated in the forest-steppe zone of Western Siberia and to select promising hybrids. **Methods.** Hybridological analysis is based on the use of the method of intervarietal hybridization and selection of first-generation hybrids. **Results.** Based on the obtained biometric data, the specificity of inheritance of morphological traits for flower color and shape, abundance, duration and timing of flowering was established. The growth and development of daylily seedlings, their morphobiological significance in long-term (2014–2024) cultivation in the Siberian region were analyzed. Productive parental varieties with positive fertilizing ability were identified. Metrological environmental factors influencing the seed productivity of hybrids were substantiated. The possibility of obtaining hybrids with new genotypes was established. **Scientific novelty** of the study is that for the first time in the conditions of the forest-steppe zone of the Novosibirsk region, 30 varieties of *H. hybrida* were crossed and hybrids were selected from intervarietal and free pollination. The patterns of inheritance of morphological features were revealed, 18 hybrid seedlings were selected and described, resistant and promising in terms of economic and biological qualities to the conditions of the forest-steppe zone of Western Siberia.

Keywords: daylily, selection, varieties, intervarietal hybridization, self-pollination, hybrids, forest-steppe zone, Novosibirsk region

Acknowledgements. The work was carried out under the Basic Research Program on the topic “Analysis of biodiversity, conservation and restoration of rare and resource plant species using experimental methods” within the framework of the state assignment of the Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences under project No. AAAA-A21-121011290025-2.

For citation: Sedelnikova L. L. Daylily hybrids in the forest-steppe of Western Siberia. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (05): 758–768. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-758-768>. (In Russ.)

Date of paper submission: 21.01.2025, **date of review:** 02.04.2025, **date of acceptance:** 04.04.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

При культивировании цветочно-декоративных растений приоритетным направлением является разработка морфобиологических основ ценных родовых комплексов с большим сортовым разнообразием, к которым принадлежит род *Hemerocallis* L. (лилейник, красоднев) семейства красодневовых *Hemerocallidaceae* R. Br. В связи с этим нами проводится не только многолетнее сортоизучение *Hemerocallis hybrida* hort. – лилейника гибридного [1], но и селекционная работа по получению межсортных адаптированных гибридов к сибирским условиям. Сортное разнообразие *H. hybrida*, их генетическое происхождение в основном положены на сложных межвидовых и межсортных скрещиваниях, и первые отечественные сорта появились в России в конце 50-х годов XX века. В настоящий

период селекция новых сортов лилейников широко развернута за рубежом, где зарегистрировано более 72 000 сортов [1; 2]. Большинство из них имеют диплоидный набор хромосом ($2n = 22$). Современное направление в селекции основывается на выведении тетраплоидных ($4n = 44$) и пентаплоидных ($5n = 55$) сортов. Однако эти зарубежные сорта, имея высокие декоративные качества, не всегда доступны и устойчивы при возделывании в сибирских условиях. Селекционные исследования проводятся в отдельных регионах России в основном с использованием диплоидных сортов [3; 4]. В целом морфобиологические, фитохимические, фармакологические особенности лилейников всесторонне изучаются на всех континентах [5–17]. Их используют в озеленении не только как декоративные растения, но и как биоиндикаторы загрязненной урбанизированной

© Sedelnikova L. L., 2025

среды [12; 18–19]. Селекционные работы по отбору декоративных и устойчивых гибридов лилейников в Сибирском регионе неизвестны и в основном направлены на сортоиспытание сортов зарубежной селекции. Это позволило подойти к проведению межсортовых скрещиваний сортов *H. hybrida*, культивируемых на юге Новосибирской области, отбору их гибридов и гибридов от самоопыляемых сортообразцов, что представляет новизну и актуальность данной работы.

Цель исследования – изучение селекционных возможностей сортов лилейника гибридного, культивируемых в лесостепной зоне Западной Сибири, и отбор перспективных гибридов.

Методология и методы исследования (Methods)

Объектом исследования служили 18 гибридов лилейника, полученных от межсортового скрещивания и свободного опыления 30 сортов *Heimerocallis hybrida* hort. из биоресурсной научной коллекции ЦСБС СО РАН «Коллекции живых растений в открытом и закрытом грунте», УНУ № USU 440534 (рис. 1). Эти сорта по результатам многолетнего возделывания в Центральном сибирском ботаническом саду показали себя как высокодекоративные, зимостойкие и устойчивые в условиях лесостепной зоны Западной Сибири [1, 2]. Климат района интродукции континентальный, с продолжительным снежным зимним периодом с ноября по март, резкими перепадами среднесуточных температур с весны до осени. Погода летом жаркая и влажная, в июне доходит днем до +20 °C. Самый жаркий месяц – июль, в котором никогда не бывает заморозков. Средняя дневная температура составляет +19...+25 °C, иногда доходит до +30 °C. В июне и июле атлантические циклоны часто приносят дожди, что составляет около 70 % нормы осадков. В августе иногда наблюдается похолодание, в конце месяца температура снижается до +15 °C. Осень в Новосибирской области наступает в сентябре, температура воздуха понижается, но в отдельные дни она составляет даже +20 °C. В начале октября среднесуточная температура составляет +5 °C. Основные гидрометеорологические многолетние показатели по Новосибирску состоят в том, что средняя продолжительность безморозного периода длится 120–124 дня, а за последние пять лет увеличивается в среднем на 10–15 дней. Продолжительность солнечного сияния за год составляет 2077 часов, число дней без солнца – 67. Средняя годовая температура воздуха – 0,2 °C, абсолютный максимум температуры воздуха равен +37 °C, абсолютный минимум составляет –40 °C. Сумма осадков за год – 425 мм, за теплый период (апрель – октябрь) – 330 мм, холодный (ноябрь – март) – 95 мм, вегетационный период – 205 мм. Продолжительность теплого периода со среднесуточной температурой 0 °C – 188 дней, холодного – 177 дней. Продолжительность пери-

ода со среднесуточной температурой выше 5 °C – 158 дней, выше 10 °C – 122 дня, выше 15 °C – 77 дней. Сумма температур выше 10 °C – 1920 °C [20]. Среднегодовая сумма осадков за вегетационные периоды 2020–2024 гг. составляла 219,7 мм. Средняя продолжительность безморозного вегетационного периода в эти годы изменялась от 122 до 160 дней, сумма осадков – от 150,5 до 265,7 мм, влажность воздуха – от 62,0 до 70,8 %. Эти годы вегетации отличались от слабо-засушливо-теплых с гидро-термическим коэффициентом (ГТК) 0,81–0,84, в 2020–2021, 2023 гг. до умеренно-увлажненно-теплых (ГТК = 0,75 в 2022 г.) и увлажненно-теплых (ГТК = 1,11 в 2024 г.) сезонных периодов с суммой положительных температур выше 0 °C от 2055,4 °C до 2420,5 °C.

Работа по межсортовому скрещиванию сортов *H. hybrida* проводилась в течение 15 лет (2002–2015 гг., 2019–2020 гг.). В 2020–2024 гг. нами проведен отбор гибридных семян по морфобиологическим признакам. В качестве материнских (♀) и отцовских (♂) растений использованы сорта Buffy's Doll, President Marcus, Stafford, Fashion Garty, Cara Mia, Solid Scarlett, Close Chaild, Nashville, George Cunningham, Bambery Crismas, King of Hearts, Buzz Bomb, Regal Air, Red Fountain, Blushing Belle, Luxury Lace, Sea Gould, Cherry Lace (см. рис. 1). Применено около ста родительских пар. В скрещиваниях использовали диплоидные ($2n = 22$) и позднее тетраплоидные сорта ($4n = 44$), у последних семена в основном были абортированы. Опыление проводили в период массового цветения сортов, во II–III декадах июля и I декаде августа, в дневное время (12–14 часов). Семена собирали во II декаде сентября, стратифицировали при температуре 5–10 °C в холодильнике за 30–35 дней до посева. Сеянцы выращивали в теплице, на третий год они вступали в генеративный период, и их пересаживали в открытый грунт. Далее проведен отбор и гибридологический анализ гибридов (сеянцев) первого поколения (F_1). Подробное описание методик и ссылок на них приведено в работе [1].

Результаты (Results)

Использование межсортового скрещивания показало неоднородность завязывания семян в плоде в разные годы вегетации. Это связано с рядом причин, среди которых одна из основных состоит в том, что не у всех сортов *H. hybrida* высокая фертильность пыльцы, которая в среднем составляла 30–50 %. Многие сорта обладают полигенными признаками в хромосомном наборе, что способствует несовместимости при гибридизации. Цветки сортообразцов обоеполы, имеют аллогамный тип опыления, связанный как с гейтеногамией, так и ксеногамией. Продолжительность жизни одного цветка зависит от сорта и внешних факторов, где он культивируется и в среднем длится в дневное

время 10–14 часов. У цветков наблюдается явление дихогамии (неодновременного созревания тычинок и рыльца), а также пространственно-временные механизмы изоляции. Тем не менее в условиях сибирского лета у отдельных сортов отмечено явление

самоопыления за счет сближения репродуктивных органов к концу цветения одного цветка, что создает возможность автогамного опыления. Свободное опыление осуществляется также энтомофильно с помощью шмелей и пчел.

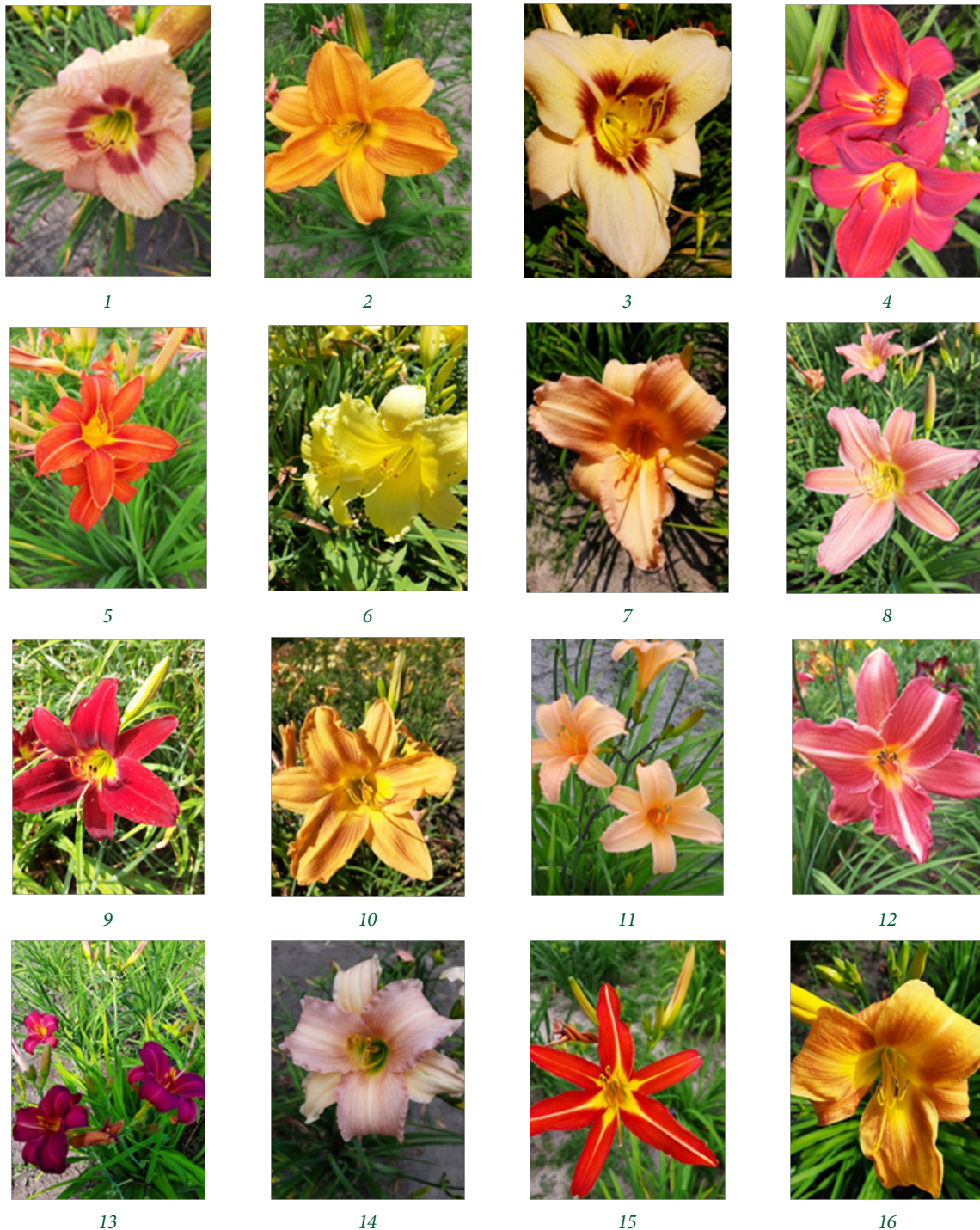


Рис. 1. Цветение сортов лилейников, используемых в межсортных скрещиваниях: 1 – Buffy's Doll, 2 – Bambery Crismas, 3 – Beloved Country, 4 – Buzz Bomb, 5 – Deep Garnet, 6 – Presedent Marcus, 7 – Fashion Garty, 8 – Cara Mia, 9 – Full Rewild, 10 – Blushing Belle, 11 – George Cunningham, 12 – Cherry Lace, 13 – Little wine Cup, 14 – Luxury Lace, 15 – Nashville, 16 – Nob Hill

Fig. 1. Flowering of daylily varieties, used in intervarietal crosses: 1 – Buffy's Doll, 2 – Bambery Crismas, 3 – Beloved Country, 4 – Buzz Bomb, 5 – Deep Garnet, 6 – Presedent Marcus, 7 – Fashion Garty, 8 – Cara Mia, 9 – Full Rewild, 10 – Blushing Belle, 11 – George Cunningham, 12 – Cherry Lace, 13 – Little wine Cup, 14 – Luxury Lace, 15 – Nashville, 16 – Nob Hill

Наиболее результативными в межсортных скрещиваниях отмечены следующие комбинации родительских пар у таких сортов – ♀ Awaited Hourse × ♂ Green Wood Hall (желто-тыквенный × кремово-желтый), ♀ Deep Garnet × ♂ Little wine Cup (бордово-коричневый × брусничный), ♀ Stafford × ♂ Fashion Garty (желто-тыквенный × персиково-розовый), ♀ Fashion Queen × ♂ Solid Scarlett (абрикосово-желтый × темно-бордовый), ♀ Buffy's Doll × ♂ Deep Garnet (розовый × бордово-коричневый), ♀ Close Chailde × ♂ Red Fountain (абрикосовый × бордовый), ♀ Fashion Queen × ♂ Nashville (персиково-желтый × бордово-коричневый), ♀ George Cunningham × ♂ Bambery Crismas (розово-абрикосовый × горчично-коричневый), ♀ King of Hearts × ♂ Bambery Crismas (бархатисто-черный × горчично-коричневый), ♀ George Cunningham × ♂ Buzz Bomb (розово-абрикосовый × красный), ♀ Regal Air × ♂ Red Fountain (темно-бордовый × темно-красный до черного), ♀ Stafford × ♂ Regal Air (желто-тыквенный × темно-бордовый), ♀ Stafford × ♂ Emerald Joy (желто-тыквенный × светло-лимонный), ♀ Luxury Lace × ♂ Emerald Joy (нежно-розовый × светло-лимонный), ♀ Emerald Joy × ♂ Red Fountain (светло-лимонный × черный), ♀ Sea Gould × ♂ Regal Air (желтый × темно-бордовый), ♀ Krasovsky × ♂ Chinence Chariot (светло-бордовый × светло-вишневый), ♀ Chinence Chariot × ♂ Krasovsky (светло-вишневый × светло-бордовый). Установлено, что реальная семенная продуктивность (РСП) в результате искусственного скрещивания сортообразцов была в 2–3 раза ниже потенциальной семенной продуктивности (ПСП). При межсортной гибридизации число семян в плоде было незначительно и варьировало от минимального до максимального значения 1–19 шт. При использовании в скрещиваниях в качестве материнского или отцовского растения у таких сортов, как Regal Air, George Cunningham, Luxury Lace, Buzz Bomb, Solid Scarlett, Speak to me, семена завязываются в разные агрометеорологические вегетационные периоды. Использование в скрещиваниях таких сортов, как Revolut, Edna Spalding, Full Rewild, Tiny Toy, Christopher Columbus, King of Hearts, показало, что при искусственном оплодотворении в плодах семена не завязывались и большинство их были абортированы. Таким образом, проявлялась неоднородность завязывания семян у лилейников Новосибирской репродукции при межсортном скрещивании. На результаты опыления сильное влияние оказывали погодные условия в период цветения (высокая дневная температура воздуха либо повышенная влажность воздуха после сильных дождей, которые наблюдали после опыления), а также сортовая самонесовместимость. Это приводило к небольшой завязываемости семян или их отсутствию, что отмечено в сухие вегетационные

периоды 2003, 2012, 2015, 2017, 2020, 2021 годов и влажные вегетационные периоды 2002, 2007, 2009, 2018, 2022, 2024 годов, где реальная семенная продуктивность была в 2–3 раза ниже потенциальной.

Отмечено, что при свободном опылении у интродуцируемых сортов Regal Air, Lady Hesketh, Nob Hill, Melody Lane, Fashion Queen, Luxury Lace, Buzz Bomb, Bambery Crismas, Presedent Marcus, Full Rewild, Beloved Country, Cherry Lace, Emerald Joy реальная семенная продуктивность выше в 4–16 раз, чем при скрещивании растений этих сортов, и в среднем составляла от 16 до 87 шт. в одном плоде.

Гибринологический анализ показал, что доминирование окраски цветка происходит как по материнской, так и по отцовской линии, но в соотношении 3 : 1 у гибридов F_1 , у которых проведен нами в дальнейшем отбор. Так, от скрещивания Deep Garnet × Little wine Cup отобраны по форме цветка сеянцы с оранжево-коричневой, розово-абрикосовой, абрикосово-малиновой окрасками (с условными названиями гибридов Шоколадница, Памяти Мэн, Иван да Анна, Людмила). При скрещивании сортов Buffy's Doll × Deep Garnet получены сеянцы с темно-бордовой, коричнево-бордовой, абрикосово-розовой окраской околоцветника (с условными названиями гибридов Китаец, Радость, Екатерина, Памяти Алеши). Выделены сеянцы по форме цветка для разных групп: спайдер, трубчатые, миниатюрные, обильно цветущие (в одном соцветии 3–4 цветка цветут одновременно), ремонтантные (повторно цветущие), раннецветущие, высокорослые (с условными названиями гибридов Ранняя Радость, Привет из Сибири, Сибирская Высота, Сибирский Лимон). Многие из них успешно развиваются и размножаются в лесостепи Приобья. Фенологические данные показали, что некоторые гибридные сеянцы (Екатерина, Шоколадница, Ясное Солнышко, Высота Сибири, Иван да Анна) зацветают на 7–10 дней раньше, чем исходные родительские сорта, что важно для условий короткого периода вегетации в Сибири. Морфометрические показатели по высоте растений, размеру и числу цветка в одном соцветии, числу генеративных побегов в одном кусте отличаются индивидуальными параметрами у отобранных гибридов (таблица 1).

Приводим описание 18 перспективных гибридных сеянцев по окраске и форме цветка, размеру пятилетнего куста (рис. 2).

Высота Сибири – цветок с сильным ароматом, насыщено-бордово-брусничной окраски, с желтым пятном к горлу, тычинки светло-бордовые, рыльце желтое, 2 цветка цветут одновременно в соцветии, есть восьмилепестковые цветки, форма цветка узко-воронковидная, колокольчатая. Края долей волнистые, соцветие значительно выше листа. Лист светло-зеленый (75–80 см), узкий, куст 100–143 см.

Таблица 1

Фенологические и морфометрические (min–max) параметры гибридных сеянцев лилейника при культивировании в Центральном сибирском ботаническом саду

Гибрид	Родители ♀ × ♂	Фенодата начала цветения	Высота, см	Число гене- ративных побегов, шт.	Число цветков, шт.	Размер цветка, см
Высота Сибири	Little wine Cup × Deep Garnet	13.07–21.07	130–160	19–24	19–25	10–13
Екатерина	Buffy's Doll × Deep Garnet	19.06–03.07	105–114	11–14	24–25	14–16
Иван да Анна	Deep Garnet × Little wine Cup	19.06–10.07	70–90	9–10	30–31	13–15
Ирина	C. o.* Cherry Lace	11.07–17.07	83–92	15–18	13–17	10–13
Китаец	Buffy's Doll × Deep Garnet	10.07–14.07	80–100	10–11	30–36	12–13
Людмила	Deep Garnet × Little wine Cup	23.07–30.07	70–85	6–7	13–15	14–15
Малиновая Заря	C. o.* Cara Mia	13.07–27.07	80–95	21–22	13–20	11–12
Незнакомка	C. o.* Luxury Lace	28.07–30.07	70–85	6–7	13–15	14–15
Нежные переливы	C. o.* Beloved Country	14.07–25.07	70–85	6–7	13–15	13–14
Обилие	C. o.* Full Rewild	20.07–22.07	70–95	19–20	25–30	15–19
Памяти Алеши	Buffy's Doll × Deep Garnet	18.07–26.07	68–82	10–14	18–25	12–14
Привет из Сибири	C. o.* Nashville	09.07–16.07	100–105	5–8	15–16	18–20
Радость	Buffy's Doll × Deep Garnet	11.07–17.07	95–100	14–15	15–20	15–16
Сибирский Лимон	C. o.* President Marcus	14.07–22.07	114–138	12–14	20–22	10–12
Сибирский Рыжик	C. o.* Nob Hill	20.07–27.07	115–120	4–6	30–37	13–15
Шоколадница	Deep Garnet × Little wine Cup	26.06–30.07	85–100	13–14	18–20	12–16
Успех Дрягиной	Deep Garnet × Little wine Cup	16.07–26.07	70–85	12–14	8–10	11–13
Ясное Солнышко	C. o.* Blushing Belle	15.07–26.07	104–115	20–21	30–33	12–14

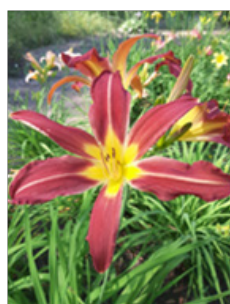
Примечание. * C. o. – свободное опыление.

Table 1

Phenological and morphometric (min – max) parameters of hybrid daylily seedlings during cultivation in the Central Siberian Botanical Garden

Hybrid	Parents ♀ × ♂	Phenodate of the beginning of flowering	Height, cm	Number of generative shoots, pieces	Number of flowers, pieces	Flower size, cm
Ysota Sibiri	Little wine Cup × Deep Garnet	13.07–21.07	130–160	19–24	19–25	10–13
Ekaterina	Buffy's Doll × Deep Garnet	19.06–03.07	105–114	11–14	24–25	14–16
Ivan da Anna	Deep Garnet × Little wine Cup	19.06–10.07	70–90	9–10	30–31	13–15
Irina	OP* Cherry Lace	11.07–17.07	83–92	15–18	13–17	10–13
Kitaets	Buffy's Doll × Deep Garnet	10.07–14.07	80–100	10–11	30–36	12–13
Lyudmila	Deep Garnet × Little wine Cup	23.07–30.07	70–85	6–7	13–15	14–15
Malinovaya Zarya	OP* Cara Mia	13.07–27.07	80–95	21–22	13–20	11–12
Neznakomka	OP* Luxury Lace	28.07–30.07	70–85	6–7	13–15	14–15
Nezhnye perelivy	OP* Beloved Country	14.07–25.07	70–85	6–7	13–15	13–14
Obilie	OP* Full Rewild	20.07–22.07	70–95	19–20	25–30	15–19
Pamyati Aleshi	Buffy's Doll × Deep Garnet	18.07–26.07	68–82	10–14	18–25	12–14
Privet iz Sibiri	OP* Nashville	09.07–16.07	100–105	5–8	15–16	18–20
Radost'	Buffy's Doll × Deep Garnet	11.07–17.07	95–100	14–15	15–20	15–16
Sibirskiy Limon	OP* President Marcus	14.07–22.07	114–138	12–14	20–22	10–12
Sibirskiy Ryzhik	OP* Nob Hill	20.07–27.07	115–120	4–6	30–37	13–15
Shokoladnitsa	Deep Garnet × Little wine Cup	26.06–30.07	85–100	13–14	18–20	12–16
Uspekh Dryaginoy	Deep Garnet × Little wine Cup	16.07–26.07	70–85	12–14	8–10	11–13
Yasnoe Solnyshko	OP* Blushing Belle	15.07–26.07	104–115	20–21	30–33	12–14

Note. * OP – open pollination.



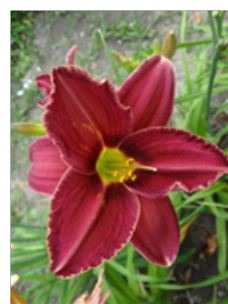
Привет из Сибири
Privet iz Sibiri



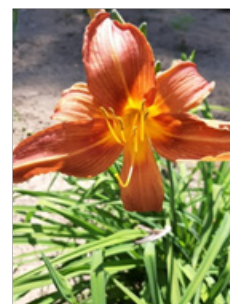
Екатерина
Ekaterina



Нежные Переливы
Nezhnye perelivy



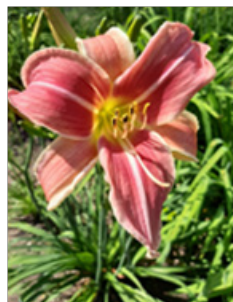
Памяти Алеши
Pamyati Aleshi



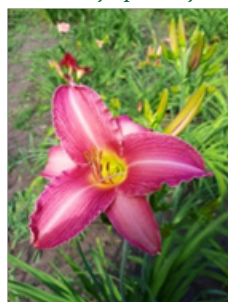
Шоколадница
Shokoladnitsa



Людмила
Lyudmila



Радость
Radost'



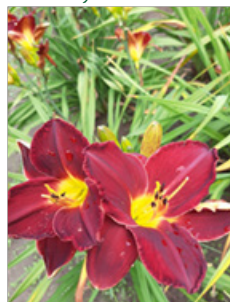
Ирина
Irina



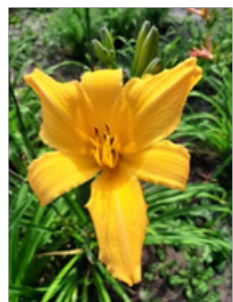
Сибирский Лимон
Sibirskiy Limon



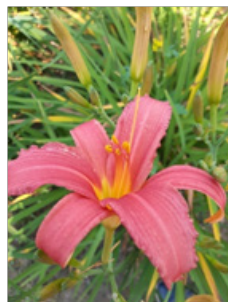
Китаец
Kitaets



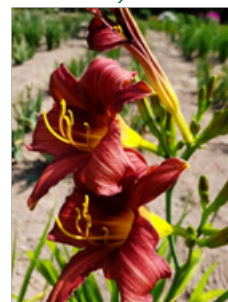
Успех Дрягиной
Uspek Dryaginiy



Ясное Солнышко
Yasnoe Solnyshko



Малиновая Заря
Malinovaya Zarya



Высота Сибири
Vysota Sibiri



Сибирский Рыжик
Sibirskiy Ryzhik



Иван да Анна
Ivan da Anna



Незнакомка
Neznakomka



Обилие
Obilie

Рис. 2. Гибриды лилейника селекции Центрального сибирского ботанического сада
Fig. 2. Daylily hybrids selection of the Central Siberian Botanical Garden

Екатерина – цветок с нежным ароматом, светло-оранжевый, с бордовым пятном, переходящим к основанию долей в желтое, горло зеленое, тычинки и рыльце желтые, форма цветка треугольная, одновременно цветет по 2 цветка, имеются цветки с 10–12 лепестками околоцветника. Край долей мелкофрированные, соцветие выше листа. Лист светло-зеленый, куст 105–110 см.

Иван да Анна – цветок с нежным ароматом, коричнево-бордовый однотонный, с желтым пятном, горло желтое, тычинки и рыльце оранжевые, форма цветка округлая. Край долей волнистые, соцветие выше листа. Лист светло-зеленый, куст 60–65 см.

Ирина – цветок без аромата, ярко-малиновый, с розовой полосой по середине каждого лепестка, горло зеленое, тычинки фиолетовые, рыльце светло-розово-брусничное, форма цветка треугольная,

есть восьмилепестковые цветки. Края долей мелкогофрированные, соцветие на уровне или немного ниже листа. Лист светло-зеленый, куст 60–65 см.

Китаец – цветок без аромата, светло-абрикосовый, с небольшим светло-малиновым пятном, горло зеленое, форма цветка звездчатая, 9 лепестков, 2 цветка одновременно. Края долей мелкогофрированные, соцветие выше листа. Лист светло-зеленый, куст 70–80 см.

Людила – цветок без аромата, лососево-розовый, со светло-малиновым пятном, переходящим к основанию в желтое на трех внутренних долях околоцветника, горло зеленое, тычинки и рыльце светло-розовые, форма цветка дисковидная. Края долей гофрированные. Лист светло-зеленый, куст 80–85 см.

Малиновая Заря – цветок со слабым ароматом, темно-брусничный однотонный, со светло-розовой полосой по середине каждого лепестка, к его основанию небольшое желтое пятно, горло зеленое, тычинки желтые, рыльце брусничное, форма цветка дисковидная. Края долей мелкогофрированные, соцветие на уровне или немного выше листа. Лист светло-зеленый, узкий, куст 80–85 см.

Незнакомка – цветок со слабым ароматом, светло-розово-сиреневатый, со светло-малиновым пятном, переходящим в лимонное к основанию на трех внутренних долях околоцветника и белой полосой на лепестках, горло зеленое, тычинки и рыльце светло-малиновые, форма цветка звездчатая. Края долей гофрированные. Лист светло-зеленый, куст 80–85 см.

Нежные переливы – цветок без аромата, нежно-абрикосово-розовый, с малиновым пятном, переходящим к горлу в желтое, форма цветка треугольная, тычинки и рыльце светло-малиновые. Лист светло-зеленый узкий, куст 80–85 см.

Обилие – цветок со слабым ароматом, светло-бордово-коричневый, со светло-желтой полосочкой по середине каждого лепестка, горло зеленое, тычинки желтые, рыльце светло-коричневое, 2 цветка цветут одновременно в соцветии, форма цветка треугольная. Лист темно-зеленый широкий (3,0 см), куст 85–100 см.

Памяти Алеши – цветок с нежным ароматом, темно-вишневый однотонный, с темно-вишневым до черного пятном, переходящим к основанию в желтую окантовку, горло зеленое, тычинки бордовые, рыльце желтое, форма цветка звездчатая. Края долей мелкогофрированные, соцветие выше листа. Лист светло-зеленый, куст 60–65 см.

Привет из Сибири – цветок с нежным ароматом, доли узкие темно-бордовые, с лимонным пятном, форма цветка паукообразная (группа спайдер), тычинки и рыльце желтые. Обильно цветущий, 2–4 цветка цветут одновременно в соцветии. Лист светло-зеленый широкий, куст 100–110 см.

Радость – цветок с нежным ароматом, светло-малиновый, с белой полосой по середине каждого лепестка, горло желто-зеленое, форма цветка треугольная, тычинки и рыльце светло-розовые, 2–3 цветка цветут одновременно в соцветии. Края долей мелкогофрированные, соцветие выше листа. Лист темно-зеленый, куст 90–95 см.

Сибирский Лимон – цветок с сильным ароматом, лимонный однотонный, горло лимонное, тычинки и рыльце лимонные, 2 цветка цветут одновременно в соцветии, по 9–10 лепестков в соцветии, форма цветка дисковидная. Края долей мелкогофрированные, соцветие значительно выше листа. Лист светло-зеленый, куст 80–90 см.

Сибирский Рыжик – цветок с сильным ароматом, светло-оранжевый, со светло-желтым пятном со светло-бордовым кантом на трех внутренних долях околоцветника, горло желтое, форма цветка звездчатая. Края долей волнистые. Лист светло-зеленый, куст 80–95 см.

Шоколадница – цветок с нежным ароматом, темно-коричневый однотонный, с тонкой желтой полосочкой по середине каждого лепестка, с небольшим темно-бордовым пятном к основанию долей, горло зеленое, тычинки и рыльце желтые, внутренние доли околоцветника широкие, внешние узкие отогнуты кзади, форма цветка треугольная. Края долей гофрированные, соцветие выше листа. Лист светло-зеленый, куст 80–90 см.

Успех Дрягиной – цветок со слабым ароматом, темно-бордовый однотонный, с небольшим желтым пятном, горло желтое, тычинки и рыльце светло-бордовые, форма цветка звездчатая. Края долей мелкогофрированные, соцветие чуть выше листа. Лист темно-зеленый, куст 70–80 см.

Ясное Солнышко – цветок без аромата, желто-оранжевый однотонный, горло зеленое, тычинки и рыльце оранжевые. Края долей гофрированные, форма цветка звездчатая. Лист зеленый, куст 110–120 см.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Многолетние интродукционные испытания лилейников позволили использовать межсортовую гибридизацию и отобрать 18 перспективных гибридов для условий лесостепной зоны Западной Сибири. Отмечена неоднородность завязывания семян лилейника Новосибирской репродукции при межсортовом скрещивании. Показано, что на опыление сильное влияние оказывали метеорологические факторы в период массового цветения, которые выражены в неустойчивых и резких перепадах среднесуточных температур воздуха от 17 до 30 °С и выше или повышенной влажности воздуха (от 62,0 до 71,0 %) после дождей, а также сортовая самонесовместимость, что сопутствовало низкой завязываемости семян или их отсутствию.

Гибридологический анализ показал доминирование окраски, формы и размера цветка с преобладанием материнских признаков в три раза по сравнению с отцовскими. Определено шесть высокорослых гибридов: Высота Сибири, Сибирский Лимон, Ясное Солнышко, Екатерина, Привет из Сибири, Сибирский Рыжик, высота растений которых 105–160 см; десять среднерослых гибридов: Шоколадница, Радость, Иван да Анна, Обилие, Ирина, Китаец, Людмила, Малиновая Заря, Незнакомка, Нежные Переливы с высотой растений 95–100 см; два гибрида низкорослых: Памяти Алешки, Успех Дрягиной с высотой растений 70–85 см. Выделено пять гибридов раннецветущих, начало цветения которых наступало со II–III декады июля: это Шоколадница, Екатерина, Ясное Солнышко, Высота Сибири, Иван да Анна. У гибридов Обилие, Екатерина сильно выражен признак обильности формирования от 19 до 31-го цветка в соцветии при одновременном цветении от 2 до 3 и более цветков. Выделены гибриды Обилие, Привет из Сибири, Радость с размерами цветка от 15 до 20 см, которые определены в группу гигантских лилейников. У таких гибридов, как Малиновая Заря, Обилие, Ясное Солнышко, Шоколадница, ежегодно в одном кусте закладывается от 18 до 22 генеративных побегов. Причем определена такая закономерность, что при небольшом количестве формирования генеративных побегов в кусте (6–11 шт.) у гибридов Иван да Анна, Китаец, Сибирский Рыжик на одном побеге закладывается большое число цветков (30–37 шт.). Отмечено наследование треугольной и звездчатой формы цветка у шести гибридов, дисковидной у трех и колокольчатой (узко-воронковидной) у Высоты Сибири, паукообразной у Привета из Сибири, округлой у гибрида Иван да Анна. Отмечено, что у гибрида Екатерина ежегодно в соцветиях формируются цветки с 10–12-ю лепестками околоцветника,

что дает возможность использования пыльцы этого гибрида для получения семян с махровыми цветками. Определена генотипическая изменчивость у гибридов, которая выражена в фенотипической окраске цветков (коричнево-бордовой, оранжево-абрикосовой, розово-сиренево-малиновой, светло-лимонной), полученных от скрещивания девяти комбинационных родительских пар и от девяти отборных гибридов свободного самоопыления. При этом семена от родителей в F_1 приобретали доминирующие признаки окраски цветка, такие как красный, коричневый, бордовый. Проявление промежуточных (смешанных) признаков окраски цветка (розовая, сиреневая), очевидно, связано с неполным кодминированием. К рецессивным признакам у лилейников, как и у большинства таксонов, отнесены цветки с белой окраской, махровые, которые реже проявляются в потомстве. Наиболее результативные в комбинационных скрещиваниях отмечены диплоидные сорта Deep Garnet, Little wine Cup, Buffy's Doll и сорта-доноры от самоопыления Cara Mia, Cherry Lace, Luxury Lace, Beloved Country, Full Rewild, Nashville, President Marcus, Nob Hill, Blushing Belle, от которых отобрано потомство. Несмотря на то что семенная продуктивность сортов и гибридов невысокая, получен положительный результат отбора 18 перспективных семян по окраске и форме долей околоцветника, прошедших многолетнее интродукционное испытание в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН. Установлено, что в Сибирском регионе возможно проводить селекционные исследования по межсортовой гибридизации лилейников и отбору семян от самоопыляемых сортов, что определяет успешность целенаправленного получения биологически устойчивого потомства для рационального использования в условиях лесостепной зоны Западной Сибири.

Библиографический список

1. Седельникова Л. Л. Ранжирование сортов лилейника гибридного коллекции ЦСБС СО РАН и перспективы рационального использования // Аграрный Вестник Урала 2022. № 9 (224). С. 47–58. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-47-58.
2. The American *Hemerocallis* Society, online cultivar database [Электронный ресурс]. URL: <http://www.daylilydatabase.org/> (дата обращения: 17.01.2024).
3. Антропова Н. В. Доноры полезных признаков (*Hemerocallis* L.) лилейника гибридного // Вестник Алтайского Государственного аграрного университета, 2020. № 6 (188). С. 85–90.
4. Антропова Н. В. Продолжительность и продуктивность элитных гибридов лилейника *Hemerocallis* L. в условиях лесостепи Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2021. № 9 (203). С. 25–29. DOI: 10.53083/1996-4277-2021-209-09-25-29.
5. Окач М. А., Мухамедова С. В. Лилейники коллекции ботанического сада-института ПГТУ // Вестник ПГТУ. 2020. № 4 (48). С. 50–60. DOI: 10.25.686/8306-2827.2020.4/50.
6. Окач М. А., Мухамедова С. В., Харисова К. В., Полканова А. С., Якупова Г. И. Цветение среднерослых сортов лилейника в условиях Республики Марий Эл // Сельское хозяйство. 2020. № 3. DOI: 10.7256/2453-8809.2020.3.33772.

7. Приходько С. А., Макогон И. В. Коллекции и экспозиции цветочно-декоративных растений Донецкого ботанического сада // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2020. № 156. С. 28–36. DOI: 10.36305/2712-7788-2020-3-156-28-36.
8. Szewczyk K., Miazga-Karska M., Pierzak W., Komsta L., Krzeminska B., Grzywa-Celinska A. Phenolic composition and skin-related properties of the aerial parts extract of different *Heemerocallis* cultivars // Medicine, Chemistry, Antioxidants. 2020. Vol. 9, No. 8. Article number 690. DOI: 10.3390/antiox9080690.
9. Селиверстова Е. Н., Щегринцев Н. В. Болезни и вредители лилейника гибридного (*Heemerocalis*) в Ставропольском ботаническом саду // Вестник АПК Ставрополя. 2020. Т. 1, № 37. С. 71–74. DOI: 10.31279/2222-9345-2020-9-37-71-74.
10. Li X., Jang S., Cui J., Qin X. Progress genus *Heemerocallis* in traditional uses, phytochemistry and pharmacology // The Journal of Horticultural Science and Biotechnology. 2021. Vol. 97, No. 3. DOI: 10.1080/14620316.20211988728.
11. Sedelnikova L. Ontomorphogenesis of some species of *Heemerocallis* genus in the conditions of the forest-steppe zone of the Novosibirsk region // BIO Web Conferences. 2021. Vol. 31. DOI: 10.1051/bioconf/20213100025.
12. Пятинина И. С., Реут А. А., Жигунова О. Ю., Крюкова А. В., Анищенко И. Е., Шигалов З. Х. Комплексная оценка сортов лилейника гибридного в условиях лесостепной зоны Башкирского Предуралья // Известия ТСХА. 2022. № 4. С. 33–47. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-4-33-47.
13. Седельникова Л. Л., Кукушкина Т. А. Биологически активные и запасные вещества в вегетативных органах *Heemerocallis hybrida* сорта Bambery Crismas // Химия растительного сырья. 2022. № 1. С. 153–160. DOI: 10.14258/jcprm.2022019544.
14. Bano A., Khan J. The effect of *Pseudomonas putida* and Spermine of growth and bioactive metabolites of *Heemerocallis fulva* L. leaves // Russian Journal Plant Physiology 2022. Vol. 69, No. 6. DOI: 10.1134/S1021443722060024.
15. Zhou X., Zhou S., Wei J., Zhou Y. Volatile metabolomics and chemometric study provide insight the formation of the characteristic cultivar aroma of *Heemerocallis* // Medicine. Food Chemistry. 2022. No. 404 (PtB). Article number 134495. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.134495.
16. Li X. K., Cui J. L., Wang J. H., Wang M. L., Metabolic and transcriptional regulatory mechanisms of differential carbohydrates formation from flower buds to flowers of *Heemerocallis citrina* // Scientia Horticulturae. 2023. Vol. 308. Article number 111553. DOI: 10.1016/j.scienta.2022.111553.
17. Pincekova L., Janciova E., Berkes D., Gyepes R., Kalarovic A., Caletkova O. Total synthesis of Hemero-callisamine I paved by Gram-Scale synthesis of (2S, 4S)-4-Hydroxylutamic acid lactone // Chemistry Molecules. 2023. Vol. 28, No. 5. Article number 2177. DOI: 10.3390/molecules280522177.
18. Седельникова Л. Л., Цандекова О. Л. Исследование биохимического состава в листьях представителей рода *Heemerocallis* L. в условиях городов Новосибирской области // Химия растительного сырья. 2022. № 3. С. 151–158. DOI: 10.14258/jcprm.20220311110.
19. Пятинина И. С., Бастамова Р. И., Реут А. А., Сафиуллина Л. М., Шакурова Э. Р. Исследование элементного состава растений рода *Heemerocallis* L., произрастающих на территории республики Башкортостан // Вестник Башкирского университета. 2021. Т. 26, №4. С. 944–949.
20. Погода и климат Новосибирска и Новосибирской области [Электронный ресурс]. URL: https://climate-energy.ru/weather/archive_weather_296380.php (Огурцово, Новосибирская область) (дата обращения: 22.10.2024).

Об авторе:

Людмила Леонидовна Седельникова, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия; ORCID 0000-0002-1122-2421, AuthorID 164902. E-mail: lusedelnikova@yandex.ru

References

1. Sedelnikova L. L. Ranking of hybrid daylily varieties from the collection of the Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences and prospects for rational use. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2022; 9 (224): 47–58. DOI: 10.32417/1997-4868-2022-224-09-47-58. (In Russ.)
2. The American *Heemerocallis* Society, online cultivar database [Internet]. 2024 [cited 2024 Jan. 17]; 2. Available from: <http://www.daylilydatabase.org/>.
3. Antropova N. V. Donors of useful traits (*Heemerocallis* L.) of hybrid daylily. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2020; 6 (188): 85–90. (In Russ.)

4. Antropova N. V. Duration and productivity of elite daylily hybrids *Hemerocallis* L. in the forest-steppe conditions of the Altai Territory. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2021; 9 (203): 25–29. DOI: 10.53083/1996-4277-2021-209-09-25-29. (In Russ.)
5. Okach M. A., Mukhamedova S. V. Daylilies of the collection of the Botanical Garden – Institute of Perm State Technical University. *Bulletin of Perm State Technical University*. 2020; 4 (48): 50–60. DOI: 10.25.686/8306-2827.2020.4/50. (In Russ.)
6. Okach M. A., Mukhamedova S. V., Kharisova K. V., Polkanova A. S., Yakupova G. I. Flowering of medium-sized varieties of daylily in the conditions of the Republic of Mari El. *Agriculture*. 2020; 3. DOI: 10.7256/2453-8809.2020.3.33772. (In Russ.)
7. Prikhod'ko S. A., Makogon I. V. Collections and exhibitions of flower and ornamental plants of the Donetsk Botanical Garden. *Plant biology and gardening: theory, innovations*. 2020; 156: 28–36. DOI: 10.36305/2712-7788-2020-3-156-28-36. (In Russ.)
8. Szewczyk K., Miazga-Karska M., Pierzak W., Komsta L., Krzeminska B., Grzywa-Celinska A. Phenolic composition and skin-related properties of the aerial parts extract of different *Hemerocallis* cultivars. *Medicine, Chemistry, Antioxidants*. 2020; 9 (8):690–699. DOI: 10.3390/antiox9080690.
9. Seliverstova E. N., Shchegrinets N.V. Diseases and pests of hybrid daylily (*Hemerocallis*) in the Stavropol Botanical Garden. *Bulletin of the AIC of Stavropol*. 2020; 1 (37): 71–74. DOI: 10.31279/2222-9345-2020-9-37-71-74. (In Russ.)
10. Li X., Jang S., Cui J., Qin X. Progress genus *Hemerocallis* in traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2021; 97 (3). DOI: 10.1080/14620316.20211988728.
11. Sedelnikova L. Ontomorphogenesis of some species of *Hemerocallis* genus in the conditions of the forest-steppe zone of the Novosibirsk region. *BIO Web. Conferences VI International Scientific Conference "Problems of Industrial Botany of Industrially Developed Regions"*. 2021; 31. DOI: 10.1051/bioconf/20213100025.
12. Pyatina I. S., Reut A. A., Zhigunova O. Yu., Kryukova A. V., Anishchenko I. E., Shigalov Z. Kh. Comprehensive assessment of hybrid daylily varieties in the forest-steppe zone of the Bashkir Cis-Urals. *Izvestia of the Timeryazev Agricultural Academy*. 2022; 4: 33–47. DOI: 10.26897/0021-342X-2022-4-33-47. (In Russ.)
13. Sedelnikova L. L., Kukushkina T. A. Biologically active and reserve substances in the vegetative organs of *Hemerocallis hybrida* variety Bambery Crismas. *Chemistry of Plant Raw Materials*. 2022; 1: 153–160. DOI: 10.14258/jcpm.2022019544. (In Russ.)
14. Bano A., Khan J. The effect of *Pseudomonas putida* and Spermine of growth and bioactive metabolites of *Hemerocallis fulva* L. leaves. *Russian Journal Plant Physiology* 2022; 69(6): DOI: 10.1134/S1021443722060024.
15. Zhou X., Zhou S., Wei J., Zhou Y. Volatile metabolomics and chemometric study provide insight the formation of the characteristic cultivar aroma of *Hemerocallis*. *Medicine. Food chemistry*. 2022; 404: (PtB): 134495. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.134495.
16. Li X. K., Cui J. L., Wang J. H., Wang M. L. Metabolic and transcriptional regulatory mechanisms of differential carbohydrates formation from flower buds to flowers of *Hemerocallis citrine*. *Scientia Horticulturae*. 2023; 308: 111553.
17. Pincekova L., Janciova E., Berkes D., Gyepes R., Kalarovic A., Caletkova O. Total synthesis of Hemerocallisamine I paved by Gram-Scale synthesis of (2S, 4S)-4-Hydroxylutamic acid lactone. *Chemistry Molecules*. 2023; 28 (5): 2177. DOI: 10.3390/molecules280522177.
18. Sedelnikova L. L., Tsandekova O. L. Study of the biochemical composition in the leaves of representatives of the genus *Hemerocallis* L. in the cities of the Novosibirsk region. *Chemistry of Plant Raw Materials*. 2022; 3: 151–158. DOI: 10.14258/jcpm.20220311110. (In Russ.)
19. Pyatina I. S., Bastamova R. I., Reut A. A., Safullina L. M., Shakurova E.R. Study of the elemental composition of plants of the genus *Hemerocallis* L. growing on the territory of the Republic of Bashkortostan. *Bulletin of the Bashkir University*. 2021; 26 (4): 944–949. (In Russ.)
20. Weather and climate of Novosibirsk and Novosibirsk region [Internet]. 2024 [cited 2024 Oct 10]; 2. Available from: https://climate-energy.ru/weather/archive._weather_296380.php (Ogurtsovo, Novosibirsk region). (In Russ.)

Author's information:

Lyudmila L. Sedelnikova, doctor of biological sciences, leading researcher, Central Siberian Botanical Garden of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russia; ORCID 0000-0002-1122-2421, AuthorID 164902. E-mail: lusedelnikova@yandex.ru

Влияние цитокининов на пролиферацию сортов яблони в культуре in vitro

Л. В. Ташматова, Т. М. Хромова, О. В. Мацнева[✉]

Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловская область, Россия

[✉]E-mail: tashmatova@orel.vniispk.ru

Аннотация. Цель исследования – определить наиболее оптимальный регулятор роста для повышения пролиферативной активности и выхода микропобегов, пригодных для укоренения. **Методы.** Объекты исследования – иммунные и устойчивые к парше сорта яблони Болотовское, Имрус, Ветеран, Кандиль орловский, Гирлянда, Приокское. Опыты были проведены в лаборатории биотехнологии отдела биотехнологии и молекулярной генетики с использованием приемов клонального микроразмножения. Для стимуляции пролиферативной активности использовали цитокинины 6-бензиламинопурин (БАП), тидиазурон (TDZ) и кинетин в различных концентрациях. **Научная новизна** заключается в том, что определены оптимальные концентрации цитокининов в составе питательных сред для повышения пролиферативной активности эксплантов яблони, а также для получения микропобегов, пригодных для этапа ризогенеза. **Результаты.** На основе полученных данных установили влияние на пролиферацию яблони сортовых особенностей, типа и концентрации цитокининов. Наибольшая пролиферативная активность у эксплантов яблони была отмечена на фоне БАП и тидиазурана. Однако необходимо учитывать концентрацию стимуляторов. Так, наиболее оптимальное содержание БАП для большинства сортов – 2,0 мг/л, тидиазурана – 0,2 мг/л. Повышение концентрации тидиазурана до 0,3 мг/л снижало значение коэффициента размножения. Для сортов Болотовское и Имрус применение БАП в концентрации 1,0 мг/л способствовало увеличению пролиферативной активности микропобегов. Использование тидиазурана у сорта Имрус вызывало образование витрифицированных микропобегов. При использовании кинетина коэффициент размножения не превышал значения 2,2. При всех концентрациях кинетина отмечали рост микропобегов в длину, делая их пригодными для этапа укоренения. Таким образом, кинетин рекомендуется использовать на стадии элонгации. Из исследуемых сортов наибольшей способностью к пролиферации отличался сорт Гирлянда, наименьшей – сорт Ветеран.

Ключевые слова: яблоня, микроразмножение, цитокинины, коэффициент размножения, пролиферирующие побеги, сортоспецифическая реакция

Для цитирования: Ташматова Л. В., Хромова Т. М., Мацнева О. В. Влияние цитокининов на пролиферацию сортов яблони в культуре in vitro // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 05. С. 769–778. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-769-778>.

Дата поступления статьи: 26.07.2024, **дата рецензирования:** 25.11.2024, **дата принятия:** 18.02.2025.

The influence of cytokinins on the proliferation of apple varieties in vitro culture

L. V. Tashmatova, T. M. Khromova, O. V. Matsneva✉

Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK), Zhilina village, Oryol region, Russia

✉E-mail: tashmatova@orel.vniispk.ru

Abstract. The purpose is to determine the most optimal growth regulator for increasing proliferative activity and the yield of microshoots suitable for rooting. **Methods.** The objects of the study are immune and scab-resistant apple varieties Bolotovskoe, Imrus, Veteran, Kandil Orlovskiy, Girlyanda, Priokskoe. The experiments were carried out in the biotechnology laboratory of the Department of Biotechnology and Molecular Genetics using clonal micropropagation techniques. To stimulate proliferative activity, cytokinins were used: 6-benzylaminopurine (BA), thidiazuron (TDZ) and kinetin in various concentrations. **The scientific novelty** consists in the fact that optimal concentrations of cytokinins in the composition of nutrient media have been determined to increase the proliferative activity of apple tree explants, as well as to obtain microshoots suitable for the rhizogenesis stage. **Results.** Based on the data obtained, the influence of varietal characteristics, type and concentration of cytokinins on the proliferation of apple trees was established. The greatest proliferative activity in apple tree explants was observed against the background of BA and thidiazuron. However, the concentration of stimulants must be taken into account. Thus, the most optimal content of BA for most varieties is 2.0 mg/l and thidiazuron is 0.2 mg/l. Increasing the concentration of thidiazuron to 0.3 mg/l reduced the value of the multiplication factor. For the Bolotovskoye and Imrus varieties, the use of BA at a concentration of 1.0 mg/l contributed to an increase in the reproduction coefficient. The use of thidiazuron in the Imrus variety caused the formation of vitrified microshoots. When using kinetin, the multiplication factor did not exceed 2.2. At all kinetin concentrations, microshoots grew in length, making them suitable for the rooting stage. Thus, kinetin is recommended for use during the elongation stage. Of the studied varieties, the variety Girlyanda had the greatest ability to proliferate, and the variety Veteran had the least ability.

Keywords: apple tree, micropropagation, cytokinins, reproduction coefficient, proliferating shoots, variety-specific reaction

For citation: Tashmatova L. V., Khromova T. M., Matsneva O. V. The influence of cytokinins on the proliferation of apple varieties in vitro culture. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (05): 769–778. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-769-778>. (In Russ.)

Date of paper submission: 26.07.2024, **date of review:** 25.11.2024, **date of acceptance:** 18.02.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Яблоня (*Malus × domestica* Borkh.; *Rosaceae*) – важная плодовая культура, которая выращивается в основном в регионах мира с умеренным климатом и играет важную роль в сбалансированном питании населения России [1]. В мире производится большое количество фруктов: яблоки, груши абрикосы, персики и др. Но именно яблокам отдается явное предпочтение. По последним данным, 51 страна производит яблоки. Их валовой сбор в мире увеличился за последние 20 лет с 59 млн до 87 млн т. Площадь возделывания яблоневых садов в мире превышает 4 млн га. В России возделывается 200 000 га. [2; 3]. Таким образом, яблоня является очень распространенной и важной культурой, поэтому актуальным вопросом является создание новых урожайных сортов с высоким качеством плодов, устойчивостью к биотическим факторам и болезням. Для генетического улучшения сортов (привоев) и подвоев яблони был использован биотехнологический

метод – культивирование тканей *in vitro* [4; 5]. Этот метод обладает огромными возможностями размножения растительного материала для селекционных программ за более короткий период времени с меньшими трудозатратами и меньшими затратами по сравнению с традиционными методами клонального размножения, такими как почкование или прививка. Микроразмножение может предоставить селекционерам хорошую возможность для быстрого размножения редких или ценных генотипов, а также для поддержания сбора и обмена зародышевой плазмы *in vitro* и *in vivo* [6]. Метод культуры тканей *in vitro* имеет следующие преимущества:

- высокий коэффициент размножения;
- быстрое внедрение в производство высококачественного посадочного материала;
- эффективное оздоровление посадочного материала от вирусной, бактериальной и грибной инфекции, а также вредителей;

- выпуск высококачественного посадочного материала;
- повышение генетической однородности растительного материала;
- повышение урожайности;
- возможность проведения работы в лабораториях в течение круглого года и планирования выпуска растений к определённому сроку;
- длительное депонирование стерильных растений;
- обмен материалом в международном масштабе без риска занести карантинные объекты [7; 8].

Процесс клонального микроразмножения включает несколько стадий:

- 1) инициация эксплантов в культуру *in vitro*;
- 2) собственно микроразмножение;
- 3) ризогенез микропобегов;
- 4) адаптация к условиям *in vivo* [9].

На стадии размножения образование дополнительных побегов зависит от пролиферативной активности меристем латеральных почек, которая определяется генотипом, а также типом и концентрацией регуляторов роста [5; 10].

Выделяют природные и синтетические регуляторы роста. Метаболические процессы в растениях протекают при непосредственном участии эндогенных регуляторов роста, к которым относятся метаболиты растений. Одним из фитогормонов являются цитокинины. При клональном микроразмножении цитокинины способны снимать апикальное доминирование. Они необходимы для деления клеток, роста и дифференцировки растений. Цитокинины обладают многообразным физиологическим действием и жизненно важны для роста и развития растений. Они также замедляют старение органов и повышают их устойчивость к неблагоприятным условиям внешней среды [11].

В культуре *in vitro* для повышения интенсивности формирования адвентивных побегов чаще используют синтетические гормоны, такие как 6-бензиламинопурин (БАП), кинетин, 2-изо-пентениладенин (2-іР), тидиазурон (TDZ) [12–14].

Для индукции пролиферации пазушных меристем у микрорастений плодовых и ягодных культур рекомендуют использовать 0,5–3,0 мг/л 6-бензиламинопурина [6]. Добавление в питательную среду 2,0 мг/л вызывает повышение коэффициента размножения, но снижает число растений, пригодных к укоренению, так как образуются мелкие побеги со сближенными междоузлиями [15]. Для яблони лучше использовать 1,0 мг/л БАП [16; 17].

В исследованиях А. Какимжановой в Национальном центре биотехнологии при микроразмножении дикой яблони *Malus sieversii* оптимальный уровень пролиферации был получен при добавлении в питательную среду сочетания 0,75 мг/л БАП и 0,2 мг/л ГК [18].

В последние годы при клональном микроразмножении древесных растений хорошие результаты показывает тидиазурон (TDZ) [19]. Его особенность проявляется в том, что его можно использовать в качестве как цитокинина, так и ауксина [20; 21]. Предполагается, что TDZ способен выводить боковые почки из покоя, стимулирует синтез и накопление других эндогенных цитокининов, регулировку клеточных мембран, усвоение питательных веществ и лучшее усвоение питательных веществ тканями растений [22]. Однако при стимуляции пролиферации у некоторых сортов яблони с помощью TDZ часто приводит к деформации листьев и побегов, гипергидратации микропобегов [5].

Для снижения витрификации, которая может наблюдаться при использовании БАП и TDZ, рекомендуется использовать кинетин в концентрации 5,0 мг/л. Коэффициент размножения достигал 1,5 шт/эксплант. Также кинетин способствует вытяжению микропобегов [23].

В связи с этим целью наших исследований было определить наиболее оптимальный регулятор роста для повышения пролиферативной активности и выхода микропобегов, пригодных для укоренения.

Методология и методы исследования (Methods)

В качестве объектов исследований были выбраны иммунные и устойчивые к парше сорта яблони селекции ФГБНУ ВНИИСПК Болотовское, Имрус, Ветеран, Кандиль орловский, Гирлянда, Приокское. Микрорастения яблони были введены и размножены в культуре *in vitro* по предложенной для размножения яблони и груши методике О. В. Матушкиной [24]. Побеги яблони были взяты из открытого грунта в периоды начала вегетации (апрель) или активного роста (первая половина июня). Апексы выделяли из покоящихся апикальных и латеральных почек (весна) и апикальных почек молодых развивающихся побегов. Жизнеспособные экспланты, полученные на этапе введения, переносили на питательную среду для размножения с различными регуляторами роста. Собственно микроразмножение проводили на питательной среде Кворина – Лепуавра (QL), обогащенной сахарозой – 30 г, аскорбиновой кислотой – 1,5 мг/л, тиаминном HCl, пиридоксином HCl, никотиновой кислотой – 0,5 мг/л, хелатом железа ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ – 27,8 мг/л, $\text{Na}_2\text{ЭДТА}$ – 3 7,3 мг/л) и цитокининам: 6-бензиламинопурина (БАП) в концентрации 1,0 мг/л, 2,0 мг/л, тидиазурон (TDZ) в концентрации 0,1 мг/л, 0,2 мг/л, 0,3 мг/л, кинетин в концентрации 1,0 мг/л, 2,0 мг/л, 3,0 мг/л, 4,0 мг/л, 5,0 мг/л. Добавляли агар-агара 4,2 г/л, pH 5,8–6,0. Для сокращения затрат времени на приготовление питательных сред использовали маточные концентрированные растворы солей. Готовили отдельно растворы макро-, микросолей, солей кальция и хелатов. Хелат железа готовили путем растворения $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Na}_2\text{ЭДТА}$ (трилон Б) в стерильной

дистиллированной воде и последующим смешиванием этих двух веществ и кипячении в течение нескольких минут до полного растворения компонентов. Витамины готовили непосредственно перед составлением питательной среды либо готовили в небольшом объеме маточные растворы и хранили в холодильнике. Цитокинины растворяли в 0,1N растворе соляной кислоты при легком нагревании. Для хранения маточных растворов использовали бытовой холодильник. При приготовлении питательной среды все компоненты смешивали в нужных пропорциях.

Для стерилизации питательных сред использовали автоклав. Режим стерилизации: температура 120 °C, давление 1 атм в течение 15 минут.

Во время работы использовали стерильные лабораторную посуду, инструменты и другие сопутствующие материалы.

Операции изоляции и пересадки эксплантов осуществляли в условиях стерильного ламинар-бокса БАВнп-01-«Ламинар-С»-1,8 LORICA. Перед началом работы ламинар-бокс облучался бактерицидными ультрафиолетовыми лампами в течение 1 часа. Обработка внутренней поверхности и инструментов осуществляется с помощью 70-процентного раствора этанола. Обработку инструментов в процессе работы производили систематически перед каждой манипуляцией путем погружения в 70-процентный раствор этанола и последующего обжига в пламени спиртовки.

Пробирки и банки с микрорастениями помещали в культуральную комнату, где устанавливали освещенность 2500–3000 люкс, фотопериод 16/8 (16 часов – день, 8 часов – ночь), температуру 22–24 °C, влажность воздуха 50–60 %. Для освещения использовали светодиодные светильники.

Учет данных проводили через каждые 4–5 недель культивирования. Учитывали коэффициент размножения, который рассчитывали как среднее арифметическое от общего числа дополнительных побегов на эксплант, число микрочеренков, образовавших дополнительные побеги, и число побегов более 5 мм. Объем варианта по каждой концентрации составлял 30 микрочеренков (1 микрочеренок на 1 пробирку). Рассчитывали среднеквадратическое отклонение от средней арифметической. Обработка всех результатов исследований была проведена с применением метода дисперсионного анализа при помощи MS Excel.

Результаты (Results)

Известно, что в основе клонального микроразмножения растений лежит активация роста существующих в растении меристем в результате снятия апикального доминирования. Успешное протекание этого процесса обеспечивается либо удалением верхушечной меристемы, либо наличием в питательной среде всех компонентов, в том числе и ци-

токининов, в оптимальных концентрациях. Ранее проведенные исследования показали, что у культур и сортов растений имеется различная ответная реакция на тот или иной гормон роста, что обусловлено, по мнению Н. В. Кухарчик [25], их эндогенным содержанием и является генетически обусловленным признаком. Поэтому залогом успешного размножения яблони в культуре тканей является определение оптимального для конкретного сорта или группы сортов типа цитокинина и его концентрации.

Оценку реакции на добавление цитокининов в различных концентрациях у каждого из исследуемых сортов проводили по таким показателям, как число пролиферирующих микрочеренков от общего количества, значение коэффициента размножения пролиферирующих побегов и количество микропобегов, длина которых превышала 5 мм.

В контрольном варианте большое количество пролиферирующих микрочеренков наблюдали у сортов Болотовское и Кандиль орловский. Однако значение этого показателя не являлось максимальным для этих сортов. У сорта Ветеран при концентрации БАП 1,0 мг/л было самое низкое число микрочеренков, способных к пролиферации.

Повышение концентрации БАП до 2,0 мг/л привело к увеличению числа пролиферирующих микрочеренков у сортов Ветеран, Гирлянда и Приокское, незначительно у сортов Имрус и Кандиль орловский, а у сорта Болотовское несколько понизило данное значение.

Использование тидиазурана в концентрациях 0,1 мг/л снизило количество пролиферирующих микрочеренков по сравнению с контролем у всех сортов, кроме Ветерана. Самой оптимальной, вызывающей образование дополнительных побегов у большинства эксплантов, является концентрация TDZ 0,2 мг/л. У сорта Болотовское значение этого показателя было на уровне контроля. Для сорта Ветеран оптимальное содержание тидиазурана – 0,3 мг/л.

При использовании кинетина наблюдали снижение числа микрочеренков, образовавших дополнительные побеги у сортов Болотовское, Имрус, Кандиль орловский и Гирлянда. У сорта Ветеран при использовании кинетина в концентрации 4,0 мг/л и 5,0 мг/л были получены лучшие результаты по количеству пролиферирующих микрочеренков, превысив в четыре раза контроль (таблица 1).

Важным показателем при микроразмножении *in vitro* является коэффициент размножения, который рассчитывали как количество микропобегов, полученных за одно субкультивирование [26].

По результатам исследований было выявлено, что в среднем разницы между сортами по коэффициенту размножения не было, однако при детальном изучении каждого отдельного сорта прослеживается различная реакция генотипов на тип и концентрацию

цитокининов. Так, у сортов Болотовское и Имрус максимальное среднее количество регенерантов на один эксплант наблюдали в контрольном варианте и при добавлении в питательную среду 0,2 мг/л TDZ. Для сортов Кандиль орловский и Ветеран максимальные коэффициенты размножения получены при использовании TDZ в концентрации 0,2 мг/л.

У сортов Гирлянда и Приокское максимальное значение коэффициента было отмечено при БАП до 2,0 мг/л.

Повышение концентрации TDZ до 0,3 мг/л вызывало снижение пролиферативной активности в 1,5–2 раза.

При использовании кинетина наблюдали снижение коэффициента размножения у всех сортов яблони, кроме Ветерана.

Увеличение кинетина до 5,0 мг/л способствовало резкому снижению образования дополнительных микропобегов. Наиболее активная пролиферация под воздействием кинетина была отмечена при

концентрации 2,0–3,0 мг/л, однако она не превысила контрольные показатели.

В среднем по цитокининам наиболее оптимальным для размножения является БАП в концентрации 2,0 мг/л (таблица 2).

При рассмотрении доли хорошо развитых регенерантов сортов яблони наблюдается тенденция к снижению этого показателя при увеличении концентрации БАП и тидиазулона у сортов Кандиль орловский, Ветеран, Приокское. У сорта Болотовское повышение концентрации данных цитокининов стимулировало рост микропобегов в длину.

При использовании тидиазулона наблюдали специфическую реакцию сортов. После длительного культивирования микрочеренков на среде с этим цитокинином образовывались мелкие бледные побеги. У сорта Имрус тидиазурон вызывал витрификацию микропобегов и их отмирание уже со второго пассажа. Также наблюдали образование каллуса, особенно у сорта Имрус.

Таблица 1
Влияние типа цитокинина на число эксплантов, образовавших дополнительные побеги, %

Регуляторы роста, мг/л	Сорт						Среднее значение	НСР ₀₅
	Болотовское	Имрус	Кандиль орловский	Ветеран	Гирлянда	Приокское		
БАП 1,0 (контроль)	80,5	59,1	73,9	18,0	54,5	49,2	55,9	52,9
БАП 2,0	76,3	62,2	97,1	54,0	94,4	92,0	79,3	36,7
TDZ 0,1	74,3	33,6	42,9	61,5	34,0	27,3	45,6	29,2
TDZ 0,2	81,3	80,8	89,8	63,3	86,1	34,4	72,6	26,7
TDZ 0,3	37,6	61,3	52,6	71,0	58,9	40,3	53,6	22,1
Кинетин 1,0	30,5	33,2	—	35,0	43,1	33,0	35,4	58,8
Кинетин 2,0	27,2	11,3	31,2	48,3	42,3	—	32,01	188,3
Кинетин 3,0	40,0	44,3	40,0	36,4	58,9	—	43,9	28,9
Кинетин 4,0	64,0	78,6	45,9	78,2	23,0	—	57,9	38,3
Кинетин 5,0	54,1	32,0	58,1	74,8	40,0	—	51,8	30,3
Среднее значение	56,6	49,6	59,0	54,0	53,5	46,0		
НСР ₀₅	58,4	62,8	40,9	54,2	60,5	55,0		

Примечание. Прочерк означает отсутствие данных.

Table 1
Effect of cytokinin type on the number of explants that formed additional shoots, %

Growth regulators, mg/l	Variety						Average value	LSD ₀₅
	Bolotovskoe	Imrus	Kandil Orlovskiy	Veteran	Girlyanda	Priokskoe		
BA 1,0 (control)	80.5	59.1	73.9	18.0	54.5	49.2	55.9	52.9
BA 2,0	76.3	62.2	97.1	54.0	94.4	92.0	79.3	36.7
TDZ 0,1	74.3	33.6	42.9	61.5	34.0	27.3	45.6	29.2
TDZ 0,2	81.3	80.8	89.8	63.3	86.1	34.4	72.6	26.7
TDZ 0,3	37.6	61.3	52.6	71.0	58.9	40.3	53.6	22.1
Kinetin 1,0	30.5	33.2	—	35.0	43.1	33.0	35.4	58.8
Kinetin 2,0	27.2	11.3	31.2	48.3	42.3	—	32.01	188.3
Kinetin 3,0	40.0	44.3	40.0	36.4	58.9	—	43.9	28.9
Kinetin 4,0	64.0	78.6	45.9	78.2	23.0	—	57.9	38.3
Kinetin 5,0	54.1	32.0	58.1	74.8	40.0	—	51.8	30.3
Average value	56.6	49.6	59.0	54	53.5	46.0		
LSD ₀₅	58.4	62.8	40.9	54.2	60.5	55.0		

Note. A dash indicates no data.

Таблица 2

Влияние цитокининов на коэффициент размножения яблони

Регуляторы роста, мг/л	Сорт						Среднее значение	НСР ₀₅
	Болотовское	Имрус	Кандиль орловский	Ветеран	Гирлянда	Приокское		
БАП 1,0 (контроль)	3,1 ± 0,2	2,7 ± 0,3	2,7 ± 0,3	1,5 ± 0,1	3,1 ± 0,3	1,5 ± 0,2	2,4 ± 0,2	1,7
БАП 2,0	2,0 ± 0,1	2,1 ± 0,1	2,9 ± 0,2	2,1 ± 0,1	4,4 ± 0,2	4,3 ± 0,7	3,0 ± 0,4	2,2
ТДЗ 0,1	2,5 ± 0,4	1,9 ± 0,1	1,6 ± 0,2	2,2 ± 0,1	1,6 ± 0,1	1,4 ± 0,1	1,9 ± 0,2	1,5
ТДЗ 0,2	3,1 ± 0,3	2,6 ± 0,3	3,2 ± 0,3	2,4 ± 0,3	2,7 ± 0,3	2,1 ± 0,3	2,7 ± 0,3	1,8
ТДЗ 0,3	1,5 ± 0,1	2,2 ± 0,3	1,7 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,8 ± 0,2	1,6 ± 0,1	1,7 ± 0,1	0,5
Кинетин 1,0	1,8 ± 1,4	1,7 ± 0,2	—	1,7 ± 0,1	2,2 ± 0,2	1,2 ± 0,1	1,7 ± 0,4	1,4
Кинетин 2,0	1,9 ± 0,1	1,5 ± 0,2	1,3 ± 0,2	2,2 ± 0,2	2,2 ± 0,2	—	1,8 ± 0,2	0,7
Кинетин 3,0	1,9 ± 0,1	1,7 ± 0,2	1,6 ± 0,2	2,0 ± 0,3	2,2 ± 0,1	—	1,9 ± 0,2	0,9
Кинетин 4,0	1,6 ± 0,2	1,7 ± 0,1	1,6 ± 0,2	2,3 ± 0,2	1,5 ± 0,2	—	1,7 ± 0,2	0,7
Кинетин 5,0	1,4 ± 0,1	1,4 ± 0,3	1,4 ± 0,2	1,4 ± 0,2	1,4 ± 0,1	—	1,4 ± 0,2	0,5
Среднее значение	2,1 ± 0,3	1,9 ± 0,3	2,0 ± 0,2	1,9 ± 0,2	2,3 ± 0,2	2,0 ± 0,2		
НСР ₀₅	2,2	2,03	1,6	1,7	1,7	2,5		

Примечание. Прочерк означает отсутствие данных.

Table 2

The effect of cytokinins on the reproduction rate of apple trees

Growth regulators, mg/l	Variety						Average value	LSD ₀₅
	Bolotovskoe	Imrus	Kandil Orlovskiy	Veteran	Girlyanda	Priokskoe		
BA 1,0 (control)	3.1 ± 0.2	2.7 ± 0.3	2.7 ± 0.3	1.5 ± 0.1	3.1 ± 0.3	1.5 ± 0.2	2.4 ± 0.2	1.7
BA 2,0	2.0 ± 0.1	2.1 ± 0.1	2.9 ± 0.2	2.1 ± 0.1	4.4 ± 0.2	4.3 ± 0.7	3.0 ± 0.4	2.2
TDZ 0,1	2.5 ± 0.4	1.9 ± 0.1	1.6 ± 0.2	2.2 ± 0.1	1.6 ± 0.1	1.4 ± 0.1	1.9 ± 0.2	1.5
TDZ 0,2	3.1 ± 0.3	2.6 ± 0.3	3.2 ± 0.3	2.4 ± 0.3	2.7 ± 0.3	2.1 ± 0.3	2.7 ± 0.3	1.8
TDZ 0,3	1.5 ± 0.1	2.2 ± 0.3	1.7 ± 0.1	1.7 ± 0.1	1.8 ± 0.2	1.6 ± 0.1	1.7 ± 0.1	0.5
Kinetin 1,0	1.8 ± 1.4	1.7 ± 0.2	—	1.7 ± 0.1	2.2 ± 0.2	1.2 ± 0.1	1.7 ± 0.4	1.4
Kinetin 2,0	1.9 ± 0.1	1.5 ± 0.2	1.3 ± 0.2	2.2 ± 0.2	2.2 ± 0.2	—	1.8 ± 0.2	0.7
Kinetin 3,0	1.9 ± 0.1	1.7 ± 0.2	1.6 ± 0.2	2.0 ± 0.3	2.2 ± 0.1	—	1.9 ± 0.2	0.9
Kinetin 4,0	1.6 ± 0.2	1.7 ± 0.1	1.6 ± 0.2	2.3 ± 0.2	1.5 ± 0.2	—	1.7 ± 0.2	0.7
Kinetin 5,0	1.4 ± 0.1	1.4 ± 0.3	1.4 ± 0.2	1.4 ± 0.2	1.4 ± 0.1	—	1.4 ± 0.2	0.5
Average value	2.1 ± 0.3	1.9 ± 0.3	2.0 ± 0.2	1.9 ± 0.2	2.3 ± 0.2	2.0 ± 0.2		
LSD ₀₅	2.2	2.03	1.6	1.7	1.7	2.5		

Note. A dash indicates no data.

Повышение концентрации в питательной среде кинетина на фоне снижения коэффициента размножения и числа пролиферирующих микрочеренков вызывало рост в длину образовавшихся микропобегов. Те микрочеренки, которые не образовывали дополнительные микропобеги, продолжали расти в длину, достигая 30–35 мм. Такие микропобеги пригодны для укоренения либо для черенкования, если необходимо проводить дальнейшее размножение.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Успех клонального микроразмножения яблони в значительной степени зависит от пролиферативной активности микропобегов, на которую оказывают влияние генотип, состав среды и регуляторы роста растений, а также *in vitro* факторы окружающей среды [5]. Исследования показали существенное влияние цитокининов и их количество на регенера-

ционные процессы яблони на этапе размножения. На всем протяжении экспериментов прослеживалась сортоспецифическая реакция на использование цитокининов в различных концентрациях. В результате выполненных исследований были оптимизированы приемы повышения коэффициента размножения и стимуляции роста микропобегов в длину, делая их пригодными для этапа укоренения.

Было отмечено, что увеличение концентрации БАП повышало коэффициент размножения и снижало долю побегов, пригодных для укоренения, (кроме сортов Болотовское и Имрус).

Для сорта яблони Болотовское для повышения коэффициента размножения рекомендуется применять БАП в концентрации 1,0 мг/л и TDZ в концентрации 0,2 мг/л.

Таблица 3

Влияние типа цитокинина на выход микропобегов яблони более 5 мм, %

Регуляторы роста, мг/л	Сорт						Среднее значение	НСР ₀₅
	Болотовское	Имрус	Кандиль орловский	Ветеран	Гирлянда	Приокское		
БАП 1,0 (контроль)	63,9	66,9	70,2	83,6	69,8	88,0	73,7	33,8
БАП 2,0	69,5	64,1	60,0	77,3	66,8	63,5	66,9	27,3
ТДЗ 0,1	54,8	78,5	92,0	61,1	78,6	91,9	76,1	24,8
ТДЗ 0,2	52,0	70,1	57,0	78,2	56,0	82,6	66,0	32,4
ТДЗ 0,3	72,3	64,4	66,3	30,8	70,6	65,1	61,6	37,5
Кинетин 1,0	89,6	60,7	–	95,8	95,2	97,3	85,3	47,9
Кинетин 2,0	93,9	37,6	100	100	92,9	–	84,9	54,9
Кинетин 3,0	72,3	97,2	75,0	100	100	–	88,9	10,7 $F_{\phi} > F_{05}$
Кинетин 4,0	100	100	100	100	100	–	100	–
Кинетин 5,0	100	100	100	100	100	–	100	–
Среднее значение	71,1	73,9	80,0	82,7	83,0	81,4		
НСР ₀₅	29,0	82,1	35,6	18,6, $F_{\phi} > F_{05}$	28,1	36,2		

Примечание. Прочерк означает отсутствие данных.

Table 3

Effect of cytokinin type on the yield of apple microshoots over 5 mm, %

Growth regulators, mg/l	Variety						Average value	LSD ₀₅
	Bolotovskoe	Imrus	Kandil Orlovsky	Veteran	Garlyanda	Priokskoe		
BA 1,0 (control)	63.9	66.9	70.2	83.6	69.8	88.0	73.7	33.8
BA 2,0	69.5	64.1	60.0	77.3	66.8	63.5	66.9	27.3
TDZ 0,1	54.8	78.5	92.0	61.1	78.6	91.9	76.1	24.8
TDZ 0,2	52.0	70.1	57.0	78.2	56.0	82.6	66.0	32.4
TDZ 0,3	72.3	64.4	66.3	30.8	70.6	65.1	61.6	37.5
Kinetin 1,0	89.6	60.7	–	95.8	95.2	–	85.3	47.9
Kinetin 2,0	93.9	37.6	100	100	92.9	–	84.9	54.9
Kinetin 3,0	72.3	97.2	75.0	100	100	–	88.9	10.7 $F_f > F_{05}$
Kinetin 4,0	100	100	100	100	100	–	100	–
Kinetin 5,0	100	100	100	100	100	–	100	–
Average value	71.1	73.9	80.0	82.7	83.0	78.2		
LSD ₀₅	29.0	82.1	35.6	18.6, $F_f > F_{05}$	28.1	36.2		

Note. A dash indicates no data.

Для сорта Имрус рекомендуется использовать только 1,0 мг/л БАП. При использовании 0,2 мг/л TDZ у данного сорта отмечали наибольшее число пролиферирующих микрочеренков и высокий коэффициент размножения, однако этот цитокинин вызывает образование витрифицированных бледных побегов, которые затем погибали, поэтому его не рекомендуется применять при культивировании сорта Имрус. Способность тидиазурина вызывать витрификацию побегов была подтверждена работами других авторов [4].

Использование питательной среды с 2,0 мг/л БАП и 0,2 мг/л TDZ способствовало увеличению ко-

эффициента у большого количества микрочеренков сортов Кандиль орловский, Гирлянда и Приокское.

Использование кинетина оказывает благоприятное воздействие на рост микрочеренков в длину, что способствует получению материала для следующего этапа микроразмножения – ризогенеза, так как хорошо укореняются и в дальнейшем хорошо переносят адаптацию хорошо развитые микропобеги. Поэтому при культивировании яблони *in vitro* кинетин можно использовать на этапе элонгации. Результаты исследований могут быть применены в дальнейшей работе по ускоренному получению посадочного материала яблони.

Библиографический список

1. Горланов С. В., Макаренко С. А. Зимостойкость сортов яблони в условиях восточного Оренбуржья // Современное садоводство. 2023. № 1. С. 31–39. DOI: 10.52415/2312670120230103.
2. Атажанова Е. В., Лукичева Л. А. Анализ состояния и мировые тенденции выращивания и селекции яблони // Биология растений и садоводство: теория, инновации. 2021. № 3 (160). С. 76–85. DOI: 10.36305/2712-7788-2021-3-160-76-85.
3. Макаркина М. А., Седов Е. Н., Ветрова О. А. Оценка и отбор сортов яблони для селекции на повышенное содержание фенольных соединений в плодах // Современное садоводство. 2023. № 4. С. 23–35. DOI: 10.52415/23126701-2023-0403.
4. Григорьева Е. В., Привалов А. А., Папихин Р. В., Шамрина И. А. Клональное микроразмножение яблони [Электронный ресурс] // Наука и образование. 2022. Т. 5, № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klonalnoe-mikrorazmnozhenie-yabloni?ysclid=mal3khmq1u308531241> (дата обращения: 10.07.2024).
5. Teixeira da Silva J. A., Gulyás A., Magyar-Tábori K., et al. In vitro tissue culture of apple and other Malus species: recent advances and applications // Planta. 2019. Vol. 249. Pp. 975–1006. DOI: 10.1007/s00425-019-03100-x.
6. Amirchakhmaghi N., Hosseinpour B., Yousefzadeh H. Development of a micropropagation protocol for Malus orientalis using axillary buds // In vitro Cellular & Developmental Biology – Plant. 2019. Vol. 55. Pp. 625–634. DOI: 10.1007/s11627-019-09992-4.
7. Ковальчук И. Ю., Кабылбекова Б. Ж., Чуканова Н. И., Турдиев Т. Т., Фролов С. Н. Клональное микроразмножение в производстве посадочного материала яблони Казахстана // Вестник Нижегородской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. № 3 (27). С. 5–12.
8. Собралиева Э. А., Палаева Д. О., Батукаев М. С., Батукаев А. А. Состояние изученности микроразмножения плодово-ягодных культур и винограда (обзор литературы) // Инновационная деятельность как фактор развития агропромышленного комплекса в современных условиях: материалы II Международной научной конференции, посвященной 75-летию ФГБНУ «Чеченский НИИСХ». Грозный, 2020. С. 100–118. DOI: 10.36684/22-2020-1-100-118.
9. Isroilova Sh. Ja. In vitro microclonal multiplication of fruit cultures // Theoretical & Applied Science. 2019. No. 5 (73). Pp. 531–535. DOI: 10.15863/TAS.2019.05.73.81.
10. Ташматова Л. В., Мацнева О. В., Хромова Т. М. Клональное микроразмножение яблони // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2023. № 6. С. 72–77. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/6/72-77.
11. Хромова Т. М., Ташматова Л. В., Мацнева О. В. Применение различных регуляторов роста при клональном микроразмножении смородины черной (Ribes nigrum L.) // Вестник российской сельскохозяйственной науки. 2024. № 1. С. 30–34. DOI: 10.31857/S2500208224010071.
12. Zhang Y., Bozorov T. A., Li D. X., Zhou P., Wen X. J., Ding Y., Zhang D. Y. An efficient in vitro regeneration system from different wild apple (Malus sieversii) explants // Plant Methods. 2020. Vol. 56. DOI: 10.1186/s13007-020-00599-0.
13. Abdella B., Yusuf Z., Petros Y. Optimization of Hormonal compositions of media for in vitro propagation of apple (Malus × domestica Borkh.) // Cultivars The Open Biotechnology Journal. 2023. Vol. 17, No. 1. DOI: 10.2174/18740707-v17-e230202-2022-15.
14. Матушкина О. В., Пронина И. Н., Шорников Д. Г. Особенности морфогенеза клонового подвоя яблони М9 в культуре in vitro // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33, №5. С. 14–16.
15. Матушкин С. А. Влияние регуляторов роста на удлинение микропобегов сортов смородины черной // Селекция и сорторазведение садовых культур. 2020. Т. 7. № 1-2. С. 105–108. DOI: 10.24411/2500-0454-2020-11227.
16. Кабылбекова Б. Ж., Чуканова Н. И., Турдиев А. Н., Рымханова Н., Ковальчук И. Ю. Оптимизация клонирования in vitro различных генотипов яблони // Экспериментальная биология. 2019. № 3 (80). С. 48–57. DOI: 10.26577/eb-2019-3-b5.
17. Bibi S., Erum S., Abbas S., Baloch A., Yousra M., Ullah I., Shamim S., Khan A., Ijaz ul Hassan S., Saleem S. In vitro Propagation of Malus domestica and its Conservation // Plant Health. 2023. Vol. 02, No. 02. Pp. 67–76. DOI: 10.33687/planthealth.02.02.4919.
18. Kakimzhanova A., Dyussembekova D., Nurtaza A., Yessimseitova A., Shevtsov A., V Lutsay., Ramankulov Y., Kabieva S. An efficient micropropagation system for the vulnerable wild apple species, Malus sieversii and confirmation of its genetic homogeneity // Erwerbs-Obstbau. 2023. Vol. 65, No. 4. Pp. 621–632. DOI: 10.1007/s10341-022-00720-8.
19. Амброс Е. В., Чертенкова Е. И., Толузакова С. Ю., Трофимова Е. Г., Новикова Т. И. Влияние антиоксидантов и регуляторов роста на органогенез побегов в культуре апикальных меристем Fragaria × ananassa (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2021. Т. 11, № 4. С. 549–560. DOI: 10.21285/2227-2925-2021-11-4-549-560.

20. Железниченко Т. В., Мурасева Д. С., Стасова В. В., Новикова Т. И. Морфогенез *Picea Pungns* Engelm. в культуре *in vitro* под действием тидиазурина // Сибирский лесной журнал. 2019. № 1. С. 57–64. DOI: 10.15372/SJFS20190105.

21. Tashmatova L. V., Matsneva O. V., Khromova T. M., Shakhov V. V. Influence of different concentrations of 6-benzylaminopurine and thidiazuron on the proliferative activity of apple varieties in *in vitro* culture // BIO Web of Conference Sciences. 2021. Vol. 36. Article number 03012. DOI: 10.31360/2225-3068-2021-78-76.

22. Ram K., Patel A. K., Choudhary S. K., Shekhawat N. S. Synergetic effects of TDZ with various phytohormones on high-frequency plant regeneration from mature nodal explants of *Capparis decidua* and their *ex vivo* implications // Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC). 2022. Vol. 149. Pp. 621–633. DOI: 10.1007/s11240-022-02234-3.

23. Матушкина О. В. Особенности регенерации яблони и груши на этапе собственно микроразмножения // Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: материалы XVII Международной научной конференции. Брянск, 2020. С. 176–181.

24. Матушкина О. В., Пронина И. Н. Технология клонального микроразмножения яблони и груши: методические рекомендации. Мичуринск, 2008. 32 с.

25. Кухарчик Н. В., Кастрюк М. С., Семенов С. Э. [и др.] Размножение плодовых и ягодных растений в культуре *in vitro* / Под общ. ред. Н. В. Кухарчик. Минск: Беларуская навука, 2016. 208 с.

26. Тевфик А. Ш., Егорова Н. А. Клональное микроразмножение тимьяна обыкновенного *in vitro*: методические рекомендации. Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2021. 28 с.

Об авторах:

Лариса Владимировна Ташматова, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, заведующая лабораторией биотехнологии, Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловская область, Россия; ORCID 0000-0001-7105-088x, AuthorID 742383. E-mail: tashmatova@orel.vniispk.ru

Татьяна Михайловна Хромова, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биотехнологии, Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловская область, Россия; ORCID 0000-0002-7596-7772, AuthorID 649402. E-mail: khromova@orel.vniispk.ru

Ольга Владимировна Мацнева, научный сотрудник лаборатории биотехнологии, Всероссийский научно-исследовательский институт селекции плодовых культур, д. Жилина, Орловская область, Россия; ORCID 0000-0001-7007-2710, AuthorID 968818. E-mail: macneva@orel.vniispk.ru

References

1. Gorlanov S. V., Makarenko S. A. Winter hardiness of apple cultivars in the conditions of the eastern Orenburg region. *Contemporary Horticulture*. 2023; 1: 23–35. DOI: 10.52415/2312670120230103. (In Russ.)

2. Atazhanova E. V., Lukicheva L. A. Analysis of the state and global trends in the cultivation and breeding of apple trees. *Plant Biology and Horticulture: Theory, Innovations*. 2021; 3: 76–85. DOI: 10.36305/2712-7788-2021-3-160-76-85. (In Russ.)

3. Makarkina M. A., Sedov E. N., Vetrova O. A. Evaluation and selection of apple cultivars for breeding for higher content of phenol compounds in fruit. *Contemporary Horticulture*. 2023; 4: 31–39. DOI: 10.52415/2312670120230403. (In Russ.)

4. Grigoryeva E. V., Privalov A. A., Papikhin R. V., Shamrina I. A. Clonal micropropagation of apple trees. *Science and Education* [Internet] 2022 [cited 2024 Jul 10]; 5 (1). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klonalnoe-mikrorazmnozhenie-yablони?ysclid=mal3khmq1u308531241>. (In Russ.)

5. Teixeira da Silva J. A., Gulyás A., Magyar-Tábori K., et al. *In vitro* tissue culture of apple and other *Malus* species: recent advances and applications. *Planta*. 2019; 249: 975–1006. DOI: 10.1007/s00425-019-03100-x.

6. Amirchakhmaghi N., Hosseinpour B., Yousefzadeh H. Development of a micropropagation protocol for *Malus orientalis* using axillary buds. *In vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*. 2019; 55: 625–634. DOI: 10.1007/s11627-019-09992-4.

7. Kovalchik I. Yu., Kabyrbekova N. I., Chukanova N. I., Turdiyev T. T., Frolov S. N. Clonal micropropagation in the production of planting material of apple in Kazakhstan. *Vestnik of Nizhny Novgorod State Agricultural Academy*. 2020; 3 (27): 5–12.

8. Sobralieva E. A., Palaeva D. O., Batukaev M. S., Batukaev A. A., Status of the study of microclonal reproduction of fruit-berry crops and grapes. Innovative activity as a factor in the development of the agro-industrial complex in modern conditions: materials of the II International scientific conference dedicated to the 75th anniversary of the Chechen Research Institute. Grozny, 2020. Pp. 100–118. DOI: 10.36684/22-2020-1-100-118. (In Russ.)

9. Isroilova Sh. Ja. *In vitro* microclonal multiplication of fruit cultures. *Theoretical & Applied Science*. 2019; 5 (73): 531–535. DOI: 10.15863/TAS.2019.05.73.81.

10. Tashmatova L. V., Matsneva O. V., Khromova T. M. Clonal micropropagation of apple trees. *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2023; 6: 72–77. DOI: 10.31857/2500-2082/2023/6/72-77. (In Russ.)
11. Khromova T. M., Tashmatova L. V., Matsneva O. V. Application for various growth regulators in clonal micropropagation of black currant (*Ribes nigrum* L.). *Vestnik of the Russian Agricultural Science*. 2024; 1: 30–35. DOI: 10.31857/S2500208224010071.
12. Zhang Y., Bozorov T. A., Li D. X., Zhou. P., Wen X. J., Ding Y., Zhang D. Y. An efficient *in vitro* regeneration system from different wild apple (*Malus sieversii*) explants. *Plant Methods*. 2020; 56. DOI: 10.1186/s13007-020-00599-0.
13. Abdella B., Yusuf Z., Petros Y. Optimization of Hormonal Compositions of Media for *In vitro* Propagation of Apple (*Malus × domestica* Borkh.) Cultivars. *The Open Biotechnology Journal* 023; 17 (1). DOI: 10.2174/18740707-v17-e230202-2022-15.14.
14. Matushkina O. V., Pronina I. N., Shrnikov D. G. Morphogenesis peculiarities of M9 clonal rootstock of apple *in vitro* culture. *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2019; 33 (5): 14–16. (In Russ.)
15. Matushkin S. A. The influence of growth regulators on lengthening micropobes of blackcurrant. *Breeding and Grace of Garden Crops*. 2020; 7 (1-2): 105–108. DOI: 10.24411/2500-0454-2020-11227
16. Kabylbekova B. Zh., Chukanova N. I., Turdiyev T. T., Rymkhanova N., Kovalchuk I. Y. Optimization of the cloning *in vitro* different apple genotypes. *Experimental Biology*. 2019; 3 (80): 48–57. DOI: 10.26577/eb-2019-3-b5.
17. Bibi S., Erum S., Abbas S., Baloch A., Yousra M., Ullah I., Shamim S., Khan A., Ijaz ul Hassan S., Saleem S. *In vitro* Propagation of *Malus domestica* and its Conservation. *Plant Health*. 2023; 02 (02): 67–76. DOI: 10.33687/planthealth.02.02.4919.
18. Kakimzhanova A., Dyussembekova D., Nurtaza A., Yessimseitova A., Shevtsov A., Lutsay V., Ramankulov Y., Kabieva S. An efficient micropropagation system for the vulnerable wild apple species, *Malus sieversii*, and confirmation of its genetic homogeneity. *Erwerbs-Obstbau*. 2023; 65 (4): 621–632.
19. Ambros E. V., Chertenkova E. I., Toluzakova S. Y., Trofimova E. G., Novikova T. I. Effect of antioxidants and growth regulators on shoot organogenesis in the apical meristem culture of *Fragaria × ananassa* (Duchesne ex Weston) Duchesne ex Rozier. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2021; 11 (4): 549–560. DOI: 10.21285/2227-2925-2021-11-4-549-560. (In Russ.)
20. Zhelezniichenko T. V., Muraseva D. S., Stasova V. V., Novikova T. I. Morphogenesis of *Picea Pungens engelm.* *in vitro* under the influence of thidiazuron. *Siberian Journal of Forest Science*. 2019; 1: 57–64. DOI: 10.15372/SJFS20190105. (In Russ.)
21. Tashmatova L. V., Matsneva O. V., Khromova T. M., Shakhov V. V. Influence of different concentrations of 6-benzylaminopurine and thidiazuron on the proliferative activity of apple varieties in *in vitro* culture. *BIO Web of Conference Sciences*. 2021; 36: 03012. DOI: 10.31360/2225-3068-2021-78-76. (In Russ.)
22. Ram K., Patel A. K., Choudhary S. K., Shekhawat N. S. Synergetic effects of TDZ with various phytohormones on high-frequency plant regeneration from mature nodal explants of *Capparis decidua* and their *ex vivo* implications. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*. 2022; 149: 621–633. DOI: 10.1007/s11240-022-02234-3.
23. Matushkina O. V. Features of regeneration of apple and pear trees at the stage of micropropagation itself. *Agroecological aspects of sustainable development of the agro-industrial complex: proceedings of the XVII International Scientific Conference*. Bryansk, 2020. Pp. 176–181.
24. Matushkina O. V., Pronina I. N. *Technology of clonal micropropagation of apple and pear: methodological recommendations*. Michurinsk, 2008. 32 p. (In Russ.)
25. Kukharchik N. V., Kastritskaya M. S., Semenas S. E. Reproduction of fruit and berry plants *in vitro* culture. Ed. by N. V. Kukharchik. Minsk: Belaruskaya navuka, 2016. 208 p.
26. Tefvik A. Sh., Egorova N. A. Clonal micropropagation of thyme *in vitro*: methodological recommendation. Simferopol: IT “ARIAL”, 2021. 28 p. (In Russ.)

Authors' information:

Larisa V. Tashmatova, candidate of agricultural sciences, senior researcher, head of the laboratory of biotechnology, Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK), Zhilina village, Oryol region, Russia;

ORCID 0000-0001-7105-088x, AuthorID 742383. E-mail: tashmatova@orel.vniispk.ru

T. M. Khromova, candidate of biological sciences, senior researcher of the laboratory of biotechnology, Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK), Zhilina village, Oryol region, Russia;

ORCID 0000-0002-7596-7772, AuthorID 649402. E-mail: khromova@orel.vniispk.ru

Olga V. Matsneva, researcher of the laboratory of biotechnology, Russian Research Institute of Fruit Crop Breeding (VNIISPK), Zhilina village, Oryol region, Russia; ORCID 0000-0001-7007-2710, AuthorID 968818.

E-mail: macneva@orel.vniispk.ru

Морфометрический и молекулярно-генетический анализ пчелиных семей северных районов Удмуртской Республики

А. С. Тренина¹✉, С. Л. Воробьева¹, В. М. Юдин¹, Р. А. Ильясов², О. П. Неверова³

¹ Удмуртский государственный аграрный университет, Ижевск, Россия

² Институт биологии развития им. Н. К. Кольцова Российской академии наук, Москва, Россия

³ Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

✉ E-mail: anststron@mail.ru

Аннотация. Цель исследований заключалась в изучении состояния генофонда среднерусской породы медоносной пчелы на территории северных районов Удмуртской Республики. **Методы.** Было проведено анкетирование пчеловодов северных районов региона, произведен отбор проб, осуществлен морфометрический и молекулярно-генетический анализ особей пчелиных семей. **Научная новизна.** Впервые проведена комплексная оценка породной принадлежности пчелиных семей с помощью морфометрических и молекулярно-генетических методов на территории Удмуртской Республики. **Результаты.** Исследования показали, что анализируемые пчелы в целом соответствуют породным стандартам среднерусской породы по морфометрическим признакам. Длина хоботка соответствует стандарту и составляет 6,09–6,32 мм, за исключением пчел Базелинского района. В большинстве исследуемых районов кубитальный индекс соответствует стандарту и варьирует от 62,2 % до 65,7 %. Достаточно широко распространено, что пчелиные семьи по исследуемым морфометрическим параметрам соответствуют стандарту среднерусской породы пчел, при этом имеют отдельные признаки, характерные для пород южного происхождения. На основании этого было проведено генотипирование ДНК изучаемых особей, из чего было выявлено, что гены эволюционной ветви С (*A. m. caucasica*, *A. m. carnica*, *A. m. carpatica*) встречаются с разной частотой у подвидов эволюционной ветви М (*A. m. mellifera*), что свидетельствует о разном уровне гибридизации пчелиных семей внутри каждого северного района Удмуртской Республики. При этом наибольшее число генов М обнаружено в Кезском районе (97,1 %), в Дебесском районе (88,6 %) и в Игринском районе (81,5 %), позволяя предварительно формировать особей данных районов в «удмуртскую» популяцию среднерусской породы пчел. Популяционно-генетические показатели F-статистики подтверждают небольшой инбридинг в семьях темных лесных пчел линии М Удмуртской Республики, характерный для чистых линий.

Ключевые слова: среднерусская порода пчел, морфометрический анализ, кубитальный индекс, молекулярно-генетический анализ, генофонд, гибридизация, локус, аллели

Благодарности. Исследования выполнены при поддержке Российского научного фонда, проект № 24-26-00064, в рамках которого были проведены оценка хозяйственно полезных показателей и морфометрическая оценка, а также проект № 24-16-00179, который реализовал фрагментный анализ исследуемых особей.

Для цитирования: Тренина А. С., Воробьева С. Л., Юдин В. М., Ильясов Р. А., Неверова О. П. Морфометрический и молекулярно-генетический анализ пчелиных семей северных районов Удмуртской Республики // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 05. С. 779–791. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-779-791>.

Дата поступления статьи: 16.01.2025, **дата рецензирования:** 20.02.2025, **дата принятия:** 28.02.2025.

Morphometric and molecular genetic analysis of bee colonies in the northern regions of the Udmurt Republic

A. S. Tronina^{1✉}, S. L. Vorobyeva¹, V. M. Yudin¹, R. A. Ilyasov², O. P. Neverova³

¹Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russia

²Koltzov Institute of Developmental Biology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: anststron@mail.ru

Abstract. The purpose of the research was to study the state of the gene pool of the Central Russian honey bee breed in the northern regions of the Udmurt Republic. **Methods.** A survey of beekeepers in the northern regions of the region was conducted, samples were taken, and morphometric and molecular genetic analysis of individuals of bee colonies was carried out. **Scientific novelty.** For the first time, a comprehensive assessment of the breed affiliation of bee colonies was carried out using morphometric and molecular genetic methods in the Udmurt Republic. **Results.** The studies showed that the analyzed bees generally correspond to the breed standards of the Central Russian breed in morphometric characteristics. The length of the proboscis corresponds to the standard and is 6.09–6.32 mm, with the exception of bees from the Balezinskiy district. In most of the studied areas, the cubital index corresponds to the standard and varies from 62.2 % to 65.7 %. It is widely accepted that bee colonies, according to the studied morphometric parameters, correspond to the standard of the Central Russian bee breed, while having individual features characteristic of breeds of southern origin. Based on this, DNA genotyping of the studied individuals was carried out, from which it was revealed that the genes of the evolutionary branch C (*A. m. caucasica*, *A. m. carnica*, *A. m. carpatica*) are found with different frequencies in the subspecies of the evolutionary branch M (*A. m. mellifera*), indicating a different level of hybridization of bee colonies within each northern region of the Udmurt Republic. At the same time, the largest number of M genes was found in the Kezskiy district (97.1 %), in the Debesskiy district (88.6 %) and in the Igrinskiy district (81.5 %), allowing for the preliminary formation of individuals from these districts into the “Udmurt” population of the Central Russian bee breed. Population genetic indicators of F-statistics confirm a small inbreeding in families of dark forest bees of line M of the Udmurt Republic, which is typical for pure lines.

Keywords: Central Russian bee breed, morphometric analysis, cubital index, molecular genetic analysis, gene pool, hybridization, locus, alleles

Acknowledgments. The research was carried out with the support of the Russian Science Foundation, project No. 24-26-00064, where an assessment of economically useful indicators and a morphometric assessment were carried out, as well as project No. 24-16-00179, which implemented a fragmentary analysis of the studied individuals.

For citation: Tronina A. S., Vorobyeva S. L., Yudin V. M., Ilyasov R. A., Neverova O. P. Morphometric and molecular genetic analysis of bee colonies in the northern regions of the Udmurt Republic. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (05): 779–791. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-779-791>. (In Russ.)

Date of paper submission: 16.01.2025, **date of review:** 20.02.2025, **date of acceptance:** 28.02.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Сохранению биологического разнообразия во всем мире заслуженно уделяется сейчас большое внимание. Сокращение этого разнообразия грозит человечеству невосполнимой потерей многих как уже осваиваемых, так и потенциальных ресурсов, а в перспективе – деградацией и разрушением биосферы. Медоносная пчела (*Apis mellifera*) считается одним из ценнейших ресурсов человечества, являясь основным видом насекомых-опылителей около 85 % всей цветковой флоры, из-за чего как ресурсный вид представляет огромный практический и

научный интерес. Энтомофильная функция медоносных пчел обеспечивает урожайность сельскохозяйственных культур, что ставит задачу сохранения численности пчелиных семей приоритетной перед пчеловодами и учеными всего мирового сообщества [1–2].

На сегодняшний день во всем мире регистрируется высокий уровень гибели пчелиных семей. Согласно исследованиям ряда ученых, данные процессы могут быть связаны с бесконтрольной гибридизацией медоносных пчел разных пород. Так, высокий уровень метизации приводит к потере

чистопородности, снижению адаптаций пчелиных семей к меняющимся природно-климатическим условиям и к абиотическим стрессогенным факторам, что неуклонно приводит к уменьшению численности популяции [3–4]. Межпородные гибриды медоносных пчел также характеризуются меньшей резистентностью к инвазионным и инфекционным заболеваниям, более низким иммунным статусом, чем чистопородные особи, что, соответственно, приводит к более частым и распространенным вспышкам заболеваний пчелиных семей [5]. Низкий иммунный статус также, несомненно, влияет и на устойчивость к таким критическим факторам, как использование гербицидов и пестицидов агропромышленным комплексом, лишая возможности организм пчелы к восстановлению после процесса обработки опыляемых культур.

Вследствие гибридизации теряется уникальный генофонд аборигенных пород медоносной пчел. На территории России в настоящее время пока еще существует один из подвидов медоносной пчелы – темная лесная пчела (*Apis mellifera mellifera*), или среднерусская порода пчел, как принято называть в России. Однако на сегодняшний день данный подвид признан исчезающим, а потому вопрос сохранения его генофонда как никогда актуален. Являясь аборигенной, среднерусская порода пчел признана наиболее приспособленной, а потому рекомендованной к разведению в регионах России с суровыми природно-климатическими условиями, с низкими температурами и продолжительной зимой [6]. Однако вследствие интенсивного завоза миролюбивых южных пород медоносных пчел, таких как карпатская, краинская, кавказская, бакфаст, происходит бесконтрольная метизация особей. В то время как важным условием сохранения генофонда медоносной пчелы любой породы является четкая идентификация породной принадлежности исследуемых пчел, наблюдается, что морфометрические значения особей условно определенной породы отличаются от принятого стандарта, что нарушает возможность установления породной принадлежности с помощью экстерьерных и косвенных показателей. В связи с этим достаточно высокую актуальность приобретает молекулярно-генетическая оценка медоносных пчел для выявления их генома. Изучение генетического потенциала, ресурса, разнообразия даст возможность выявить наиболее важные, ценные, приспособленные к конкретной климатической зоне и устойчивые к заболеваниям геномы медоносных пчел, что позволит выявить и сохранить уникальный генофонд популяции на той или иной географической зоне, что, в свою очередь, позволит создать генетический материал для селекции медоносных пчел, что в конечном счете направлено на решение задач практического пчеловодства [7–9].

Цель исследований – изучить соответствие медоносных пчел северных районов Удмуртской Республики среднерусской породе пчел (*A. m. mellifera*) и выявить локальные подвиды медоносных пчел на данной территории.

Методология и методы исследования (Methods)

Исследования проводились на пчелиных семьях северных районов Удмуртской Республики: Бале-зинского, Глазовского, Дебесского, Игринского, Кезского, Красногорского, Юкаменского и Ярского. В каждый район осуществлялся выезд для анкетирования пчеловодов и отбора пчел для дальнейших морфометрических и молекулярно-генетических исследований. В целом обхват по северным районам составил 45 пчеловодов. Работа шла с частными хозяйствами на различных территориях: пасеки находились как в лесных массивах, так и в придорожных территориях, на полях.

Оценка экстерьерных признаков является решающим фактором в определении породности пчел. Для проведения морфометрического анализа в соответствии с методикой, разработанной А. А. Алпатовым (1948)¹ и с СТО 00669424-001-2021 «Методика изменения экстерьерных признаков медоносных пчел»², с пяти пасек каждого северного района республики было отобрано по 30 рабочих особей пчел летней генерации с пяти пчелиных семей [10]. В результате в исследованиях были использованы образцы рабочих пчел из 200 пчелиных семей с 40 пасек 8 районов. Измерения проводились с помощью тринокулярного микроскопа Microoptix MX-300 T и линейки окуляр-микрометра, результаты которых сравнивались со стандартом среднерусской породы. Измерение экстерьера медоносных пчел осуществлялось по наиболее важным показателям, характеризующим породную принадлежность, таким как длина хоботка (мм), кубитальный индекс (%), длина правого переднего крыла (мм), ширина правого переднего крыла (мм), длина третьего тергита (мм), ширина третьего тергита (мм), длина третьего стернита (мм), ширина третьего стернита (мм) [11; 12]. Статистический анализ полученных результатов проводился с помощью прикладных программ MS Office (Microsoft Excel).

Для проведения молекулярно-генетического анализа было отобрано по 20 рабочих особей из 84 пчелиных семей 8 северных районов Удмуртии. Отобранные рабочие особи пчел фиксировались в 96-процентном этаноле и до выделения ДНК хранились при температуре –20 °С. На базе лаборатории нейробиологии Института развития биологии развития им. Н. К. Кольцова РАН ДНК выделялась из мышц торакса рабочих пчел набором ДНК-

¹ Алпатов В. В. Породы медоносной пчелы и их использование в сельском хозяйстве. М.: МОИП, 1948. 183 с.

² СТО 00669424-001-2021 Методика измерения экстерьерных признаков медоносных пчел: введен впервые: дата введения 2021-12-16. Рыбное: ФНЦ пчеловодства, 2021, 40 с.

ЭКСТРАН-2 по протоколу СИНТОЛ (Москва) [13; 14]. В дальнейшем для изучения структуры популяции и величины интрогрессии генома пчел из 84 семей генотипировали на основе полиморфизма локуса COI-COI митохондриальной ДНК, микросателлитных локусов Ap243, 4a110, A24, A8, A43, A113, A88, Ap049, A28 ядерной ДНК. Анализ полученных результатов полиморфизма ДНК проводился с использованием программ CHROMAS 1.45, MEGA 6.0, DNASTAR 5.05, FSTAT 2.9.3.2, GENEPOP 4.2.2, POPULATIONS 1.2.28, STRUCTURE 2.3.4, STATISTICA 8.0, STATGRAFICS Plus 3.0, MICROSOFT EXCEL 2010 [15; 16].

Результаты (Results)

На территории Удмуртской Республики, согласно плану районирования пород, к разведению рекомендована среднерусская (темная лесная) порода медоносных пчел как наиболее адаптированная к природно-климатическим условиям и положительно проявляющая в них хозяйственно полезные показатели. Однако в то же время данная порода пчел выделяется злобливостью и высоким уровнем ройливости, что мотивирует пчеловодов применять к разведению более «удобные» южные породы пчел: карпатскую, кавказскую, краинскую и гибридную породу бакфаст. Завоз нехарактерных для Удмуртии пород медоносных пчел производится бесконтрольно в связи с отсутствием каких-либо законодательных актов, регламентирующих процесс покупки и перевозки пчелиных семей, пчелопакетов, маток, что, в свою очередь, также поможет повлиять и на эпизоотическое состояние всего генофонда пчелиных семей на территории региона.

Согласно данным Министерства сельского хозяйства и продовольствия Удмуртской Республики, за 2024 год на территории региона зарегистрировано 45 912 пчелиных семей, из которых 9743 семьи (21,2 %) находятся в северных районах (рис. 1).

При этом в Балезинском районе зарегистрировано 1653 пчелиные семьи (3,6 %), Кезском – 1507 (3,3 %), Глазовском – 1138 (2,9 %), Ярском – 1197 (2,6 %), Дебесском – 1150 (2,5 %), Юкаменском – 1050 (2,3 %), Красногорском – 1025 (2,2 %), Игринском – 823 (1,8 %) (рис. 1). Все указанные районы отличаются от остальной части республики холмистой местностью и густым лесным массивом.

Согласно государственному реестру, 91,1 % пасек региона не имеют ветеринарного паспорта. Результаты опроса пчеловодов показали, что лишь небольшая доля населения понимает целесообразность оформления ветеринарных документов, таким образом, контроль деятельности большинства пасек северных районов не осуществляется. В результате массового неуправляемого завоза разных пород на территории региона наблюдается метизация аборигенной медоносной пчелы, о чем и свидетельствует анкетирование пчеловодов республики.

Согласно анкетированию выявлено, что в северных районах существуют такие породы медоносной пчелы, как среднерусская, краинская, карпатская, кавказская, бакфаст. Большая часть пасек целенаправленно занимается содержанием одной породы пчел (70,9 %), при этом большинство предпочитает разведение аборигенной среднерусской породы (56,3 %) (рис. 2). Следующей по популярности среди пчеловодов северных районов Удмуртской Республики является краинская порода медоносных пчел (8,3 %). Однако результат опроса показал, что 29,1 % пчеловодов применяет к содержанию сразу несколько пород (две или три): краинскую, карпатскую, бакфаст.

Достаточно часто отмечался единовременный завоз пчел из вышеуказанных пород, где в дальнейшем целенаправленное их разведение внутри пасеки не отслеживалось. Подобное содержание разных пород медоносных пчел в рамках одной пасеки свидетельствует о высоком уровне гибридизации пчелиных семей. А факт того, что роение – это биологически характерное для пчелиных семей явление, обусловленное инстинктом размножения, говорит о том, что распространение гибридных роев может иметь глобальные масштабы.

Оценка экстерьерных признаков является решающим фактором в определении породности пчел. Соответствие медоносных пчел заявленным породам осуществлялось при проведении морфометрической оценки с учетом наиболее важных показателей. Некоторые промеры косвенно или прямо указывают на недостатки или преимущества в характеристике хозяйственно полезных признаков, как, например, длина хоботка, отражающая способность пчелы эффективно работать на различных медоносах, добычу нектара, залегающего глубоко в цветке [17]. При оценке данного промера у представленных особей среднерусской породы пчел отметим, что значение длины хоботка соответствует стандартным показателям породы и составляет в среднем 6,07 мм, при этом показатель варьирует от 5,87 до 6,16 мм. Следует отметить, что пчелы Балезинского и Кезского районов характеризуются более коротким хоботком: 5,87 и 5,94 мм соответственно (таблица 1).

Кубитальный индекс также вычисляется для определения породной принадлежности медоносных пчел, являясь самым точным породным признаком. Для среднерусской породы установлен стандарт в 60–65 %. Исследования показали, что у анализируемых пчел кубитальный индекс соответствует стандарту и варьирует от 62,2 % до 65,7 %. Исключение составляют пчелы Красногорского района, кубитальный индекс которых оказался несколько ниже установленного стандарта на 0,9 % (59,1 %).



Рис. 1. Районы Удмуртской Республики, на пчелиных семьях которых были проведены исследования



Fig. 1. Regions of the Udmurt Republic, on whose bee colonies the research was conducted

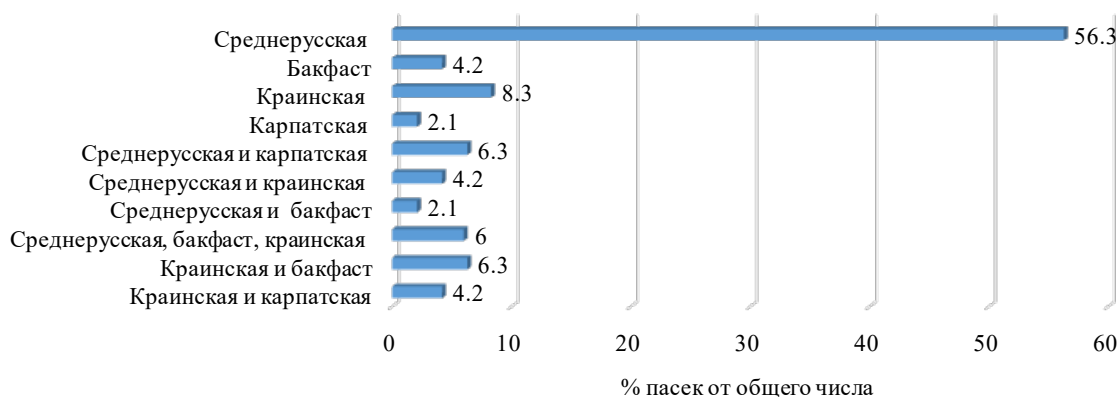


Рис. 2. Процентное распределение пород медоносной пчелы (*Apis mellifera*) на пасеках северных районов Удмуртской Республики согласно анкетированию пчеловодов

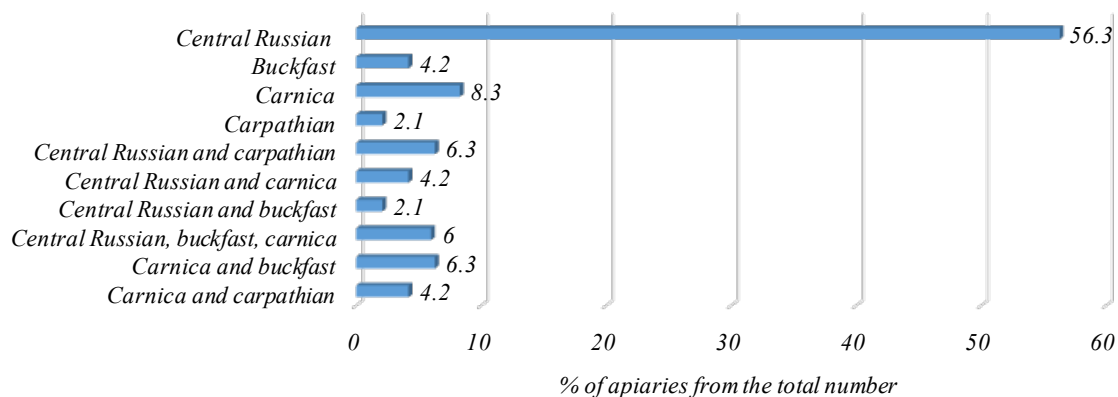


Fig. 2. Percentage distribution of honey bee (*Apis mellifera*) breeds in apiaries of the northern regions of the Udmurt Republic according to a survey of beekeepers

Таблица 1
Морфометрические показатели пчел на территории северных районов Удмуртской Республики

Районы	Вариант локуса COI-COII мтДНК	Морфометрические показатели					
		Длина хоботка, мм	Кубитальный индекс, %	Длина правого переднего крыла, мм	Ширина правого переднего крыла, мм	Длина третьего тергита, мм	Ширина третьего тергита, мм
Стандарт среднерусской породы		6–6,4	60–65	9,0–10,0	3,0–3,5	2,35	4,8–5,2
Балезинский	PQQ/Q	5,87 ± 0,06	63,4 ± 1,2	9,35 ± 0,04	3,29 ± 0,02	2,45 ± 0,02	4,90 ± 0,04
Глазовский	PQQ/Q	6,16 ± 0,11	65,7 ± 1,5	9,17 ± 0,08	3,26 ± 0,03	2,43 ± 0,03	4,94 ± 0,05
Дебесский	PQQ/Q	6,13 ± 0,08	64,3 ± 1,79	8,97 ± 0,09	3,19 ± 0,03	2,40 ± 0,04	4,79 ± 0,05
Игринский	PQQ/PQQQ/Q	6,32 ± 0,13	62,5 ± 2,1	9,24 ± 0,06	3,32 ± 0,03	2,41 ± 0,02	4,86 ± 0,06
Кезский	PQQ/Q	5,94 ± 0,08	65,7 ± 1,5	9,18 ± 0,07	3,26 ± 0,04	2,44 ± 0,03	5,01 ± 0,06
Красногорский	PQQ/Q	6,09 ± 0,09	59,1 ± 1,8	9,13 ± 0,07	3,18 ± 0,04	2,37 ± 0,01	4,94 ± 0,05
Юкаменский	PQQ/Q	6,10 ± 0,09	64,8 ± 2,0	9,17 ± 0,05	3,22 ± 0,02	2,38 ± 0,02	4,93 ± 0,06
Ярский	PQQ/Q	6,16 ± 0,13	62,2 ± 2,0	9,30 ± 0,06	3,34 ± 0,05	2,50 ± 0,04	4,82 ± 0,07

Table 1
Morphometric indices of bees in the northern regions of the Udmurt Republic

Areas	mtDNK COI-COII locus variant	Morphometric indicators					
		The length of the proboscis, mm	Cubital index, %	Length of right front fender, mm	Width of right front fender, mm	Length of the third tergite, mm	Width of the third tergite, mm
Standard of the Central Russian breed		6–6.4	60–65	9.0–10.0	3.0–3.5	2.35	4.8–5.2
Balezinskiy	PQQ/Q	5.87 ± 0.06	63.4 ± 1.2	9.35 ± 0.04	3.29 ± 0.02	2.45 ± 0.02	4.90 ± 0.04
Glazovskiy	PQQ/Q	6.16 ± 0.11	65.7 ± 1.5	9.17 ± 0.08	3.26 ± 0.03	2.43 ± 0.03	4.94 ± 0.05
Debesskiy	PQQ/Q	6.13 ± 0.08	64.3 ± 1.79	8.97 ± 0.09	3.19 ± 0.03	2.40 ± 0.04	4.79 ± 0.05
Igrinskiy	PQQ/PQQQ/Q	6.32 ± 0.13	62.5 ± 2.1	9.24 ± 0.06	3.32 ± 0.03	2.41 ± 0.02	4.86 ± 0.06
Kezskiy	PQQ/Q	5.94 ± 0.08	65.7 ± 1.5	9.18 ± 0.07	3.26 ± 0.04	2.44 ± 0.03	5.01 ± 0.06
Krasnogorskiy	PQQ/Q	6.09 ± 0.09	59.1 ± 1.8	9.13 ± 0.07	3.18 ± 0.04	2.37 ± 0.01	4.94 ± 0.05
Yukamenskiiy	PQQ/Q	6.10 ± 0.09	64.8 ± 2.0	9.17 ± 0.05	3.22 ± 0.02	2.38 ± 0.02	4.93 ± 0.06
Yarskiy	PQQ/Q	6.16 ± 0.13	62.2 ± 2.0	9.30 ± 0.06	3.34 ± 0.05	2.50 ± 0.04	4.82 ± 0.07

Таблица 2

Результаты генотипирования 84 семей пчел северных районов Удмуртской Республики на основе локусов митохондриальной ДНК (локус COI-COII) и 9 микросателлитных локусов

№	Пасека	Выборка, N	% M (АММ) среднерусские	% C (АМС) гибридные
1	Балезинский район, д. Юлдырь	5	60,5	39,5
2	Балезинский район, д. Юнда	3	4,0	96,0
3	Балезинский район, д. Быдыпи	3	99,0	1,0
4	Глазовский район, д. Пышкец	3	99,0	1,0
5	Глазовский район, д. Долгуево	3	5,7	94,3
6	Глазовский район, д. Мартыково	3	0,5	99,5
7	Дебёсский район, д. Уйвай	10	99,6	0,4
8	Дебёсский район, д. Тыловый	3	98,8	1,2
9	Дебёсский район, д. Варни	3	67,3	32,7
10	Игринский район, д. Сосновские Шорни	4	76,1	23,9
11	Игринский район, с. Чумой	3	99,3	0,7
12	Игринский район, д. Сеп	3	69,1	30,9
13	Кезский район, д. Гонка	3	99,4	0,6
14	Кезский район, поч. Пажман	3	99,0	1,0
15	Кезский район, д. Ключи	3	92,9	7,1
16	Красногорский район, д. Новый Качкашур	3	39,6	60,4
17	Красногорский район, д. Рябово	3	1,9	98,1
18	Красногорский район, д. Ботаниха	4	75,2	24,8
19	Юкаменский район, д. Коркан	3	35,3	64,7
20	Юкаменский район, д. Муллино	3	71,9	28,1
21	Юкаменский район, д. Верхние Уни	3	99,3	0,7
22	Ярский район, с. Сады	3	30,7	69,3
23	Ярский район, д. Шобокково	3	66,0	34,0
24	Ярский район, д. Бачумо	3	99,4	0,6
Всего		84	66,2	33,8

Biology and biotechnologies

Table 2

Results of genotyping of 84 bee families from the northern regions of the Udmurt Republic based on mitochondrial DNA loci (COI-COII locus) and 9 microsatellite loci

No.	Apiary	Sample N	% M (АММ) Central Russian	% C (АМС) hybrid
1	Balezinskiy district, v. Yuldyr	5	60,5	39,5
2	Balezinskiy district, v. Yunda	3	4,0	96,0
3	Balezinskiy district, v. Bydypi	3	99,0	1,0
4	Glazovskiy district, v. Pyshkets	3	99,0	1,0
5	Glazovskiy district, v. Dolguevo	3	5,7	94,3
6	Glazovskiy district, v. Martykovo	3	0,5	99,5
7	Debesskiy district, v. Uyvay	10	99,6	0,4
8	Debesskiy district, v. Tylovay	3	98,8	1,2
9	Debesskiy district, v. Varney	3	67,3	32,7
10	Igrinskiy district, v. Sosnovskie Shorni	4	76,1	23,9
11	Igrinskiy district, v. Chumoy	3	99,3	0,7
12	Igrinskiy district, v. Sep	3	69,1	30,9
13	Kezskiy district, v. Gonka	3	99,4	0,6
14	Kezskiy district, p. Pazhman	3	99,0	1,0
15	Kezskiy district, v. Klyuchi	3	92,9	7,1
16	Krasnogorskiy district, v. Novyy Kachkashur	3	39,6	60,4
17	Krasnogorskiy district, v. Ryabovo	3	1,9	98,1
18	Krasnogorskiy district, v. Botanikha	4	75,2	24,8
19	Yukamenskiy district, v. Korkan	3	35,3	64,7
20	Yukamenskiy district, v. Mullino	3	71,9	28,1
21	Yukamenskiy district, v. Verkhnie Uni	3	99,3	0,7
22	Yarskiy district, v. Sady	3	30,7	69,3
23	Yarskiy district, v. Shobokovo	3	66,0	34,0
24	Yarskiy district, v. Bachumovo	3	99,4	0,6
Total		84	66,2	33,8



Рис. 3. Распределение генов эволюционных ветвей М (*A. m. mellifera*) и С (*A. m. carpatica*, *A. m. caucasica*, *A. m. carnica*) по северным районам Удмуртской Республики

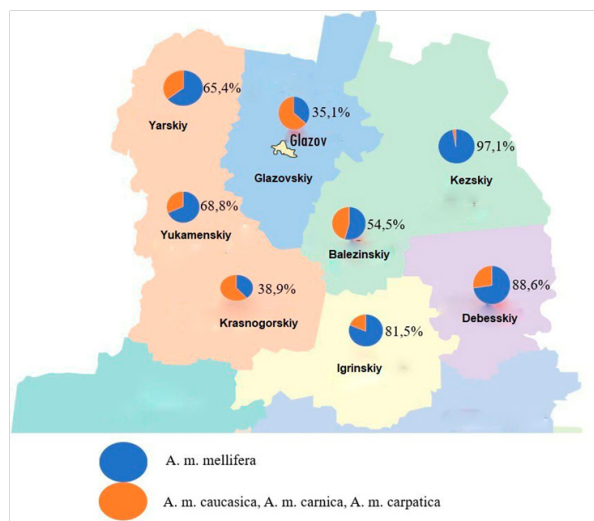


Fig. 3. Distribution of genes of evolutionary branches M (*A. m. mellifera*) and C (*A. m. carpatica*, *A. m. caucasica*, *A. m. carnica*) in the northern regions of the Udmurt Republic

Длина правого заднего крыла соответствует стандарту и колеблется от 9,17 до 9,35 мм, за исключением пчел Дебесского района, длина крыла которых незначительно ниже установленного стандарта (на 0,03 мм) и составляет 8,97 мм. Ширина крыла во всех исследуемых районах соответствует стандарту и в среднем составляет от 3,19 до 3,34 мм.

Промеры элементов брюшной части тела пчел характеризуют размеры тела пчел, что, в свою очередь, влияет на уровень работоспособности и продуктивности особей. Так, от размеров тела пчелы зависят объем медового зобика, работа пищеварительного канала и дыхательной системы особей. Длина третьего тергита (спинное полукольцо) всех исследуемых пчел выше стандарта породы от 0,02 до 0,15 мм, длина третьего стернита (брюшное полукольцо) в целом незначительно отличается от принятого стандарта и в большинстве случаев приближена к установленной норме, в большинстве районов длина третьего стернита ниже – от 0,01 до 0,08 мм, наибольшая длина выявлена у пчел, разводимых в Балезинском районе – выше стандарта на 0,07 мм. Ширина третьего тергита всех исследуемых районов соответствует стандарту породы, наибольшее значение выявлено в Кезском районе – 5,01 мм. Ширина третьего стергита ниже стандарта породы от 0,18 до 0,38 мм.

Согласно результатам проведенных исследований, анализируемые пчелы в целом соответствуют породным стандартам по морфометрическим признакам, отличительной особенностью пчел разных районов является более короткий хоботок пчел Балезинского и Кезского района на 0,13 и 0,06 мм соответственно по сравнению с минимальным значением стандарта среднерусской породы. В большинстве исследуемых районов кубитальный индекс соответствует стандарту и варьирует от 62,2 %

до 65,7 %, исключение составляют пчелы Красногорского района, кубитальный индекс которых оказался несколько ниже нижнего значения установленного стандарта на 0,9 % и составил 59,1 %. Наибольший кубитальный индекс выявлен в популяциях Глазовского и Кезского районов – 65,7 %, что выше установленного стандарта на 0,7 %. Строение брюшка пчел по данным длины и ширины тергитов и стернитов характеризует массивность тельца пчел и косвенно размеры медового зобика. Так, пчелы исследуемых районов характеризуются большей длиной тергита по сравнению со стандартом среднерусской породы от 0,02 до 0,15 мм, а длина стернита в большинстве случаев незначительно отличается от принятого стандарта. Ширина тергита также входит в пределы стандарта пород, однако ширина стернита во всех исследуемых районах ниже стандарта 0,18 до 0,38 мм, что говорит о меньшей площади восковых зеркалец.

Морфометрические признаки с учетом широкого распространения межпородной гибридизации не всегда позволяют корректно определить породный состав пчелиной семьи. Достаточно широко наблюдается картина, когда пчелиные семьи по исследуемым морфометрическим параметрам соответствуют стандарту среднерусской породы пчел, при этом имеют отдельные признаки, характерные для пород южного происхождения. Так, отдельные признаки, например, кубитальный индекс и длина хоботка, позволяют рассматривать пчелиные семьи как гибридные на основе среднерусской породы (Балезинский район, Красногорский район).

Для более достоверной идентификации породной принадлежности медоносных пчел был осуществлен молекулярно-генетический анализ пчелиных семей (впервые на территории Удмуртской Республики). Для этого ДНК анализируемых

особей генотипировали на основе полиморфизма локуса COI-COII мтДНК, микросателлитных локусов Ap243, 4a110, A24, A8, A43, A113, A88, Ap049, A28 яДНК. Праймеры, маркирующие межгенный локус COI-COII мтДНК, имеют последовательность F-5' – GGGAGAATAAGTGCATTG, R-5' – CAATATCATTTGATGACC [18–19]. В проанализированных популяциях пчел по микросателлитным локусам были зафиксированы следующие аллели: по локусу ap243 – 5 аллелей, по локусу 4a110 – 3 аллеля, по локусу a24 – 4 аллеля, по локусу a8 – 7 аллелей, по локусу a43 – 3 аллеля, по локусу a113 – 12 аллелей, по локусу a88 – 6 аллелей, по локусу ap049 – 4 аллеля, по локусу a28 – 6 аллелей.

Была проанализирована варибельность межгенного локуса COI-COII мтДНК, где вариант Q является показателем происхождения семей от южных подвидов *A. m. caucasica*, *A. m. carnica*, *A. m. carpatica* и *A. m. ligustica*, а вариант PQQ и PQQQ – от темной лесной пчелы подвида *A. m. mellifera* по материнской линии. Другие варианты межгенного локуса COI-COII мтДНК, такие как PQ, PQQQ и PQQQQ, которые описаны для европейских популяций темной лесной пчелы *A. m. mellifera*, в изученных районах Удмуртской Республики обнаружены не были. В 61,9 % исследованных пчелиных семей регистрировался вариант PQQ, у 2,4 % – PQQQ (только в Игринском районе), а 35,7 % семей выявлены как особи с вариантом Q, при этом во всех районах были идентифицированы варианты межгенного локуса COI-COII мтДНК и Q, и PQQ.

Результаты генотипирования пчелиных семей северных районов Удмуртской Республики на основе локусов митохондриальной ДНК и 9 микросателлитных локусов показали, что гены эволюционной ветви С (*A. m. caucasica*, *A. m. carnica*, *A. m. carpatica*) встречаются с разной частотой у подвидов эволюционной ветви М (*A. m. mellifera*), что свидетельствует о различном уровне гибридизации семей пчел внутри каждого района (таблица 2). Наибольшее число генов М обнаружено в Кезском районе (97,1 %), в Дебесском районе (88,6 %) и в Игринском районе (81,5 %) (рис. 3). В то же время необходимо отметить, что достаточно часто была встречаемость разного генотипа в рамках одной пасеки. Так, например, на пасеке д. Юлдырь Балезинского района из отобранных образцов пчелиных семей имели гены ветви М (92,4 %) с варибельностью 52,9–100,0 % три семьи, а две семьи – 12,5 % (варибельность 0,0–50,9 %). На пасеке в д. Сосновские Шорни Игринского района ген М составил 98,7 % у трех семей (вариация от 87,4 до 100,0 %), у одной – 8,1 % (вариация от 0,0 до 40,5 %). Данный факт свидетельствует о существовании даже на одной пасеке разных пород медоносной пчелы, что повышает уровень гибридизации медоносных пчел и создает неблагоприятный фон для сохранения ге-

нофонда аборигенной среднерусской породы пчел *Apis mellifera mellifera*. В среднем по северным районам по анализируемым образцам выявлено, что 66,2 % генов принадлежат эволюционной ветви М, 33,8 % – гибридной эволюционной ветви С.

На территории северных районов Удмуртской Республики удалось выявить локальные популяции или районы, где на пасеках сохранилась среднерусская порода пчел. Такие пасеки были обнаружены в д. Гонка, поч. Пажман, д. Ключи (Кезский район), д. Чумой (Игринский район), д. Уйвай, д. Тыловой (Дебесский район), д. Быдыпи (Балезинский район), д. Пышкец (Глазовский район), д. Верхние Уни (Юкаменский район), д. Бачумово (Ярский район). Все указанные населенные пункты находятся в относительной отдаленности от районных центров и городов, в природной изоляции в виде холмистой местности и богатых лесных хвойных массивов. По словам пчеловодов, пасеки существуют достаточно длительный срок (в указанных населенных пунктах от 10 до 66 лет) при этом на них никогда не завозились новые семьи, размножение их осуществлялось в основном с помощью роения, а содержание их исключительно стационарное. Объединяя полученные данные из исследуемых районов, формируются локальные популяции, сохранившие генофонд среднерусской породы. Так, можно выявить локальный подвид эволюционной ветви М (*A. m. mellifera*) в Кезском, Дебесском и Игринских районах как наименее гибридизированных особей медоносных пчел (89,1 %), в Балезинском, Юкаменском и Ярском районах уровень гибридизации по среднерусской породе составил 62,9 %, в соседних друг другу Красногорском и Глазовском районах – 37,0 % (рис. 3).

На основе полиморфизма локусов митохондриальной ДНК (локус COI-COII) и 9 микросателлитных локусов Ap243, 4a110, A24, A8, A43, A113, A88, Ap049, A28 ядерной ДНК был проведен популяционный анализ F-статистики для пчелиных семей Удмуртской Республики. Данный анализ позволяет оценить величину ожидаемой гетерозиготности на уровне пасек популяции одного района на уровне субпопуляции по всем указанным микросателлитным локусам, что будет характеризовать уровень генетического разнообразия популяции пчел. По ним можно определить состояние популяции, которое может находиться в состоянии равновесия, аутбридинга и инбридинга. На основе анализа полиморфизма локусов мтДНК (локус COI-COII) и 9 микросателлитных локусов были рассчитаны попарные значения Fst. Наименьшие значения Fst отмечаются между пчелами двух групп эволюционной ветви М (–0,09), наибольшие значения Fst отмечаются при сравнении с семьями пчел гибридного происхождения (0,54). Показатели гетерозиготности (Ho, Hs, Ht), подразделенности (Dst, Gst,

Gis) и инбридинга (Fit, Fst, Fis) свидетельствуют о равновесном распределении генов согласно закону Харди – Вайнберга ($H_o = H_s = 0,40$), слабой подразделенности на подгруппы ($G_{st} = 0,16$, $D_{st} = 0,09$) и присутствии инбридинга, характерного для чистых линий ($F_{is} = 0,12$). Исходя из этих параметров можно заключить, что пчелы Республики Удмуртия еще сохранили чистоту местного генофонда *A. m. mellifera*.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В результате комплексного исследования медоносных пчел с помощью анкетирования пчеловодов, использования морфометрического и молекулярно-генетического методов представлено состояние генофонда среднерусской породы медоносных пчел на территории северных районов Удмуртской Республики и установлены пасеки, где сохранилась данная аборигенная порода. Согласно полученным данным, наибольшая сохранность среднерусской породы выявлена в географически рядом расположенных районах: Кезском, Дебесском и Игринском, где встречаемость генов *A. m. mellifera* соста-

вила 89,1 % от всех проанализированных особей. С большей частотой в остальных северных районах республики встречаются гены *A. m. carpatica*, *A. m. caucasia*, *A. m. carnica*, что подтверждается сообщениями пчеловодов о периодическом, а иногда и единичным завозом пчел южных пород. Такое распределение генома дает возможность предварительно установить «удмуртскую» популяцию пчел в Кезском, Дебесском и Игринском районах республики.

Популяционно-генетические показатели F-статистики подтверждают небольшой инбридинг в семьях темных лесных пчел линии М Республики Удмуртия, характерный для чистых линий, или популяций, не подверженных интенсивному потоку генов интродуцированных чужеродных для данного региона подвидов. Кроме того, отмечается низкий уровень гетерозиготности и подразделенности популяции пчел Удмуртии на локальные группы, что позволяет рассматривать ее, как единую панмиктическую популяцию, которая характеризуется преобладанием инбридинга над аутбридингом.

Библиографический список

1. Островерхова Н. В. Селекция медоносной пчелы: достижения, проблемы и перспективы // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2024. № 67. С. 102–151. DOI: 10.17223/19988591/67/8.
2. Шарипов А. Я., Гиниятуллин М. Г., Каипкулов Р. Н., Саттарова А. А. Результаты изучения породного состава пчел Северного ареала Башкортостана // Пчеловодство и апитерапия: современное состояние и перспективы развития: материалы Всероссийской (национальной) научной конференции. Уфа, 2024. С. 89–94.
3. Трусов Ю. А., Тронина А. С., Юдин В. М. К вопросу сокращения численности пчелиных семей на территории Российской Федерации // Опираясь на прошлое, создаем будущее: точки роста в зоотехнии: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов, преподавателей, научных работников, представителей государственных структур и бизнес-сообществ. Курск, 2024. С. 6–10.
4. Воробьева С. Л., Юдин В. М., Равилов В. В., Цыгвинцев Д. Н. Медовая и восковая продуктивность пчел разных пород в Удмуртии // Пчеловодство. 2024. № 1. С. 10–12.
5. Шареева З. В., Ильясов А. Р., Кутлин Н. Г. [и др.] Сравнительный филогенетический анализ популяций *Apis mellifera* северного ареала Республики Башкортостан // Современные проблемы региональной экологии: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Бирск, 2024. С. 217–223.
6. Крымская С. А., Кузьмичев В. Е. Результаты исследования влияния племенных маток на уровень гибридизации пчелосемей методом цифровой геометрической морфометрии // Современные проблемы естествознания и естественно-научного образования: материалы I Всероссийской научно-практической конференции. Калуга, 2024. С. 101–102.
7. Островерхова Н. В. Генетические исследования медоносной пчелы *Apis mellifera* L. в Томском государственном университете // Научные чтения, посвященные 60-летию кафедры генетики и клеточной биологии Томского государственного университета: материалы международной конференции. Томск, 2024. С. 32–33.
8. Латыпова Э. Н., Саттаров В. Н., Ильясов Р. А. Мониторинг генетической структуры популяции пчел на территории geopарка «Торатау» // Фундаментальные и прикладные исследования: естественные науки: Материалы IV Всероссийской (Национальной) научно-практической конференции, посвященной 79-летию Победы в Великой Отечественной войне. Уфа, 2024. С. 77–83.
9. Ostroverkhova N. V., Rosseykina S. A. Novel haplotypes of the COI-COII mtDNA region in the dark forest bee, *Apis mellifera mellifera* L., 1758 // Euroasian Entomological Journal. 2023. Vol. 32. No. 4. Pp. 416–425. DOI: 10.15298/rusentj.32.4.08.
10. Кузьмичев В. Е., Крымская С. А. Исследование генетических причин коллапса медоносных пчел (*Apis mellifera* L.) с помощью морфометрических и молекулярных методов с учетом их внутрисемейного

наследственного полиморфизма // V Евроазиатский симпозиум по перепончатокрылым насекомым. Новосибирск, 2023. С. 92–93.

11. Воробьева С. Л., Тронина А. С., Юдин В. М. [и др.] Морфометрические показатели медоносных пчел разных пород на территории Удмуртской Республики // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 12. С. 1684–1693. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-12-1684-1693.

12. Готина О. О., Ковалева В. В. Определение породной принадлежности пчел по экстерьерным признакам // Актуальные проблемы агропромышленного комплекса: сборник трудов научно-практической конференции преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов Новосибирского ГАУ. Новосибирск, 2024. С. 348–351.

13. Шареева З. В., Кутлин Н. Г., Маннапов А. Г. [и др.] Морфометрический полиморфизм популяции пчел северного ареала Республики Башкортостан // Современные проблемы региональной экологии: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Бирск, 2024. С. 209–216.

14. Шареева З. В., Кутлин Н. Г., Ильясов А. Р. [и др.] Изменчивость некоторых микросателлитных локусов ядерной ДНК по пасакам северных районов Республики Башкортостан // Современные проблемы региональной экологии: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Бирск, 2024. С. 202–209.

15. Саттаров В. Н., Ильясов Р. А., Сагитов С. Т. [и др.] Молекулярно-генетическая оценка медоносных пчел в геопарке «Торатау» // Пчеловодство. 2024. № 6. С. 8–11.

16. Krupskiy O. B., Shkryl A. A., Torekhanov A. A., Uxikbayev M. M. Software in morphometry for determining the breed affiliation of honey bees // Science and Education. 2023. No. 3-2 (72). Pp. 203–213. DOI: 10.52578/2305-9397-2023-3-2-203-213.

17. Саттарова А. А., Каипкулов Р. Н., Каскинова М. Д. [и др.] Морфометрическая и генетическая характеристика медоносных пчел Бурзянского района // Пчеловодство. 2024. № 9. С. 24–27.

18. Simanjuntak Ju. G., Priawandiputra W., Raffiudin R., et al. Apis cerana Fabricius, 1793 in Sumatra: haplotype variations of mitochondrial DNA and the molecular relationship with the asian honey bees (Hymenoptera: Apidae) // Hayati Journal of Biosciences. 2024. Vol. 31, No. 4. Pp. 768–780. DOI: 10.4308/hjb.31.4.768-780.

19. Крымская С. А., Кузьмичев В. Е. Исследование генетической структуры выборок из семей медоносных пчел методом цифровой морфометрии и анализом локуса COI-COII мтДНК // Вестник Калужского университета. 2023. № 2 (59). С. 9–12. DOI: 10.54072/18192173_2023_2_9.

Об авторах:

Анастасия Сергеевна Тронина, кандидат сельскохозяйственных наук, старший преподаватель кафедры частного животноводства, Удмуртский государственный аграрный университет, Ижевск, Россия; ORCID 0000-0001-5374-2655, AuthorID 1025632. E-mail: anststtron@mail.ru

Светлана Леонидовна Воробьева, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных, Удмуртский государственный аграрный университет, Ижевск, Россия; ORCID 0000-0001-5640-3472, AuthorID 106797. E-mail: vorobievasveta@mail.ru

Виталий Маратович Юдин, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры кормления и разведения сельскохозяйственных животных, Удмуртский государственный аграрный университет, Ижевск, Россия; ORCID 0000-0001-9976-2029, AuthorID 663648. E-mail: vitaliyudin@yandex.ru

Рустем Абузарович Ильясов, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории нейробиологии развития, Институт биологии развития им. Н. К. Кольцова Российской академии наук, Москва, Россия; ORCID 0000-0003-2445-4739, AuthorID 156929. E-mail: apismell@mail.ru

Ольга Петровна Неверова, кандидат биологических наук, доцент, заведующая кафедрой биотехнологии и пищевых продуктов, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-2474-2290, AuthorID 393632. E-mail: kbpp@urgau.ru

References

1. Ostroverkhova N. V. Honey bee selection: achievements, problems, and prospects. *Tomsk State University Journal of Biology*. 2024; 67: 102–151. DOI: 10.17223/19988591/67/8. (In Russ.)

2. Sharipov A. Ya., Giniyatullin M. G., Kaipkulov R. N., Sattarova A. A. Results of the study of the breed composition of bees in the Northern area of Bashkortostan. *Beekeeping and apitherapy: current state and development prospects: materials of the All-Russian (national) scientific conference*. Ufa, 2024. Pp. 89–94. (In Russ.)

3. Trusov Yu. A., Tronina A. S., Yudin V. M. On the issue of reducing the number of bee colonies in the territory of the Russian Federation. *Based on the past, we create the future: growth points in animal husbandry: Pro-*

ceedings of the All-Russian scientific and practical conference of students, postgraduates, teachers, researchers, representatives of government agencies and business communities. Kursk, 2024. Pp. 6–10. (In Russ.)

4. Vorobyeva S. L., Yudin V. M., Ravilov V. V., Tsygvintsev D. N. Honey and wax productivity of different breeds in the Udmurtian Republic. *Beekeeping*. 2024; 1: 10–12. (In Russ.)

5. Shareeva Z. V., Ilyasov A. R., Kutlin N. G. [et al.] Comparative phylogenetic analysis of *Apis mellifera* populations of the northern range of the Republic of Bashkortostan. *Modern problems of regional ecology: Collection of scientific papers of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation*. Birk, 2024. Pp. 217–223. (In Russ.)

6. Krymskaya S. A., Kuzmichev V. E. Results of the study of the influence of breeding queens on the level of hybridization of bee colonies using the method of digital geometric morphometry. *Modern problems of natural science and natural science education: Proceedings of the I All-Russian Scientific and Practical Conference*. Kaluga, 2024. Pp. 101–102. (In Russ.)

7. Ostroverkhova N. V. Genetic studies of the honey bee *Apis mellifera* L. at Tomsk State University. *Scientific readings dedicated to the 60th anniversary of the Department of Genetics and Cell Biology of Tomsk State University: Proceedings of the International Conference*. Tomsk, 2024. Pp. 32–33. (In Russ.)

8. Latypova E. N., Sattarov V. N., Ilyasov R. A. Monitoring the genetic structure of the bee population in the territory of the Toratau Geopark. *Fundamental and Applied Research: Natural Sciences: Proceedings of the IV All-Russian (National) Scientific and Practical Conference dedicated to the 79th anniversary of the Victory in the Great Patriotic War*. Ufa, 2024. Pp. 77–83. (In Russ.)

9. Ostroverkhova N. V., Rosseykina S. A. Novel haplotypes of the COI-COII mtDNA region in the dark forest bee, *Apis mellifera mellifera* L., 1758. *Euroasian Entomological Journal*. 2023; 32: 4. 416–425. DOI: 10.15298/rusentj.32.4.08.

10. Kuzmichev V. E., Krymskaya S. A. Study of genetic causes of collapse of honey bees (*Apis mellifera* L.) using morphometric and molecular methods taking into account their intrafamily hereditary polymorphism. *V Eurasian Symposium on Hymenoptera Insects*. Novosibirsk, 2023. Pp. 92–93. (In Russ.)

11. Vorobyova S. L., Tronina A. S., Yudin V. M., et al. Morphometric indices of honey bees of different breeds in the territory of the Udmurt Republic. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24: 12: 1684–1693. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-12-1684-1693. (In Russ.)

12. Gotina O. O., Kovaleva V. V. Determination of the breed affiliation of bees by exterior characteristics. *Actual problems of the agro-industrial complex: Collection of works of the scientific and practical conference of teachers, postgraduates, master's students and students of the Novosibirsk State Agrarian University*. Novosibirsk, 2024. Pp. 348–351. (In Russ.)

13. Shareeva Z. V., Kutlin N. G., Mannapov A. G., et al. Morphometric polymorphism of the bee population of the northern area of the Republic of Bashkortostan. *Modern problems of regional ecology: Collection of scientific papers of the All-Russian scientific and practical conference with international participation*. Birk, 2024. Pp. 209–216. (In Russ.)

14. Shareeva Z. V., Kutlin N. G., Ilyasov A. R., et al. Variability of some microsatellite loci of nuclear DNA in apiaries of the northern regions of the Republic of Bashkortostan. *Modern problems of regional ecology: Collection of scientific papers of the All-Russian scientific and practical conference with international participation*. Birk, 2024. Pp. 202–209. (In Russ.)

15. Sattarov V. N., Ilyasov R. A., Sagitov S. T., et al. Molecular genetic assessment of honey bees in the “Toratau” Geopark. *Beekeeping*. 2024; 6: 8–11. (In Russ.)

16. Krupskiy O. B., Shkryl A. A., Torekhanov A. A., Uxikbayev M. M. Software in morphometry for determining the breed affiliation of honey bees. *Science and Education*. 2023; 3–2 (72): 203–213. DOI: 10.52578/2305-9397-2023-3-2-203-213.

17. Sattarova A. A., Kaipkulov R. N., Kaskinova M. D., et al. Morphometric and genetic characteristics of honey bees of the Burzyansky district. *Beekeeping*. 2024; 9: 24–27. (In Russ.)

18. Simanjuntak Ju. G., Priawandiputra W., Raffiudin R., et al. *Apis cerana* Fabricius, 1793 in Sumatra: Haplotype Variations of Mitochondrial DNA and the Molecular Relationship with the Asian Honey Bees (Hymenoptera: Apidae). *Hayati Journal of Biosciences*. 2024; 31: 4: 768–780. DOI: 10.4308/hjb.31.4.768-780.

19. Krymskaya S. A., Kuzmichev V. E. Explore of the genetic structure of samples from honeybee families by digital morphometry and analysis of the COI-COII locus of mitochondrial DNA. *Vestnik Kaluzhskogo Universiteta*. 2023; 2 (59): 9–12. DOI: 10.54072/18192173_2023_2_9. (In Russ.)

Authors' information

Anastasia S. Tronina, candidate of agricultural sciences, senior lecturer of the department of private animal husbandry, Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russia; ORCID 0000-0001-5374-2655, AuthorID 1025632. *E-mail: anststron@mail.ru*

Svetlana L. Vorobyeva, doctor of agricultural sciences, professor of the department of feeding and breeding of farm animals, Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russia; ORCID 0000-0001-5640-3472, AuthorID 106797. *E-mail: vorobievsveta@mail.ru*

Vitaliy M. Yudin, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of feeding and breeding of farm animals, Udmurt State Agrarian University, Izhevsk, Russia; ORCID 0000-0001-9976-2029, AuthorID 663648. *E-mail: vitaliyiudin@yandex.ru*

Rystem A. Ilyasov, doctor of biological sciences, leading researcher at the laboratory of developmental neurobiology, Koltzov Institute of Developmental Biology of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia; ORCID 000-0003-2445-4739, AuthorID 156929. *E-mail: apismell@mail.ru*

Olga P. Neverova, candidate of biological sciences, associate professor, head of the department of biotechnology and food products, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0002-2474-2290, AuthorID 393632. *E-mail: kbpp@urgau.ru*

Тенденции и прогноз развития регионального сельскохозяйственного сектора в контексте обеспечения его экономической безопасности и шокоустойчивости

Е. Б. Дворядкина, Г. М. Квон[✉], Е. А. Шишкина

Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия

[✉]E-mail: sung2002@mail.ru

Аннотация. Обеспечение экономической безопасности российских регионов, функционирующих в условиях внешних шоков, остается актуальной проблемой, требующей постоянного мониторинга. Сельскохозяйственный сектор регионов, от развития которого зависит продовольственная безопасность страны, является стратегически важным, что нашло свое отражение в документах различного уровня. **Цель исследования** состоит в выявлении основных тенденций развития Свердловской области на основе предложенных авторами показателей, обеспечивающих экономическую безопасность сельскохозяйственного сектора региона в контексте его шокоустойчивости и формировании прогнозов развития. **Методы.** В качестве основного метода в работе использован экономико-аналитический, методы прогнозирования, а также методы табличных и графических средств визуализации, анализа динамических рядов, позволившие в результате обосновать сложившиеся тенденции, выявить временные зависимости и сформировать прогнозы выбранных показателей на различные периоды, соответствующие стратегиям региона. **Научная новизна** работы состоит в дополнении ранее разработанной авторами системы показателей, позволивших на основе динамических рядов обосновать их прогнозные значения на 2026, 2030 и 2035 годы и отражающих уровень экономической безопасности сельскохозяйственного сектора региона. **Результаты.** В работе на основе оценки динамики фактических показателей, официально подтвержденных статистикой, отражающих специфику сельскохозяйственного сектора Свердловской области за период 2010–2023 годов, выявлены тенденции и построен прогноз предложенных авторами показателей с позиций шокоустойчивости и экономической безопасности региона, что позволило выявить сложившиеся тенденции, сопоставить их с целевыми ориентирами, отраженными в стратегических документах. **Практическая значимость** проведенных исследований заключается в использовании результатов прогнозов для обеспечения экономической безопасности региона, учитывающих специфику сельскохозяйственной сферы Свердловской области.

Ключевые слова: регион, экономическая безопасность, продовольственная безопасность, сельское хозяйство, агропромышленный комплекс, устойчивость, резилиентность (шокоустойчивость), прогноз, тенденции

Для цитирования: Дворядкина Е. Б., Квон Г. М., Шишкина Е. А. Тенденции и прогноз развития регионального сельскохозяйственного сектора в контексте обеспечения его экономической безопасности и шокоустойчивости // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 05. С. 792–805. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-792-805>.

Дата поступления статьи: 11.02.2025, **дата рецензирования:** 26.03.2025, **дата принятия:** 07.04.2025.

Trends and forecast for the development of the regional agricultural sector in the context of ensuring its economic security and shock resistance

E. B. Dvoryadkina, G. M. Kvon[✉], E. A. Shishkina

Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia

[✉]E-mail: sung2002@mail.ru

Abstract. Ensuring the economic security of Russian regions operating in the face of external shocks remains an urgent problem requiring constant monitoring. The agricultural sector of the regions, on the development of which the country's food security depends, is also strategically important, which is reflected in documents at various levels. **The purpose** of the study is to identify the main trends in the development of the Sverdlovsk region based on the indicators proposed by the authors that ensure the economic security of the agricultural sector in the region in the context of its shock resistance and the formation of development forecasts. **Methods.** The main method used in the work is economic analysis, forecasting methods, as well as methods of tabular and graphical visualization tools, dynamic series analysis, which allowed us to substantiate the current trends, identify time dependencies and generate forecasts of selected indicators for various periods corresponding to the strategies of the region. **The scientific novelty** of the work consists in supplementing the system of indicators previously developed by the authors, which made it possible, based on dynamic series, to justify their forecast values for 2026, 2030 and 2035, reflecting the level of economic security of the agricultural sector in the region. **Results.** Based on an assessment of the dynamics of actual indicators, officially confirmed by statistics reflecting the specifics of the agricultural sector of the Sverdlovsk region for the period 2010–2023, trends were identified and a forecast of the indicators proposed by the authors was made from the perspective of shock resistance and economic security of the region, which made it possible to identify current trends and compare them with the targets reflected in strategic documents. **The practical significance** of the conducted research lies in using the results of forecasts to ensure the economic security of the region, taking into account the specifics of the agricultural sector of the Sverdlovsk region.

Keywords: region, economic security, food security, agriculture, agro-industrial complex, sustainability, resilience (shock resistance), forecast, trends

For citation: Dvoryadkina E. B., Kvon G. M., Shishkina E. A. Trends and forecast for the development of the regional agricultural sector in the context of ensuring its economic security and shock resistance. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (05): 792–805. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-792-805>. (In Russ.)

Date of paper submission: 11.02.2025, **date of review:** 26.03.2025, **date of acceptance:** 07.04.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Вопросы обеспечения безопасности государства, исследуемые с точки зрения личной и общественной безопасности рассматривались еще со времен Аристотеля, Демокрита, Эпикура и претерпели значительную эволюцию. Развитие производительных сил, научно-технический прогресс, усиление борьбы за ограниченные ресурсы «выдвинули безопасность на первые места в политике, экономике, науке... поставили вопрос о необходимости управления безопасностью общества» [1]. Экономическая безопасность страны и ее регионов, определяемая как в целом, так и по отдельным сферам жизнедеятельности, является высшей ценностью, «при условии, что она гарантирует стабильность и устойчивый рост в каждом из регионов» [2]. Уральская научная школа под руководством А.И. Татаркина под эконо-

мической безопасностью территориальной системы понимает «совокупность условий и факторов, характеризующих текущее состояние экономики, стабильность, устойчивость и поступательность ее развития, степень ее самостоятельности в процессах интеграции с экономикой Федерации» [1].

Методический подход к исследованию вопросов экономической безопасности регионов, предлагаемый учеными Уральской научной школы, предусматривает выделение 13 сфер жизнедеятельности, одной из которых является продовольственная безопасность, характеризующая «степень обеспечения населения территории продовольствием собственного производства в достаточном количестве» [1]; в обеспечении продовольственной безопасности региона безусловно основная роль принадлежит сельскому хозяйству, что нашло отражение и в Док-

трине продовольственной безопасности России¹, Прогнозе развития агропромышленного комплекса в контексте его научно-технологического развития², в стратегических документах регионов страны. Также важную роль сельскохозяйственный сектор играет в устойчивом развитии страны и ее регионов, где одним из «инструментов» обеспечения развития является переход к экономике замкнутого цикла (циркулярной экономике) с целью «сбережения ресурсов и их рационального использования» [3]; в данном контексте сельское хозяйство является крайне привлекательным с учетом имеющихся инвестиционных возможностей [4]. Принципы циркулярной экономики, согласно работе М. В. Терешинной, С. Г. Тяглова, Е. В. Атамась, обозначены как «защита и восстановление агроэкосистем, минимизация образования отходов и их валоризация, переработка побочных продуктов с максимальным извлечением полезных свойств» [5].

Сельское хозяйство в регионах страны сталкивается с новыми вызовами (технологическими, экономическими, природно-климатическими и др.), растущими рисками, которые влияют на его развитие и продовольственную безопасность, причинами которых, как указывали авторы ранее, служат «рост спроса на продовольствие ввиду интенсивного роста городского населения, наличие международных торговых барьеров, внешнеполитическое давление на Россию, потеря плодородия почв, нехватка воды для орошения, недостаточные темпы внедрения новых технологических решений, машинно-технического обеспечения в сельском хозяйстве и др.» [6]. Факторами, также затрудняющими развитие агропромышленного комплекса России, являются несоответствие технической оснащенности, инфраструктуры сельских поселений научным достижениям, их потенциальным возможностям для применения в сельском хозяйстве, а также результативности уже проверенных научных достижений» [7]; существенное влияние природно-климатических факторов: в стране более 70 % сельскохозяйственного производства относится к зоне рискованного земледелия [8].

Исследование обеспечения устойчивости сельскохозяйственного сектора в контексте продовольственной безопасности представлено в статье Г. Деннинг [9]. В работе Б. А. Хейфец и В. Ю. Черновой [10] рассматриваются проблемы развития агропромышленного комплекса в сложных геополитических и макроэкономических условиях.

Современный период характеризуется наличием отраслевых рисков и угроз развития сельского хозяйства, таких как нехватка сельхозтехники, нехватка квалифицированных кадров, сложности с логистикой, дефицит семян³, а также сохраняющимися угрозами развития отрасли со стороны регионов.

В современных условиях, на наш взгляд, актуализируются вопросы мониторинга экономической безопасности региона и отдельных секторов экономики, рассматриваемые с позиций обеспечения его (региона) устойчивости к внешним шокам. В работе В. И. Сигова и А. А. Песоцкого [11] систематизированы различные подходы к оценке экономической безопасности региона, предусматривающие использование ряда методов, дополненных также методами оценки индикаторов экономической безопасности, рассматриваемых в вышеуказанной работе А. И. Татаркина и А. А. Куклина [1], а также обобщенных в работах А. А. Кораблевой [12] и И. В. Новиковой [13] (рис. 1).

Нами предлагается оценку экономической безопасности региона провести с использованием анализа существующих (сложившихся) тенденций с точки зрения обеспечения шокоустойчивости региона с дальнейшим сопоставлением их с целевыми показателями развития сельскохозяйственного сектора исследуемой области, которые представлены в различных стратегических документах. Данная статья продолжает ранее выполненное исследование, где нами была проведена оценка уровня шокоустойчивости (резилиентности) сельскохозяйственного сектора макрорегиона на основе выбранного перечня показателей, отражающих специфику сельского хозяйства.

В контексте оценки шокоустойчивости (резилиентности) сельскохозяйственной сферы региона авторами данной статьи предлагался алгоритм, предусматривающий:

- выбор объекта исследования, в качестве которого выступал Уральский макрорегион;
- подбор соответствующих показателей, позволяющих обосновать шокоустойчивость регионов;
- выбор метода оценки резилиентности, непосредственная оценка резилиентности и интерпретация полученных результатов [6].

По итогам расчета индекса резилиентности исследуемая в данной работе Свердловская область была отнесена к нерезилиентным. Нами уже отмечалось, что результаты расчета «зависят от периода исследования, набора показателей, согласно значениям которых в динамике определяется индекс, их количества, выбранного метода расчета» [6] и при обосновании шокоустойчивости иного

¹ Указ Президента РФ от 21.01.2020 № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации». URL: <https://legalacts.ru/doc/ukaz-prezidenta-rf-ot21012020-n-20-ob-utverzhenii> (дата обращения: 31.01.2025).

² Прогноз научно-технологического развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года. Москва: НИУ ВШЭ, 2017. 140 с.

³ По данным исследования компании «Яков и партнеры» (бывш. McKinsey & Co). URL: <https://yakovpartners.ru/publications/okno-vozmozhnostey-2-0/> (дата обращения: 17.01.2025).

сегмента экономического пространства, например социального, результаты расчета индекса могут быть противоположными, что также подтверждается выводами, сделанными в работе В. В. Климанова, С. М. Казаковой, А. А. Михайловой [14]. Также было отмечено, что оценка шокоустойчивости является развитием инструментария стратегического планирования; данная оценка крайне актуальна в условиях глобальных вызовов, она позволяет обосновать устойчивость сельскохозяйственного сектора региона к внешним шокам в контексте обеспечения экономической безопасности региона в исследуемой сфере, а именно продовольственной безопасности. Важным, на наш взгляд, является составление прогноза предлагаемых показателей в исследуемой сфере, что также нашло отражение в работах других отечественных исследователей: вопросы прогнозирования развития сельского хозяйства и продовольственной безопасности всесторонне рассмотрены в работах Д. Ю. Самигина и его коллег [15], Е. Н. Антамошкиной и А. Ф. Рогачева [16], И. В. Рябовой и коллег [17], Л. Пудеян и др. [18].

Методология и методы исследования (Methods)

В данной работе перечень показателей дополнен, на его основе проведена оценка существующих тенденций в контексте обеспечения экономической безопасности одного из субъектов Уральского макрорегиона – Свердловской области. Нами предлагается сформировать прогнозные значения предложенных ранее показателей, дополнив период исследования данными официальной статистики за 2023 год, а также включив в исследование динамики предлагаемых показателей за период 2010–2023 гг. новые показатели («Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата на одного работника по полному кругу организаций по 2016 г. (рубль, значение показателя за год)» и «Продукция сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий (в фактически действовавших ценах), млн руб.»), дополняющие ранее предложенный перечень. Методология исследования предусматривает, таким образом, прохождение следующих этапов (таблица 1).

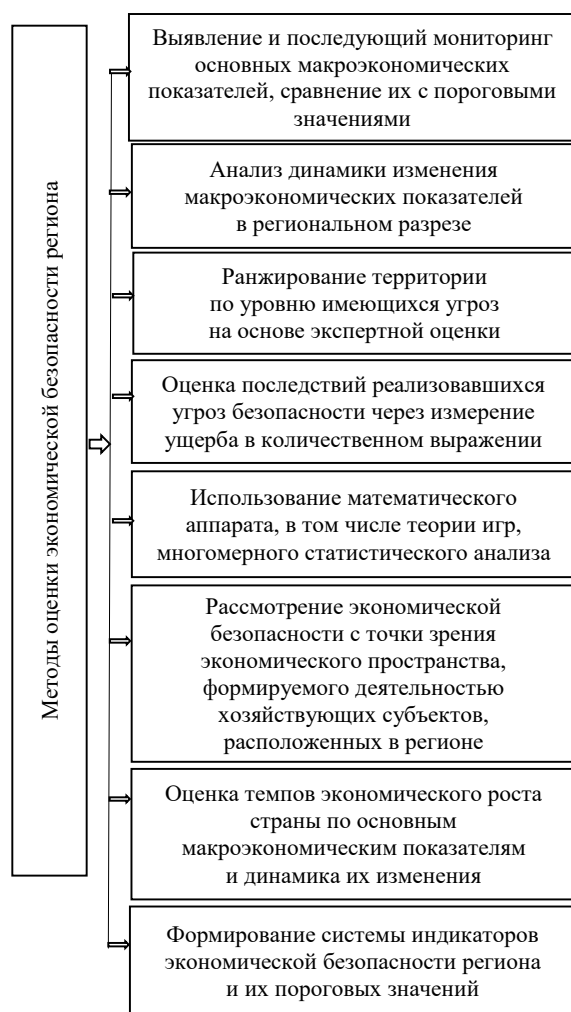


Рис. 1. Методы исследования экономической безопасности региона

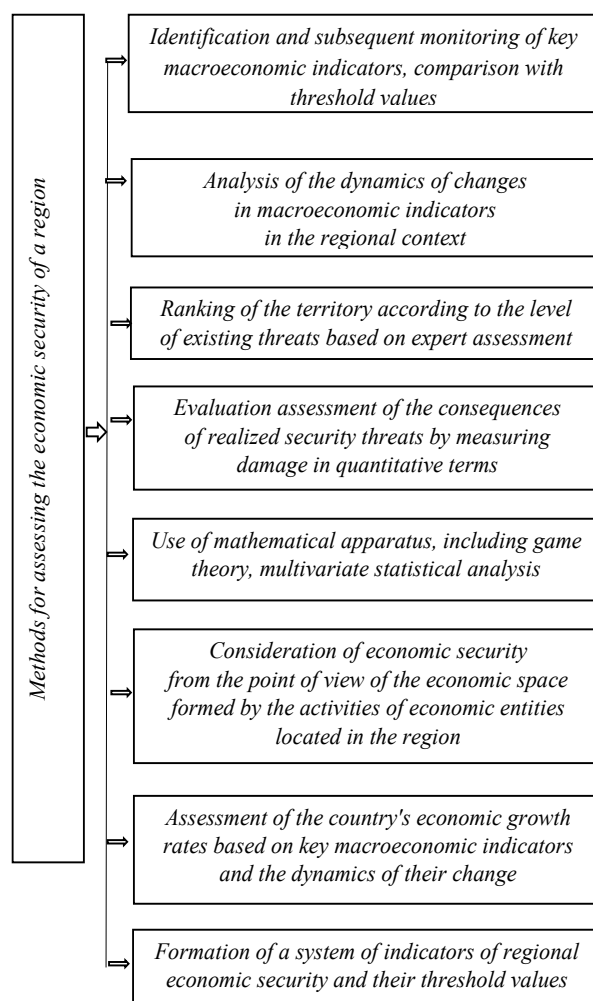


Fig. 1. Methods of research of economic security of the region

Таблица 1

Методология исследования сельскохозяйственного сектора в контексте обеспечения экономической безопасности и шокоустойчивости региона

Экономика

№ этапа	Наименование этапа	Содержание этапа
Этап 1	Выбор объекта и постановка цели исследования	Объект исследования – субъект РФ – Свердловская область. Цель исследования – мониторинг существующих тенденций функционирования регионального сельскохозяйственного сектора и обоснование прогнозных значений его развития
Этап 2	Обоснование исследуемых показателей и мониторинг существующих тенденций	Выбраны показатели: X1. Валовая добавленная стоимость на 1 занятого в разрезе вида экономической деятельности «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство», руб/чел. X2. Доля посевных площадей сельскохозяйственных культур (в хозяйствах всех категорий) в общей площади территории, %. X3. Степень износа ОФ в разрезе вида экономической деятельности «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство». X4. Индексы производства продукции сельского хозяйства, коэф. X5. Инвестиции на одного занятого в разрезе вида экономической деятельности «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство», руб/чел. X6. Удельный вес занятых в разрезе вида экономической деятельности «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» в общей занятости в экономике, %. X7. Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата на одного работника по полному кругу организаций по 2016 г. (рубль, значение показателя за год). X8. Продукция сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий (в фактически действовавших ценах), млн руб. Исследование динамики предлагаемых показателей за период 2010–2023 гг.
Этап 3	Обоснование метода прогнозирования	Предлагаются трендовые модели с использованием пакета анализа MS Excel, возможностей библиотеки Pandas Python. Горизонт прогнозирования показателей функционирования сельскохозяйственного сектора региона определен на 2026, 2030, 2035 гг.
Этап 4	Расчет прогнозных значений исследуемых показателей	Формирование описательной статистики показателей. Составление модели временных зависимостей, определяющих тенденции развития сельскохозяйственного сектора региона. Расчет ожидаемых значений показателей и их динамики
Этап 5	Интерпретация полученных результатов в контексте стратегического развития и экономической безопасности региона, выводы	Выявление соответствия/несоответствия фактических и прогнозных значений исследуемых показателей с некоторыми целевыми показателями, представленными в стратегических документах региона

Table 1

Methodology for researching the agricultural sector in the context of ensuring economic security and shock resistance of the region

Stage No.	Stage name	Stage contents
Stage 1	Selecting an object and setting a research objective	Object of the study is a subject of the Russian Federation – Sverdlovsk region Objective of the study is a monitoring existing trends in the functioning of the regional agricultural sector and substantiation of the forecast values of its development

Stage 2	Justification of the indicators under study and monitoring of existing trends	The following indicators have been selected: X1. Gross value added per employee by economic activity "Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming", rubles/person. X2. Share of sown areas of agricultural crops (in farms of all categories) in the total area of the territory, %. X3. Degree of depreciation of fixed assets by economic activity "Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming". X4. Indices of agricultural production, coefficients. X5. Investments per employee by economic activity "Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming", rubles/person. X6. Share of employees by economic activity "Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming" in total employment in the economy, %. X7. Average monthly nominal accrued wages per employee for the full range of organizations for 2016 (rubles, value of the indicator for the year). X8. Agricultural output in farms of all categories (in actual prices), million rubles. Study of the dynamics of the proposed indicators for the period 2010–2023
Stage 3	Justification of the forecasting method	Trend models are proposed using the MS Excel analysis package and the capabilities of the Pandas Python library. The forecasting horizon for the performance indicators of the regional agricultural sector is set for 2026, 2030, and 2035
Stage 4	Calculation of predicted values of the studied indicators	Formation of descriptive statistics of indicators. Creation of a model of time dependencies that determine the development trends of the agricultural sector of the region. Calculation of expected values of indicators and their dynamics
Stage 5	Interpretation of the obtained results in the context of strategic development and economic security of the region, conclusions	Identification of compliance/non-compliance of actual and forecast values of the studied indicators with some target indicators presented in the strategic documents of the region

Обоснование динамики предлагаемых показателей за исследуемый период происходит в соответствии с находящимися в открытом доступе данными официальной статистики.

Результаты (Results)

Реализация предложенной методологии обоснования прогнозных значений, свидетельствующих о возможных значениях развития региона в сельскохозяйственной сфере, рассмотрена в соответствии с предлагаемыми этапами.

Этап 1. Выбор объекта и постановка цели исследования

Представленная цель соответствует ряду стратегических документов, в качестве которых нами выбраны:

- стратегия развития агропромышленного комплекса Свердловской области на период до 2035 года⁴;
- стратегия социально-экономического развития Свердловской области на 2016–2030 годы⁵;

– прогноз социально-экономического развития Свердловской области на долгосрочный период до 2036 года⁶;

– прогноз социально-экономического развития Свердловской области на среднесрочный период 2025–2027 годов⁷.

Этап 2. Обоснование исследуемых показателей и мониторинг существующих тенденций

Динамика первых шести показателей была представлена в вышеуказанной работе авторов. С учетом данных трендов и динамики двух последних показателей составим таблицу 2, отражающую изменения показателей в их относительном измерении за период 14 лет (2010–2023 гг.).

Интерпретация фактически сложившихся тенденций представлена в таблице 3.

Этапы 3 и 4. Обоснование метода прогнозирования и расчет прогнозных значений исследуемых показателей

⁴ Стратегия развития агропромышленного комплекса Свердловской области на период до 2035 года: Постановление Правительства Свердловской области от 28 июня 2019 года № 386-ПП. URL: https://www.pravo.gov66.ru/media/pravo/386-ПП_a20HvMd.pdf (дата обращения: 23.01.2025).

⁵ Стратегия социально-экономического развития Свердловской области на 2016–2030 годы: утверждена Законом Свердловской области «О Стратегии социально-экономического развития Свердловской области на 2016–2030 годы». URL: <https://docs.cntd.ru/document/429024960> (дата обращения: 23.01.2025).

⁶ Прогноз социально-экономического развития Свердловской области на долгосрочный период до 2036 года: Утвержден Постановлением Правительства Свердловской области от 10 февраля 2022 г. № 80-ПП. URL: <https://docs.cntd.ru/document/578120089> (дата обращения: 23.01.2025).

⁷ Прогноз социально-экономического развития Свердловской области на среднесрочный период 2025–2027 годов: Постановление Правительства Свердловской области от 24 октября 2024 г. № 727-ПП. URL: <https://docs.cntd.ru/document/407467487> (дата обращения: 23.01.2025).

Таблица 2

Относительные изменения показателей сельскохозяйственной сферы региона за 2010–2023 гг.

Годы \ Показатели	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
2010	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2011	129,0	99,4	97,7	120,4	167,5	98,7	109,4	127,3
2012	92,4	99,1	105,0	81,8	128,8	97,8	112,0	90,8
2013	109,2	102,1	93,2	117,0	105,7	96,3	112,2	114,0
2014	123,5	100,7	103,0	91,8	85,5	89,6	108,6	112,1
2015	114,9	100,5	112,4	100,2	85,1	103,6	107,5	115,1
2016	96,4	97,8	104,7	97,6	120,1	98,6	109,1	98,7
2017	137,3	98,7	93,3	104,3	246,5	82,8	109,8	106,1
2018	126,3	97,9	107,8	103,6	70,3	90,9	107,4	107,4
2019	113,5	99,1	102,7	99,2	102,2	93,3	110,6	108,3
2020	112,5	100,0	103,9	93,0	138,5	91,4	108,8	101,7
2021	112,4	99,3	101,9	92,8	90,7	98,9	112,6	108,8
2022	112,8	100,6	101,1	118,7	116,2	103,1	109,4	113,2
2023	100,0	98,8	92,8	88,9	116,1	99,0	121,1	99,1

Table 2

Relative changes in indicators of the agricultural sector of the region for 2010–2023

Years \ Indicators	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
2010	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
2011	129.0	99.4	97.7	120.4	167.5	98.7	109.4	127.3
2012	92.4	99.1	105.0	81.8	128.8	97.8	112.0	90.8
2013	109.2	102.1	93.2	117.0	105.7	96.3	112.2	114.0
2014	123.5	100.7	103.0	91.8	85.5	89.6	108.6	112.1
2015	114.9	100.5	112.4	100.2	85.1	103.6	107.5	115.1
2016	96.4	97.8	104.7	97.6	120.1	98.6	109.1	98.7
2017	137.3	98.7	93.3	104.3	246.5	82.8	109.8	106.1
2018	126.3	97.9	107.8	103.6	70.3	90.9	107.4	107.4
2019	113.5	99.1	102.7	99.2	102.2	93.3	110.6	108.3
2020	112.5	100.0	103.9	93.0	138.5	91.4	108.8	101.7
2021	112.4	99.3	101.9	92.8	90.7	98.9	112.6	108.8
2022	112.8	100.6	101.1	118.7	116.2	103.1	109.4	113.2
2023	115.4	98.8	92.8	88.9	116.1	99.0	121.1	99.1

В рамках проводимого исследования проведен анализ комплекса показателей развития сельского хозяйства Свердловской области. Направления исследования включали, во-первых, анализ тенденций развития отрасли, во-вторых, моделирование и оценку прогнозных значений рассматриваемых показателей. Большинство расчетов реализовано с использованием MS Excel, для некоторых расчетов использованы возможности библиотеки Pandas Python. Описательная статистика показателей развития сельского хозяйства Свердловской области за исследуемый период приведена в таблице 4.

За исследуемый период наибольший рост показали валовая добавленная стоимость на 1 занятого в данном виде экономической деятельности (+399,6 %), инвестиции на одного занятого в разрезе вида экономической деятельности (+498,4 %), среднемесячная номинальная начисленная заработ-

ная плата (+ 271 %). Отрицательный прирост имела доля посевных площадей сельскохозяйственных культур (–6,1 %). Продукция сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий увеличилась на 157,0 %. Равномерность динамики (отсутствие статистических выбросов) оценена на основе анализа динамического ряда, полученные результаты необходимы для прогнозирования и оценки тенденций изменения показателей и выбора прогнозной модели. Также если максимум показателя достигается в последний наблюдаемый период, то можно предположить равномерность динамики. Поэтому индекс производства продукции сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий исключен из прогнозных оценок ввиду существенной неравномерности динамики, соответственно, низкой достоверности результатов прогноза. Результаты анализа дескриптивной статистики позволили построить трендовые модели данных (таблица 5).

Таблица 3

Анализ тенденций развития сельскохозяйственной сферы региона за 2010–2023 гг.

Показатель	Сложившаяся динамика	Примечание
X1	Рост показателя	Положительная тенденция
X2	Снижение показателя	Негативная тенденция
X3	Рост показателя, незначительное снижение в 2023 г.	Негативная тенденция
X4	Несколько пиков за исследуемый период	Неоднозначная тенденция
X5	Кратное увеличение показателя по сравнению с 2010 г.	Положительная тенденция, в отдельные годы наблюдается резкий подъем показателя
X6	Снижение показателя	Негативная тенденция
X7	Рост показателя	Положительная тенденция
X8	Рост показателя, незначительное снижение в 2023 г.	Положительная тенденция

Table 3

Analysis of trends in the development of the agricultural sector in the region for 2010–2023

Indicator	Current dynamics	Note
X1	Indicator growth	A positive trend
X2	Decrease in the indicator	A negative trend
X3	Growth rate, slight decrease in 2023	A negative trend
X4	Several peaks during the study period	An ambiguous trend
X5	A multiple increase compared to 2010	This is a positive trend, with a sharp rise in the indicator in some years
X6	Decrease in the indicator	A negative trend
X7	Indicator growth	A positive trend
X8	Growth rate, slight decrease in 2023	A positive trend

Таблица 4

Описательная статистика показателей развития сельскохозяйственного сектора Свердловской области, 2010–2023 гг.⁸

Показатель	Максимум	Минимум	Интервал	Динамика за период, %	Средняя ежегодная динамика, %	Максимум достигается в последний наблюдаемый период	Равномерность динамики (отсутствие статистических выбросов)
X1	1 443 142,6	288 850,1	1 154 293	499,6	113,2	Да	Нет
X2	4,5	4,1	0,3	93,9	99,5	Нет	Нет
X3*	44,2	33	11,2	118,8	101,3	Нет	Да
X4	113,9	90,7	23,2	101,2	100,0	Нет	Нет
X5	165 532,1	27 660,5	137 871,5	598,4	114,8	Да	Нет
X6	5,0	2,70	2,3	55,1	95,5	Нет	Нет
X7	47 225,4	12 729,7	34 495,7	371	110,6	Да	Да
X8	115 305	44 463,6	70 841,4	257,0	107,5	Нет	Да

* К 2022 г.

Table 4

Descriptive statistics of agricultural sector development indicators in the Sverdlovsk region, 2010–2023

Indicator	Max	Min	Interval	Dynamics for the period, %	Average annual dynamics, %	The maximum is reached in the last observed period	Uniformity of dynamics (absence of statistical outliers)
X1	1 443 142.6	288 850.1	1 154 293	499.6	113.2	Yes	No
X2	4.5	4.1	0.3	93.9	99.5	No	No
X3*	44.2	33	11.2	118.8	101.3	No	Yes
X4	113.9	90.7	23.2	101.2	100.0	No	No
X5	165 532.1	27 660.5	137 871.5	598.4	114.8	Yes	No
X6	5.0	2.70	2.3	55.1	95.5	No	No
X7	47 225.4	12 729.7	34 495.7	371	110.6	Yes	Yes
X8	115 305	44 463.6	70 841.4	257.0	107.5	No	Yes

* By 2022.

⁸ Рассчитано по: Регионы России. Социально-экономические показатели. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 28.01.2025).

Таблица 5

Результаты моделирования тенденций развития сельского хозяйства Свердловской области

Показатель	Уравнение	R ²
X1	$Y = 96\,581 \cdot X1 + 44542$	0,925
X2	$Y = -0,0242 \cdot X2 + 4,4704$	0,716
X3	$Y = 0,8435 \cdot X3 + 32,2$	0,814
X5	$Y = 9610,6 \cdot X5 - 2E + 07$	0,8
X6	$Y = 0,0032 \cdot X6^2 + 0,2573 \cdot X6 + 5,47$	0,939
X7	$Y = 2359,2 \cdot X7 - 5E + 06$	0,941
X8	$Y = 5312,7 \cdot X8 - 1E + 07$	0,975

Table 5

Results of modeling trends in the development of agriculture in the Sverdlovsk region

Indicator	Equation	R ²
X1	$Y = 96\,581 \cdot X1 + 44542$	0.925
X2	$Y = -0.0242 \cdot X2 + 4.4704$	0.716
X3	$Y = 0.8435 \cdot X3 + 32.2$	0.814
X5	$Y = 9610.6 \cdot X5 - 2E + 07$	0.8
X6	$Y = 0.0032 \cdot X6^2 + 0.2573 \cdot X6 + 5.47$	0.939
X7	$Y = 2359.2 \cdot X7 - 5E + 06$	0.941
X8	$Y = 5312.7 \cdot X8 - 1E + 07$	0.975

Проведенный анализ данных показал, что тенденции изменения рассматриваемых показателей развития сельского хозяйства региона можно описать линейной или полиномиальной моделями, которые имеют близкий уровень значимости. Поэтому для прогнозирования показателей применялась модель линейного тренда (исключение – «удельный вес занятых в разрезе вида экономической деятельности «сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство», где наибольший уровень значимости показала полиномиальная модель). В таблице 6 представлены результаты прогнозирования ожидаемых значений показателей на 2026 г., 2030 г., 2035 г. Прогнозные ошибки незначительны (не превышают 10 %). Отметим, что данные прогнозные оценки (2030 г., 2035 г.) следует рассматривать как возможные ориентиры развития сельского хозяйства в условиях сохранения текущих тенденций.

Полученные прогнозные оценки показателей важно рассматривать в контексте обеспечения экономической безопасности и рисков развития сельского хозяйства региона, в связи с чем следует обратить внимание на следующие тенденции. Несмотря на ожидаемый рост заработной платы, сохраняется устойчивое отставание показателя от среднероссийского уровня в 1,6 раза (2023 г.), при этом, согласно прогнозу, при сохранении текущей динамики в 2035 г. указанные дисбалансы будут возрастать. Данные тенденции создают риски снижения привлекательности отрасли для работников, как следствие, оттока и дефицита кадров. Усиливает данные риски тенденция снижения удельного веса занятых в отрасли (на 65,7 % к 2035 г.) в общей занятости в экономике. Риски развитию сельского

хозяйства также создает продолжающееся сокращение посевных площадей сельскохозяйственных культур (на –7,9 % к 2035 г.). Отметим возрастающий износ основных фондов: согласно прогнозным оценкам в 2031 г., можно ожидать его значение более 50 %, что является пороговым в контексте обеспечения экономической безопасности.

Этап 5. Интерпретация полученных результатов в контексте стратегического развития и экономической безопасности региона, выводы

В аспекте стратегического развития и экономической безопасности сельского хозяйства региона следует проанализировать целевые ориентиры и показатели его развития, определенные в документах регионального планирования и прогнозирования (таблица 7).

В целом отмечается единство стратегических целей развития сельского хозяйства региона, при этом анализ текстов документов показывает, что риск-ориентированный подход в них не находит широкого применения. Большинство целевых показателей развития отрасли представлено в двух или трех сценариях, для данного исследования рассмотрены целевые (базовые) сценарии развития, определенные как наиболее вероятные. Рассматривается выборка показателей, соответствующих проводимому исследованию. Представим их в таблице 8.

Сравнительный анализ прогнозных показателей, определенных в стратегических документах, показывает их противоречивость. Отклонение значений показателей продукции сельского хозяйства, произведенной хозяйствами всех категорий по разным документам, составляет до 1,5 раза (на 2030 г.), среднемесячной номинальной начисленной заработной платы в отрасли – 1,6 раза (2025 г.).

Таблица 6

Результаты прогнозирования развития сельского хозяйства Свердловской области⁸

Показатель	Ожидаемые значения показателей и их динамика					
	2026	2026/2023, %	2030	2030/2023, %	2035	2035/2023, %
X1	2 348 546,8	162,7	3 473 993,2	240,7	5 227 265,2	362,2
X2	4,1	97,4	3,9622	95,1	3,84	92,1
X3	46,5	113,5	49,9	121,7	54,133	132
X5	180 378,2	108,9	218 820,6	132,1	266 873,6	161,2
X6	2,0218	73,4	1,479	53,7	0,945	34,3
X7	47 758,8	101,1	57 195,5	121,1	68 991,3	146,1
X8	129 616,6	113,4	150 867,2	132	177 430,5	155,3

Economy

Table 6

Results of forecasting the development of agriculture in the Sverdlovsk region

Indicator	Expected values of indicators and their dynamics					
	2026	2026/2023, %	2030	2030/2023, %	2035	2035/2023, %
X1	2 348 546.8	162.7	3 473 993.2	240.7	5 227 265.2	362.2
X2	4.1	97.4	3.9622	95.1	3.84	92.1
X3	46.5	113.5	49.9	121.7	54.133	132
X5	180 378.2	108.9	218 820.6	132.1	266 873.6	161.2
X6	2.0218	73.4	1.479	53.7	0.945	34.3
X7	47 758.8	101.1	57 195.5	121.1	68 991.3	146.1
X8	129 616.6	113.4	150 867.2	132	177 430.5	155.3

Таблица 7

Целевые ориентиры развития сельского хозяйства в Свердловской области

Документ	Цель
Стратегия развития агропромышленного комплекса Свердловской области на период до 2035 года (Постановление Правительства Свердловской области от 28 июня 2019 года № 386-ПП)	Обеспечение продовольственной безопасности населения и наращивание экспортного потенциала Свердловской области
Об обеспечении продовольственной безопасности Свердловской области (Закон Свердловской области от 31 января 2012 года № 6-ОЗ) ⁹	Обеспечение населения Свердловской области безопасной, качественной и доступной сельскохозяйственной продукцией, сырьем и продовольствием в объемах, обеспечивающих рациональные нормы потребления пищевой продукции
Стратегия социально-экономического развития Свердловской области на 2016–2030 годы (утв. Законом Свердловской области от 21 декабря 2015 года № 151-ОЗ)	Устойчивое развитие агропромышленного комплекса и обеспечение продовольственной безопасности Свердловской области

Table 7

Targets for the development of agriculture in the Sverdlovsk region

Document	Purpose
Strategy for the Development of the Agro-Industrial Complex of the Sverdlovsk Region until 2035 (Resolution of the Government of the Sverdlovsk Region dated June 28, 2019 № 386-PP)	Ensuring food security for the population and increasing the export potential of the Sverdlovsk region
On Ensuring Food Security of the Sverdlovsk Region (Law of the Sverdlovsk Region dated January 31, 2012 № 6-OZ)	Providing the population of the Sverdlovsk region with safe, high-quality and affordable agricultural products, raw materials and food in quantities that ensure rational standards of food consumption
Strategy for the Socio-Economic Development of the Sverdlovsk Region for 2016–2030 (approved by the Law of the Sverdlovsk Region dated December 21, 2015 № 151-OZ)	Sustainable development of the agro-industrial complex and ensuring food security for the Sverdlovsk region

⁸ Регионы России. Социально-экономические показатели. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 28.01.2025).

⁹ Закон Свердловской области от 31 января 2012 года N 6-ОЗ «Об обеспечении продовольственной безопасности Свердловской области». URL: <https://docs.cntd.ru/document/453114222> (дата обращения: 28.01.2025).

Таблица 8

Целевые показатели развития сельского хозяйства в Свердловской области

Экономика

Документ	Показатели
Стратегия развития агропромышленного комплекса Свердловской области на период до 2035 года (Постановление Правительства Свердловской области от 28 июня 2019 года № 386-ПП)	Индекс производства сельского хозяйства, % (мин (макс)) 2030 г.: 100,0 (102,9) 2035 г.: 100,0 (102,8) Производство продукции сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий, млн рублей: 2030 г.: 146 320 (172 310) 2035 г.: 220 110 (265 250)
Стратегия социально-экономического развития Свердловской области на 2016–2030 годы (утв. Законом Свердловской области «О Стратегии социально-экономического развития Свердловской области на 2016–2030 годы»)	Объем произведенной продукции сельского хозяйства в 2030 г. – 95,3 млрд руб. Производительность труда в сфере сельского хозяйства в 2030 году – 2,8 млн руб.
Прогноз социально-экономического развития Свердловской области на долгосрочный период до 2036 года (Утвержден Постановлением Правительства Свердловской области от 10 февраля 2022 г. № 80-ПП)	Объем произведенной продукции хозяйствами всех категорий на конец периода, млрд руб.: 2022–2024 годы: 104,9 2025–2030 годы: 137,9 2031–2036 годы: 189,8 Индекс производства продукции сельского хозяйства (среднегодовой за период), %: 2022–2024 годы: 100,8 2025–2030 годы: 102,6 2031–2036 годы: 102,9 Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата в отрасли сельского хозяйства на конец периода на одного работника, руб. 2022–2024 годы: 40 546 2025–2030 годы: 57 515 2031–2036 годы: 86 314
Прогноз социально-экономического развития Свердловской области на среднесрочный период 2025–2027 годов (Постановление Правительства Свердловской области от 24 октября 2024 г. № 727-ПП)	К 2026 г. Продукция сельского хозяйства, произведенная хозяйствами всех категорий, млрд руб.: Вариант 1: 129,5 (2026) Вариант 2: 130,0 (2026) Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата одного работника, руб. Вариант 1: 93 492 Вариант 2: 96 487

Table 8

Agricultural development targets in the Sverdlovsk region

Document	Indicators
Strategy for the development of the agro-industrial complex of the Sverdlovsk region for the period up to 2035 (Decree of the Government of the Sverdlovsk Region dated June 28, 2019 № 386-PP)	Agricultural production index, % (min (max)) 2030: 100.0 (102.9) 2035: 100.0 (102.8) Agricultural production in farms of all categories, million rubles: 2030: 146 320 (172 310) 2035: 220 110 (265 250)
The Strategy of Socio-economic development of the Sverdlovsk Region for 2016-2030 (approved by the Law of the Sverdlovsk Region "On the Strategy of Socio-economic Development of the Sverdlovsk Region for 2016–2030")	The volume of agricultural output in 2030 is 95.3 billion rubles. Labor productivity in agriculture in 2030 is 2.8 million rubles
Forecast of socio-economic development of the Sverdlovsk region for the long-term period up to 2036 (Approved by Decree of the Government of the Sverdlovsk Region dated February 10, 2022 № 80-PP)	Volume of output by farms of all categories at the end of the period, billion rubles: 2022–2024: 104.9 2025–2030: 137.9 2031–2036: 189.8

	<i>Index of agricultural output (annual average for the period), percent:</i> 2022–2024: 100.8 2025–2030: 102.6 2031–2036: 102.9 <i>Average monthly nominal accrued wages in the agricultural sector at the end of the period, rubles per employee:</i> 2022–2024: 40 546 2025–2030: 57 515 2031–2036: 86 314
<i>Forecast of socio-economic development of the Sverdlovsk region for the medium-term period 2025–2027 (Decree of the Government of the Sverdlovsk Region dated October 24, 2024 № 727-PP)</i>	<i>By 2026.</i> <i>Agricultural output produced by farms of all categories, billion rubles:</i> Option 1: 129.5 (2026) Option 2: 130.0 (2026) <i>Average monthly nominal accrued wages per employee, rubles:</i> Option 1: 93 492 Option 2: 96 487

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Анализ выбранных авторами показателей, отражающих в динамике ситуацию в региональном сельскохозяйственном секторе, рассматриваемых с точки зрения экономической безопасности, показал, что тенденции за исследуемый период различные. Так, ряд показателей (X2 «Доля посевных площадей сельскохозяйственных культур (в хозяйствах всех категорий) в общей площади территории, %», X3 «Степень износа ОФ в разрезе вида экономической деятельности «сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» и X6 «Удельный вес занятых в разрезе вида экономической деятельности «сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» в общей занятости в экономике, %»), согласно данным официальной статистики, в динамике имеет ухудшающий характер, что позволяет сделать вывод о снижении уровня экономической безопасности сельскохозяйственного сектора Свердловской области. При этом результаты прогнозирования развития сельского хозяйства Свердловской области, выполненные ав-

торами на 2026, 2030 и 2035 годы, свидетельствуют о дальнейшем развитии негативных тенденций в части показателей X2, X3 и X6.

Мониторинг стратегических документов позволил выявить, что фактические тенденции соответствуют минимальному варианту прогноза Стратегии развития агропромышленного комплекса Свердловской области, а также базовому (целевому) варианту прогноза социально-экономического развития Свердловской области на долгосрочный период. Разбалансированность показателей развития отрасли, определенных в разных документах, создает риски неэффективности принимаемых управленческих решений, использования ресурсов, затрудняет оценку влияния различных факторов на развитие отрасли. Соответственно, развитие сельскохозяйственного сектора в контексте экономической безопасности региона требует комплексного подхода и учета взаимодействия различных факторов для преодоления текущих вызовов и более устойчивого будущего.

Библиографический список

1. Татаркин А. И., Куклин А. А. Изменение парадигмы исследований экономической безопасности региона // Экономика региона. 2012. № 2 (30). С. 25–39. DOI: 10.17059/2012-2-2.
2. Абалкин Л. И. Экономическая безопасность России: угрозы и их отражение // Вопросы экономики. 1994. № 12. С. 4–16.
3. Антонова И. И., Мухаметшин Р. З., Антонов С. А. Ресурсосберегающие аспекты циркулярной экономики: проблемы перехода // Вестник экономики, права и социологии. 2021. № 4. С. 13–17.
4. Антонова И. И., Кормишкина Л. А., Салимова Т. А. [и др.]. Циркулярная экономика: обеспечение устойчивого развития и конкурентоспособности региона. Москва: ООО «Научно-издательский центр Инфра-М», 2022. 270 с. DOI: 10.12737/1869520.
5. Терешина М. В., Тяглов С. Г., Атамась Е. В. Экономика замкнутого цикла в сельскохозяйственном производстве: потенциал реализации в новых институциональных условиях // Регионоведение. 2024. Т. 32, № 4. С. 635–652. DOI: 10.15507/2413-1407.129.032.202404.635-652.
6. Дворядкина Е. Б., Квон Г. М., Поздеева О. Г. Оценка резилиентности сельскохозяйственной сферы Уральского // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 11. С. 1514–1525. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-11-1514-1525.

7. Серебрякова Т. Ю., Журавлев Е. В. Методика оценки инновационного развития регионального сельского хозяйства // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 12. С. 1748–1762. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-12-1748-1762.
8. Семенова Н. Н., Аверин А. Ю. Оценка эффективности государственной поддержки страхования в сельском хозяйстве России // Регионология. 2022. Т. 30, № 2. С. 299–323. DOI: 10.15507/2413-1407.119.030.202202.299-323.
9. Denning G. Sustainable intensification of agriculture: the foundation for universal food security // npj Sustainable Agriculture. 2025. Vol. 3, No. 7. DOI: 10.1038/s44264-025-00047-3.
10. Kheyfets B. A., Chernova V. Y. Adaptation of agriculture to new geopolitical conditions // Studies on Russian Economic Development. 2024. Vol. 35. Pp. 725–732. DOI: 10.1134/S1075700724700266.
11. Сигов В. И., Песоцкий А. А. Безопасность экономического пространства региона: концептуальные основы и система показателей // Экономика региона. 2017. Т. 13, Вып. 4. С. 1236–1250. DOI: 10.17059/2017-4-21.
12. Кораблева А. А., Карпов В. В. Индикаторы экономической безопасности региона // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. 2017. № 3 (23). С. 36–42.
13. Новикова И. В., Красников Н. И. Индикаторы экономической безопасности региона // Вестник Института дружбы народов Кавказа (Теория экономики и управления народным хозяйством). Экономические науки. 2010. № 1 (13). С. 167–178.
14. Климанов В. В., Казакова С. М., Михайлова А. А. Ретроспективный анализ устойчивости регионов России как социально-экономических систем // Вопросы экономики. 2019. № 5. С. 46–64. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-5-46-64.
15. Самыгин Д. Ю., Барышников Н. Г., Мизюркина Л. А. Модели сценарного прогнозирования развития сельского хозяйства региона // Экономика региона. 2019. Т. 15, Вып. 3. С. 865–879. DOI: 10.17059/2019-3-18.
16. Antamoshkina E. N., Rogachev A. F. The model of statistical assessment of food security // In: Bogoviz A. (ed.) Complex Systems: Innovation and Sustainability in the Digital Age. Studies in Systems, Decision and Control. Springer, Cham., 2020. Pp. 471–479. DOI: 10.1007/978-3-030-44703-8_51.
17. Ryabova I. V., Frolova O. A., Pavlov A. V. The assessment of the level of food security in the region // In: Bogoviz A. (ed.) Complex Systems: Innovation and Sustainability in the Digital Age. Springer, Cham., 2020. Pp. 489–494. DOI: 10.1007/978-3-030-44703-8_53.
18. Pudryan L., Zaporozceva E., Medvedskaya T., Yuryeva O. Innovation as a strategic direction for increasing the economic efficiency of the agro-industrial complex // Proceedings of the XV International Scientific Conference “INTERAGROMASH 2022”. Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. Vol. 574. Pp. 566–574. DOI: 10.1007/978-3-031-21432-5_59.

Об авторах:

Елена Борисовна Дворядкина, доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры региональной, муниципальной экономики и управления, директор Института экономики и финансов, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0001-5163-0334, AuthorID 308967. E-mail: dvoryadkina@usue.ru

Гульнара Магсумовна Квон, доктор экономических наук, доцент, доцент кафедры региональной, муниципальной экономики и управления, Уральский государственный экономический университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0003-2093-8699, AuthorID 340954. E-mail: sung2002@mail.ru

Шишкина Елена Александровна, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры региональной, муниципальной экономики и управления, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-1280-3105, AuthorID 230534. E-mail: le_gre@mail.ru

References

1. Tatarkin A. I., Kuklin A. A. Changing the paradigm of region's economic security research. *Economy of Regions*. 2012; 2 (30): 25–39. DOI: 10.17059/2012-2-2. (In Russ.)
2. Abalkin L. I. Economic security of Russia: threats and their reflection. *Economic Issues*. 1994; 12: 4–16. (In Russ.)
3. Antonova I. I., Mukhametshin R. Z., Antonov S. A. Resource-saving aspects of the circular economy: problems of transition. *Bulletin of Economics, Law and Sociology*. 2021; 4: 13–17. (In Russ.)
4. Antonova I. I., Kormishkina L. A., Salimova T. A., et al. Circular economy: ensuring sustainable development and competitiveness of the region. Moscow: Scientific Publishing Center Infra-M, 2022. 270 p. DOI: 10.12737/1869520. (In Russ.)

5. Tereshina M. V., Tyaglov S. G., Atamas E. V. Circular economy in agricultural production: potential for implementation in new institutional conditions. *Russian Journal of Regional Studies*. 2024; 32 (4): 635–652. DOI: 10.15507/2413-1407.129.032.202404.635-652. (In Russ.)
6. Dvoryadkina E. B., Kvon G. M., Pozdeeva O. G. Assessment of the resilience of the agricultural sector of the Ural macroregion. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (11): 1514–1525. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-11-1514-1525. (In Russ.)
7. Serebryakova T. Yu., Zhuravlev E. V. Methodology for assessing the innovative development of regional agriculture. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (12): 1748–1762. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-12-1748-1762. (In Russ.)
8. Semenova N. N., Averin A. Yu. Assessment of the effectiveness of state support for insurance in agriculture in Russia. *Regionology*. 2022; 30 (2): 299–323. DOI: 10.15507/2413-1407.119.030.202202.299-323. (In Russ.)
9. Denning G. Sustainable intensification of agriculture: the foundation for universal food security. *npj Sustainable Agriculture*. 2025; 3 (7). DOI: 10.1038/s44264-025-00047-3.
10. Kheyfets B. A., Chernova V. Y. Adaptation of agriculture to new geopolitical conditions. *Studies on Russian Economic Development*. 2024; 35: 725–732. DOI: 10.1134/S1075700724700266.
11. Sigov V. I., Pesotskiy A. A. Security of regional economic space: conceptual framework and system of indicators. *Regional Economy*. 2017; 13 (4): 1236–1250. DOI: 10.17059/2017-4-21. (In Russ.)
12. Korableva A. A., Karpov V. V. Indicators of economic security of the region. *Bulletin of the Siberian Institute of Business and Information Technology*. 2017; 3 (23): 36–42. (In Russ.)
13. Novikova I. V., Krasnikov N. I. Indicators of economic security of a region. *Bulletin of the Institute of Friendship of the Peoples of the Caucasus (Theory of Economics and Management of the National Economy). Economic Sciences*. 2010; 1 (13): 167–178. (In Russ.)
14. Klimanov V. V., Kazakova S. M., Mikhaylova A. A. Retrospective analysis of the resilience of Russian regions as socio-economic system. *Voprosy Ekonomiki*. 2019; 5: 46–64. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-5-46-64. (In Russ.)
15. Samygin D. Yu., Baryshnikov N. G., Mizyurkina L. A. Models of scenario forecasting of the region's agriculture development. *Economy of Region*. 2019; 15 (3): 865–879. DOI: 10.17059/2019-3-18. (In Russ.)
16. Antamoshkina E. N., Rogachev A. F. The model of statistical assessment of food security. In: Bogoviz A. (ed.) *Complex Systems: Innovation and Sustainability in the Digital Age. Studies in Systems, Decision and Control*. Springer, Cham., 2020. Pp. 471–479. DOI: 10.1007/978-3-030-44703-8_51.
17. Ryabova I. V., Frolova O. A., Pavlov A. V. The assessment of the level of food security in the region. In: Bogoviz A. (ed.) *Complex Systems: Innovation and Sustainability in the Digital Age*. Springer, Cham., 2020. Pp. 489–494. DOI: 10.1007/978-3-030-44703-8_53.
18. Pudeyan L., Zaporozceva E., Medvedskaya T., Yuryeva O. Innovation as a strategic direction for increasing the economic efficiency of the agro-industrial complex. *Proceedings of the XV International Scientific Conference "INTERAGROMASH 2022". Lecture Notes in Networks and Systems*. 2023; 574: 566–574. DOI: 10.1007/978-3-031-21432-5_59.

Authors' information:

Elena B. Dvoryadkina, doctor of economic sciences, professor, professor of the department of regional, municipal economics and management, director of the Institute of Economics and Finance, Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0001-5163-0334, AuthorID 308967. *E-mail: dvoryadkina@usue.ru*

Gulnara M. Kvon, doctor of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of regional, municipal economics and management, Ural State University of Economics Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-2093-8699, AuthorID 340954. *E-mail: sung2002@mail.ru*

Elena A. Shishkina, doctor of economic sciences, associate professor, professor of the department of regional, municipal economics and management, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0002-1280-3105, AuthorID 230534. *E-mail: le_gre@mail.ru*

Диагностика эффекта декаплинга в агропромышленном комплексе региона (на примере Пермского края)

Н. Ю. Зубарев¹, Л. В. Глезман²✉, С. С. Федосеева², Ю. Н. Зубарев³

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² Пермский филиал Института экономики Уральского отделения Российской академии наук, Пермь, Россия

³ Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия

✉ E-mail: glezman.lv@uiec.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию эффекта декаплинга как инструмента диагностики эффективности ресурсопользования в контексте интенсификации агропромышленного производства согласно доктрине продовольственной безопасности, политике импортозамещения и достижения технологического суверенитета в сложившейся геополитической обстановке. **Цель** – провести диагностику эффекта декаплинга для оценки влияния роста сельскохозяйственного производства на уровень воздействия на окружающую среду региона и определить возможности и перспективы нивелирования противоречий между экономическим ростом и снижением нагрузки на окружающую среду. **Задачи:** сформировать системы исходных показателей сельскохозяйственного производства и его воздействия на окружающую среду в регионе; провести расчеты эффекта декаплинга с применением различных методов; на основе эколого-экономической интерпретации результатов определить возможности и перспективы нивелирования противоречий между экономическим ростом и снижением нагрузки на окружающую среду. **Методы:** обобщение, анализ, синтез, систематизация и аналитическая обработка данных, корреляционный анализ и графическая визуализация. **Научная новизна** заключается в разработке методики оценки взаимосвязи динамики сельскохозяйственного производства и нагрузки на окружающую среду региона, основанной на синтезе ключевых методов диагностики эффекта декаплинга. **Результаты** эколого-экономического анализа показали, что в агропромышленном комплексе Пермского края проявляется эффект декаплинга за рассматриваемый период в отношении потребления земельных ресурсов. По потреблению водных ресурсов также был выявлен эффект декаплинга. Это позволило определить возможности и перспективы нивелирования противоречий между экономическим ростом и снижением нагрузки на окружающую среду региона. Перспективы дальнейших исследований связаны с подробным изучением аспектов эколого-экономического развития и диагностикой эффекта декаплинга в агропромышленных комплексах регионов Российской Федерации.

Ключевые слова: декаплинг, агропромышленный комплекс региона, экологическая нагрузка, сельскохозяйственное производство, экономический рост, окружающая среда

Благодарности. Исследование выполнено в соответствии с Планом НИР Института экономики УрО РАН.

Для цитирования: Зубарев Н. Ю., Глезман Л. В., Федосеева С. С., Зубарев Ю. Н. Диагностика эффекта декаплинга в агропромышленном комплексе региона (на примере Пермского края) // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 05. С. 806–818. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-806-818>.

Дата поступления статьи: 03.03.2025, **дата рецензирования:** 27.03.2025, **дата принятия:** 03.04.2025.

Diagnostics of the decoupling effect in the agro-industrial complex of the region (on the example of the Perm Krai)

N. Yu. Zubarev¹, L. V. Glezman^{2✉}, S. S. Fedoseeva², Yu. N. Zubarev³

¹ Perm State University, Perm, Russia

² Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm branch, Perm, Russia

³ Perm State Agrarian and Technological University named after academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia

✉ E-mail: glezman.lv@uiec.ru

Abstract. The article is devoted to the study of the decoupling effect as a tool for diagnosing the effectiveness of resource management in the context of the intensification of agro-industrial production according to the doctrine of food security, import substitution policy and the achievement of technological sovereignty in the current geopolitical situation. The aim is to diagnose the decoupling effect in order to assess the impact of agricultural production growth on the environmental impact of the region and to identify opportunities and prospects for leveling the contradictions between economic growth and reducing the burden on the environment. **Objectives:** to form a system of baseline indicators of agricultural production and its impact on the environment in the region; to calculate the decoupling effect using various methods; based on the ecological and economic interpretation of the results, to determine the possibilities and prospects for leveling the contradictions between economic growth and reducing the burden on the environment. **Methods:** generalization, analysis, synthesis, systematization and analytical processing of data, correlation analysis and graphical visualization. **Scientific novelty** lies in the development of a methodology for assessing the relationship between the dynamics of agricultural production and the environmental impact of the region, based on the synthesis of key methods for diagnosing the decoupling effect. **The results** of the ecological and economic analysis have shown that in the agro-industrial complex of the Perm Krai, the decoupling effect for the period under review is manifested in relation to the consumption of land resources. The decoupling effect was also revealed in terms of water resources consumption. This made it possible to identify opportunities and prospects for leveling the contradictions between economic growth and reducing the burden on the environment of the region. The prospects for further research are related to a detailed study of the aspects of ecological and economic development and the diagnosis of the decoupling effect in the agro-industrial complexes of the regions of the Russian Federation.

Keywords: decoupling, agro-industrial complex of the region, environmental impact, agricultural production, economic growth, environment

Acknowledgements. The study was carried out in accordance with the Research Plan of the Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences.

For citation: Zubarev N. Yu., Glezman L. V., Fedoseeva S. S., Zubarev Yu. N. Diagnostics of the decoupling effect in the agro-industrial complex of the region (on the example of the Perm Krai). *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (05): 806–818. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-806-818>. (In Russ.)

Date of paper submission: 03.03.2025, **date of review:** 27.03.2025, **date of acceptance:** 03.04.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Агропромышленное производство априори осуществляется в непосредственном и тесном взаимодействии с окружающей средой, что в условиях его интенсивного наращивания предопределяет критическую важность решения задачи снижения нагрузки на окружающую среду и рационального ресурсо- и природопользования.

В ходе поиска путей решения обозначенной задачи ученые-исследователи используют различные подходы и методы для определения уровня экологи-

ческой нагрузки агропромышленного производства на окружающую среду территории локализации. Одним из новейших и перспективных инструментов в данной области исследования является диагностика эффекта декаплинга.

Термин «декаплинг» имеет английское происхождение, являясь производным от существительного coupling – «связь», образованного при помощи отрицательной приставки de, придающей слову противоположное значение, исходя из чего decoupling буквально можно перевести как «раз-

рыв связи». Ученые отмечают, что данный термин может иметь крайне широкое применение в различных областях знаний, что и наблюдается в современных научных исследованиях – от политического лексикона до информационных технологий и экономики [1].

Первое официальное использование понятия «декаплинг» в привязке к экономическим явлениям было представлено в докладе Организации экономического сотрудничества и развития «Политика содействия устойчивому развитию» [2]. В документе акцентировано внимание на проблемах обострения борьбы за ограниченные и истощаемые ресурсы, усиления давления на окружающую среду, роста влияния деградации окружающей среды на здоровье населения планеты и подчеркнута важность перехода к более устойчивым моделям потребления, в частности, обоснована необходимость отделения экологических проблем от экономического роста (декаплинг), особо отмечен потенциал информационных и инновационных технологий в достижении эффекта декаплинга.

Особенно популярен термин «декаплинг» стал в контексте зеленой экономики, в части обоснования возможности экономического роста без увеличения масштабов потребления ресурсов и, как следствие, обеспечения существующего уровня воздействия на экологию территории или его поэтапное снижение для минимизации негативного влияния на экологический баланс [3].

Декаплинг типизируют по принципу действия оцениваемых показателей, исходя из чего различают декаплинг потребления и декаплинг воздействия [4]. Декаплинг воздействия оценивается исходя из оказываемого влияния экономической деятельности на экологические показатели, причем возникает эффект декаплинга исключительно в случае минимизации негативного экологического воздействия, связанного с экономической активностью. В свою очередь, декаплинг потребления или, как его еще называют, ресурсный декаплинг предполагает уменьшение количества использования природных ресурсов на единицу экономического результата. Таким образом, происходит процесс «дематериализации» экономики [5] и повышения эффективности ресурсопользования в процессе производства экономических благ [6], в том числе за счет внедрения инновационных ресурсо- и природосберегающих технологий.

Значительное количество научных исследований направлено на всесторонний анализ и изучение феномена декаплинга, включая его теоретические основы, практические аспекты и возможные эффекты применения для экономики и экологии. Так, можно выделить исследования, направленные на раскрытие сущности и содержания эффекта декаплинга

[7], а также его роли в экономике [8]. В практико-ориентированных исследованиях, увязывающих устойчивое региональное развитие на основе экологизации экономики и эффект декаплинга [9–11], рассматриваются возможности применения эффекта декаплинга для оценки эколого-экономических рисков [12] и эффектов применения экологически чистых технологий в производстве [13].

Многие исследователи отмечают многоуровневость эффекта декаплинга и «возможность его рассмотрения в разрезе глобального, национального, регионального и локального уровней» [14], что подтверждается разработанными моделями оценивания экологического развития экономики региона на основе эффекта декаплинга [15], а также применением метода декаплинга для анализа социально-экологических и экономических данных на уровне отдельной компании [16].

Кроме того, ввиду типизации декаплинга на декаплинг воздействия и потребления аналитические исследования на основе эффекта декаплинга возможно применять как для оценки потребления отдельного вида ресурсов, например водных [17], так и для оценки отдельных факторов воздействия на окружающую среду, например снижение углеродного следа [18], а также проводить сопоставительный анализ взаимосвязи между экономическим ростом различных регионов и стран и сопровождающимися его загрязнением окружающей среды и ресурсопотреблением [19].

Таким образом, эффект декаплинга, бесспорно, находит широкое применение в современных экономических исследованиях, что дает основание ученым утверждать, что в настоящее время происходит становление «концепции декаплинга, постулирующей необходимость разрыва зависимости роста экономики от увеличения потребления ресурсов и воздействия на окружающую среду» [14].

Многочисленные исследования подтверждают необходимость комплексного подхода к оценке устойчивого развития агропромышленного комплекса, учитывающего взаимосвязь экономического роста и нагрузки на окружающую среду на достигнутом уровне экологизации агропромышленного производства, позволяющего отслеживать динамические изменения приоритетных показателей устойчивого развития и планировать стратегию экологизации агропромышленного производства исходя из приоритетных направлений развития, доступных и целесообразных к внедрению инновационных ресурсо- и природосберегающих технологий и методов переработки отходов производства [20], направленных на нивелирование противоречий между экономическим ростом и снижением негативного воздействия на экологию.

1. Метод корреляционного анализа [22, 23]

$$r_{SR} = \sum d_S \times d_R / \sqrt{\sum d_S^2 \times d_R^2}, \quad (1)$$

где r_{SR} – коэффициент корреляции между статистическими рядами S (показатели экономического развития) и R (показатели экологической нагрузки или потребленных природных ресурсов); d_S и d_R – отклонение каждого из чисел статистического ряда от своей средней арифметической.

Интерпретация результатов (шкала Чеддока) [24]:

$0,1 < r_{SR} < 0,3$ – слабая связь; $0,3 < r_{SR} < 0,5$ – умеренная связь;

$0,5 < r_{SR} < 0,7$ – заметная связь; $0,7 < r_{SR} < 0,9$ – высокая связь;

$0,9 < r_{SR} < 1,0$ – очень высокая связь

$r_{SR} > -0,5$ – наличие эффекта декаплинга

2. Метод Системы эколого-экономического учета (СЭЭУ) [25]

$$D_I = (R_e/S_e)/(R_b/S_b) = T_R/T_S, \quad (2)$$

где D_I – индекс декаплинга; S_e и S_b – показатели экономического развития (ВРП, объем производства, индексы производства и др.) в конечный и начальный периоды измерения; R_e и R_b – количество потребленных ресурсов (минеральные, земельные, водные и др.) в конечный и начальный периоды измерения; T_R – темпы роста потребленных ресурсов; T_S – темпы роста экономического развития.

Интерпретация результатов:

$D_I < 1$ – наличие эффекта декаплинга в течение исследуемого периода;

$D_I > 1$ – отсутствие эффекта декаплинга

3. Метод Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) [26]

$$D_F = 1 - (R_e/S_e)/(R_b/S_b), \quad (3)$$

где D_F – декаплинг-индекс; S_e и S_b – показатели экономического развития в конечный и начальный периоды измерения; R_e и R_b – количество потребленных ресурсов в конечный и начальный периоды измерения [27].

Интерпретация результатов [28]:

$D_F < 0$ – отсутствие эффекта декаплинга (рост экономики приводит к росту потребления ресурсов); $D_F > 0$ – наличие эффект декаплинга (снижение потребления ресурсов при росте экономики); $D_F = 0$ – равенство темпов роста экономического развития и потребления природных ресурсов;

$D_F \rightarrow 1$ – меньше давление экономики на окружающую среду

Рис. 1. Методы расчета эффекта декаплинга

Источник: составлено авторами

1. Correlation analysis method [22, 23]

$$r_{SR} = \sum d_S \times d_R / \sqrt{\sum d_S^2 \times d_R^2}, \quad (1)$$

where r_{SR} – correlation coefficient between statistical series S (economic development indicators) and R (indicators of environmental load or natural resources consumed); d_S and d_R – deviation of each of the numbers in the statistical series S and R from their arithmetic mean.

Interpretation of results (Cheddock scale) [24]:

$0,1 < r_{SR} < 0,3$ – poor communication; $0,3 < r_{SR} < 0,5$ – moderate communication; $0,5 < r_{SR} < 0,7$ – prominent connection; $0,7 < r_{SR} < 0,9$ – high connectivity; $0,9 < r_{SR} < 1,0$ – very high connectivity

$r_{SR} > -0,5$ – decoupling effect

2. Environmental-Economic Accounting System method [25]

$$D_I = (R_e/S_e)/(R_b/S_b) = T_R/T_S, \quad (2)$$

where D_I – decoupling index; S_e and S_b – indicators of economic development (GRP, production volume, production indices, etc.) in the final and initial measurement periods; R_e and R_b – the amount of resources consumed (mineral, land, water, etc.) in the final and initial measurement periods; T_R – growth rate of resources consumed; T_S – economic growth rate.

Interpretation of results :

$D_I < 1$ – presence of decoupling effect during the study period;

$D_I > 1$ – no decoupling effect

3. Organisation for Economic Co-operation and Development method [26]

$$D_F = 1 - (R_e/S_e)/(R_b/S_b), \quad (3)$$

where D_F – decoupling index; S_e and S_b – indicators of economic development in the final and initial measurement periods; R_e and R_b – the amount of resources consumed in the final and initial measurement periods [27].

Interpretation of results [28]:

$D_F < 0$ – no decoupling effect (economic growth leads to an increase in resource consumption); $D_F > 0$ – the existence of the decoupling effect (reduced resource consumption with economic growth); $D_F = 0$ – equality of growth rates of economic development and consumption of natural resources;

$D_F \rightarrow 1$ – less economic pressure on the environment

Fig. 1. Methods of calculating the decoupling effect

Source: compiled by the authors

Изложенное выше приводит к очевидному логическому выводу научной обоснованности использования эффекта декаплинга как основы методического подхода для диагностики существования «обратной зависимости между экономическим ростом и экоинтенсивностью, углеродоемкостью и природоемкостью экономики в целом или отдельных производств» [21]. Иными словами, возникновение эффекта декаплинга показывает, что агропромышленный комплекс движется к более устойчивым моделям ведения сельскохозяйственного производства, ориентированного на снижение ущерба природным экосистемам.

В целом спектр направлений научных исследований по тематике декаплинга в увязке с устойчивым развитием предприятий, отраслей и территорий довольно широк, однако подавляющее большинство из них носит практический характер, тогда как теоретическое и методологическое обоснование применения эффекта декаплинга в сельском хозяйстве существенно отстает.

Фрагментарность и неоднозначность используемых методов и инструментов диагностики эффективности ресурсопользования в контексте интенсификации агропромышленного производства в условиях формирования экологически ориентированной экономики требуют разработки универсальной методики диагностики эффекта декаплинга для оценки экологической нагрузки на окружающую среду сельскохозяйственного производства.

Авторы ставят целью данной статьи провести диагностику проявления эффекта декаплинга для оценки динамики экологической нагрузки на окружающую среду в результате сокращения объемов использования природных ресурсов в процессе сельскохозяйственного производства в агропромышленном комплексе региона (на примере Пермского края).

Методология и методы исследования (Methods)

Информационную основу исследования составили размещенные в сети Интернет и других доступных источниках результаты исследований российских и зарубежных ученых в области диагностики и применения в аналитических исследованиях эффекта декаплинга, в частности работы, посвященные методам расчета эффекта декаплинга, обзору и анализу возможностей и перспектив применения эффекта декаплинга для оценки экологической нагрузки на окружающую среду в ходе сельскохозяйственной деятельности.

Качество влияния и уровень воздействия сельскохозяйственного производства на окружающую среду целесообразно изучать в динамике, посредством сравнительной оценки данных мониторинга, отражающих негативное воздействие сельскохозяйственной деятельности на природную экосистему. В научных публикациях представлен обзор

различных методов расчета эффекта декаплинга, среди наиболее известных и научно-обоснованных можно отметить методы, представленные на рис. 1.

Исходя из изложенного методологическая основа исследования представлена авторской методикой диагностики эффекта декаплинга в агропромышленном комплексе региона, включающей следующие этапы:

Этап 1. Формирование системы исходных статистических данных сельскохозяйственного производства и его воздействия на окружающую среду в регионе.

Этап 2. Расчет и диагностика эффекта декаплинга методом корреляционного анализа в агропромышленном комплексе региона за исследуемый период.

Этап 3. Детальная диагностика эффекта декаплинга методом системы эколого-экономического учета или методом организации экономического сотрудничества и развития в агропромышленном комплексе региона по каждому году исследуемого периода.

Этап 4. Эколого-экономическая интерпретация полученных результатов, определение возможностей и перспектив нивелирования противоречий между экономическим ростом и снижением нагрузки на окружающую среду.

Результаты (Results)

Сельское хозяйство является ключевой областью экономики, где достижение эффекта декаплинга становится критически значимым показателем на пути к устойчивому социально-экономическому развитию, отвечающему условию одновременного снижения негативного воздействия на окружающую среду и потребления природных ресурсов. В контексте сложившихся экономических и экологических реалий приоритетное значение приобретает ресурсный декаплинг. Это обусловлено тем, что агропромышленное производство требует значительных объемов потребления таких ключевых компонентов экосистемы, как земельные ресурсы и водные запасы. Эффективная реализация стратегии декаплинга позволит оптимизировать использование ограниченных природных активов, что является критически важным для обеспечения устойчивого развития сельского хозяйства в долгосрочной перспективе.

Исходя из этого проведем диагностику декаплинга потребления в агропромышленном комплексе Пермского края на примере земельных и водных ресурсов.

Агропромышленный комплекс (АПК) Пермского края является динамично развивающейся отраслью, обеспечивающей продовольственную безопасность региона и способствующей экономическому росту.

Таблица 1

Статистическая информация для диагностики эффекта декаплинга потребления в АПК Пермского края

Год	Объем продукции сельскохозяйственного производства		Посевная площадь сельскохозяйственных культур		Использование свежей воды на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение	
	Значение, млн руб.	Темп роста, %	Значение, тыс. га	Темп роста, %	Значение, млн м ³	Темп роста, %
2013	33 732,8	—	718,52	—	1,6	—
2014	37 287,6	110,5	719,04	100,1	1,6	100,0
2015	40 628,3	109,0	734,87	102,2	1,6	100,0
2016	40 048,6	98,6	742,20	101,0	1,8	112,5
2017	41 560,3	103,8	753,63	101,5	1,6	88,9
2018	44 192,7	106,3	754,49	100,1	1,5	93,8
2019	43 237,1	97,8	739,51	98,0	1,4	93,3
2020	49 880,8	115,4	733,30	99,2	1,3	92,9
2021	55 856,0	112,0	723,26	98,6	1,0	76,9
2022	66 308,8	118,7	705,40	97,5	1,3	130,0
2023	62 684,9	94,5	677,40	96,0	1,5	115,4

Источник: рассчитано и составлено авторами [29].

Table 1
Statistical information for diagnosing the effect of consumption decoupling in the Perm Krai agro-industrial complex

Year	Volume of agricultural production		Sown area of agricultural crops		Fresh water uses for irrigation and agricultural water supply	
	Value, mln rubles	Growth rate, %	Value, thousand ha	Growth rate, %	Value, mln m ³	Growth rate, %
2013	33 732.8	—	718.52	—	1.6	—
2014	37 287.6	110.5	719.04	100.1	1.6	100.0
2015	40 628.3	109.0	734.87	102.2	1.6	100.0
2016	40 048.6	98.6	742.20	101.0	1.8	112.5
2017	41 560.3	103.8	753.63	101.5	1.6	88.9
2018	44 192.7	106.3	754.49	100.1	1.5	93.8
2019	43 237.1	97.8	739.51	98.0	1.4	93.3
2020	49 880.8	115.4	733.30	99.2	1.3	92.9
2021	55 856.0	112.0	723.26	98.6	1.0	76.9
2022	66 308.8	118.7	705.40	97.5	1.3	130.0
2023	62 684.9	94.5	677.40	96.0	1.5	115.4

Source: calculated and compiled by the authors [29].

Временной период для диагностики эффекта декаплинга обусловлен наличием статистических данных и составляет 10-летний период – 2014–2023 гг.

В качестве показателя, отражающего уровень экономического развития сельскохозяйственного производства, принимаем к рассмотрению объем продукции сельскохозяйственного производства (млн руб.), а в качестве показателей, отражающих потребление природных ресурсов, – посевную площадь сельскохозяйственных культур (тыс. га – земельные ресурсы) и использование свежей воды на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение (млн м³ – водные ресурсы).

Статистическая информация, используемая для диагностики эффекта декаплинга потребления в АПК Пермского края за 2013–2023 гг., представлена в таблице 1. Взаимосвязь роста продукции сельскохозяйственного производства и увеличения потребляемых природных ресурсов определим методом расчета цепных темпов роста.

За период исследования в АПК Пермского края выявлен рост объема продукции сельскохозяйственного производства, который можно уверенно характеризовать как устойчивый. Незначительное снижение наблюдается в 2016, 2019 и 2023 годах, что связано с современными условиями экономической неопределенности, постпандемийным кризисом, внешним санкционным давлением. За десятилетний период данный показатель вырос практически в 2 раза.

На фоне положительной динамики показатели потребления земельных ресурсов остаются стабильными, а с 2018 года демонстрируют тенденцию к снижению. Нестабильная ситуация наблюдается по потреблению водных ресурсов. Так, с 2013 по 2016 год показатели стабильны, с 2016 года снижаются, с 2021 по 2023 год потребление вновь возрастает. Графическое представление декаплинга потребления в агропромышленном комплексе Пермского края представлено на рис. 2.

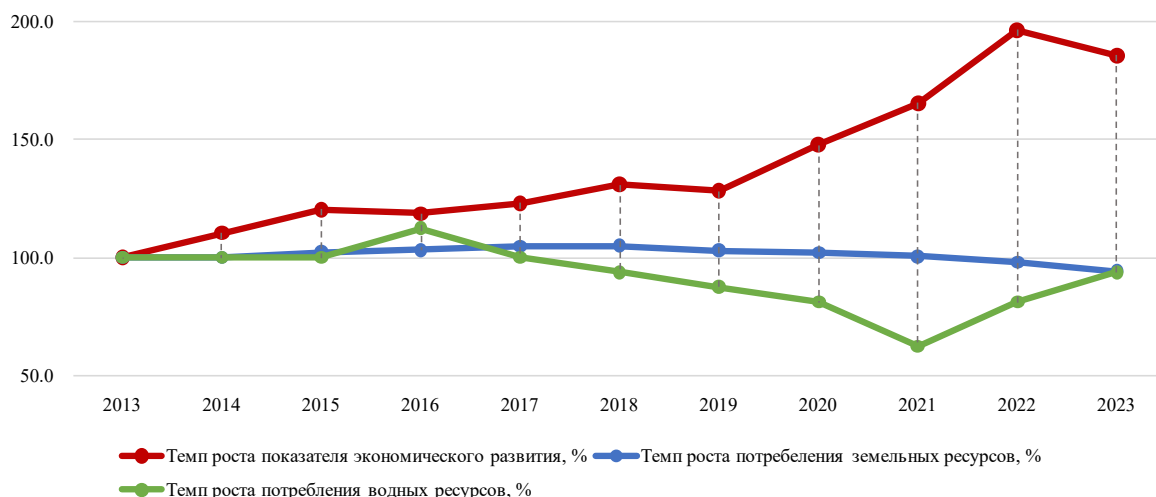


Рис. 2. Декаплинг потребления в агропромышленном комплексе Пермского края
Источник: рассчитано и составлено авторами

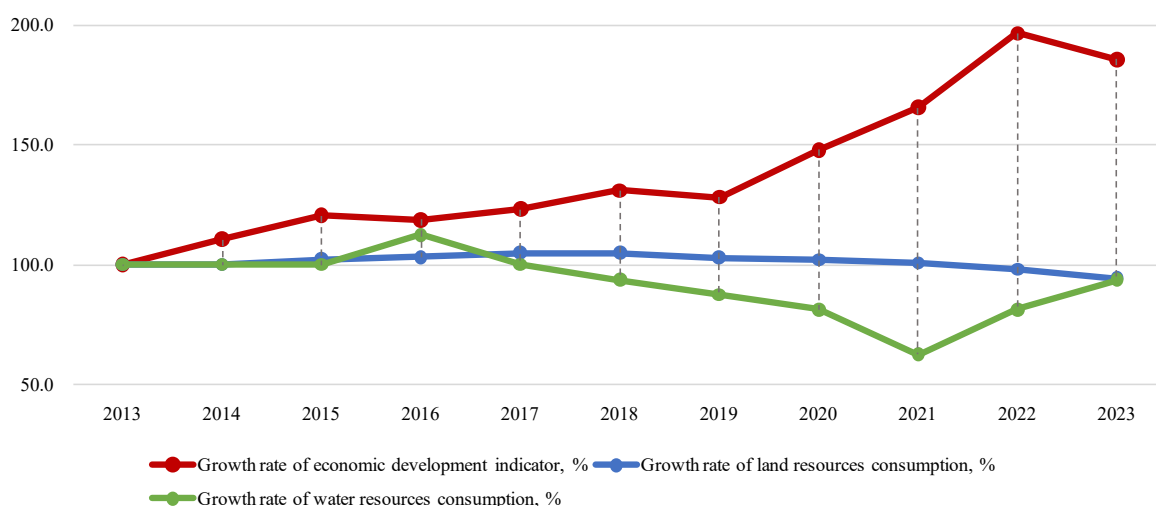


Fig. 2. Decoupling of consumption in the agro-industrial complex of Perm Krai
Source: calculated and compiled by the authors

В течение десятилетнего периода в агропромышленном комплексе Пермского края произошло снижение потребления земельных ресурсов на 5,7 %, потребления водных ресурсов на 6,3 %. Таким образом, исследование динамики потребления ресурсов в АПК Пермского края за период 2014–2023 гг. показывает тенденцию снижения.

Следующим этапом диагностики эффекта декаплинга потребления (при его выявлении) является детализация по силе и направленности взаимосвязи между показателями экономического роста и показателями потребления природных ресурсов в АПК Пермского края в 2014–2023 гг. В данном случае целесообразно использовать метод корреляционного анализа (формула (1)), поскольку, отличаясь простотой применения, данный метод тем не менее позволяет достоверно диагностировать наличие эффекта декаплинга. Полученные по результатам расчетов данные и их интерпретация представлены в таблице 2.

Результаты проведенного корреляционного анализа свидетельствуют о наличии эффекта декаплинга по земельным и водным ресурсам в агропромышленном комплексе Пермского края за период 2014–2023 гг. Показатели потребления природных ресурсов характеризуются высокой и заметной теснотой и имеют обратную корреляционную связь с показателем экономического развития.

Далее для более детальной диагностики эффекта декаплинга применим метод системы эколого-экономического учета, который позволяет проводить анализ по каждому году исследуемого периода, а также наглядно показывает, в какой момент возникает эффект декаплинга. Расчеты проведем по формуле (2), сопоставив количество потребления земельных ресурсов и водных ресурсов с объемом продукции сельскохозяйственного производства (рис. 3).

Таблица 2

Результаты диагностики эффекта декаплинга потребления в АПК Пермского края
за период 2014–2023 гг. методом корреляционного анализа

Вид ресурса	Коэффициент корреляции		Коэффициент детерминации	
	Значение	Характеристика	Значение	Характеристика
Земельные ресурсы	–0,735	Высокая обратная связь – наличие эффекта декаплинга	0,540	54,0 % случаев изменения количества потребляемых земельных ресурсов связано с изменением объема сельскохозяйственного производства
Водные ресурсы	–0,604	Заметная обратная связь – наличие эффекта декаплинга	0,365	36,5 % случаев изменения количества потребляемых водных ресурсов связано с изменением объема сельскохозяйственного производства

Источник: рассчитано и составлено авторами.

Economy

Table 2

The results of diagnostics of the effect of consumption decoupling in the Perm Krai agro-industrial complex
for the period 2014–2023 by correlation analysis

Type of resource	Coefficient of correlation		Coefficient of determination	
	Significance	Characterisation	Significance	Characterisation
Land resources	–0.735	High feedback – presence of decoupling effect	0.540	54.0 % of cases of changes in the amount of land resources consumed are related to changes in the volume of agricultural production
Water resources	–0.604	Noticeable feedback – presence of the decoupling effect	0.365	36.5 % of changes in the amount of water consumed are due to changes in agricultural production volume

Source: calculated and compiled by the authors.

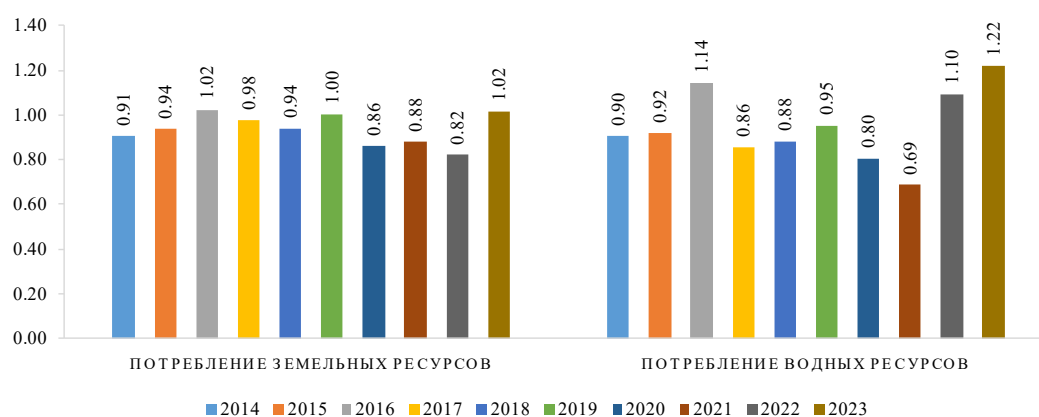


Рис. 3. Индексы декаплинга потребления в агропромышленном комплексе Пермского края
Источник: рассчитано и составлено авторами

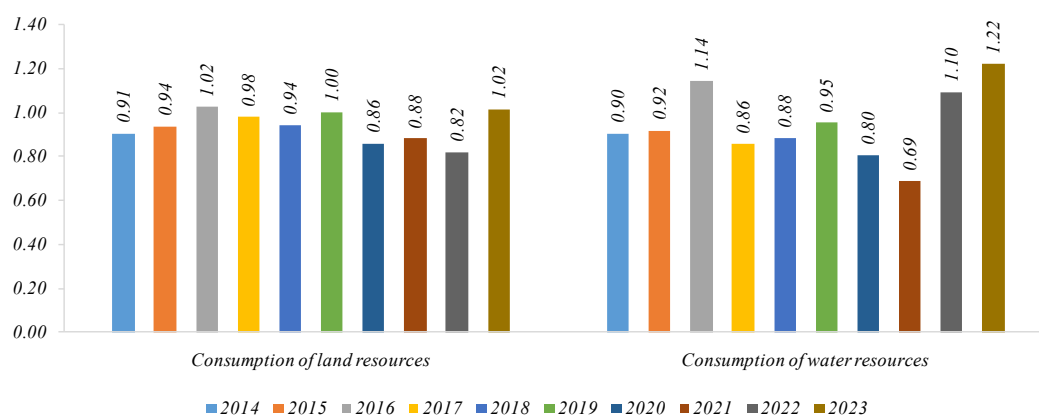


Fig. 3. Indices of consumption decoupling in the agro-industrial complex of Perm Krai
Source: calculated and compiled by the authors

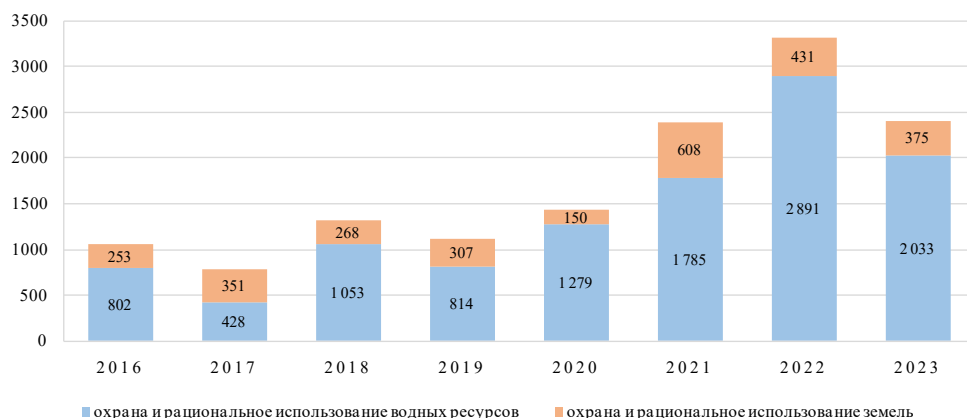


Рис. 4. Инвестиции в основной капитал на охрану водных ресурсов и рациональное землепользование в Пермском крае, млн руб.

Источник: составлено авторами [29]

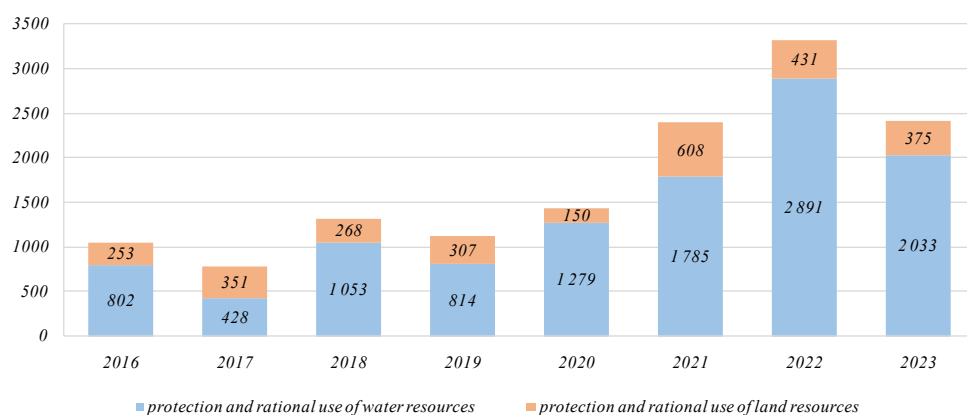


Fig. 4. Investments in fixed capital for water resources protection and rational land use in Perm Krai, million rubles
Source: compiled by the authors [29]

Полученные результаты показывают:

1) по потреблению земельных ресурсов эффект декаплинга отсутствует в 2016 и 2023 годах, т. е. потребление ресурсов происходит более быстрыми темпами, чем экономический рост; в 2019 году темпы экономического роста и потребления ресурсов одинаковы; в остальные годы наблюдается эффект декаплинга, т. е. темпы экономического роста выше, чем темпы потребления ресурсов;

2) по потреблению водных ресурсов эффект декаплинга не диагностирован в 2016, 2022 и 2023 годах; в остальные годы эффект декаплинга диагностирован.

Также можно отметить, что в целом за рассматриваемый период 2014–2023 годов совокупное значение индекса декаплинга по потреблению земельных ресурсов составило 0,51, а по потреблению водных ресурсов – 0,50. Данная ситуация свидетельствует о наличии слабого декаплинга потребления, когда темпы экономического развития и темпы потребления ресурсов растут одновременно, но темпы экономического развития превышают темпы потребления ресурсов [30].

В сложившихся обстоятельствах становится очевидной необходимость интеграции современ-

ных технологических решений и прогрессивных методологических подходов, ориентированных на усиление эффекта декаплинга. Это подразумевает использование инновационных инструментов и стратегий, способных обеспечить оптимальную реализацию потенциала декаплинга, что, в свою очередь, позволит достичь значительного улучшения показателей экономической устойчивости и экологической безопасности.

Тем не менее рост инновационной активности требует больших инвестиционных вливаний. На рис. 4 представлены инвестиции в основной капитал на охрану водных ресурсов и рациональное землепользование в Пермском крае в динамике за 2016–2023 гг.

Таким образом, анализ результатов оценки взаимосвязи роста сельскохозяйственного производства и уровня нагрузки на окружающую среду региона с использованием в качестве показателя эффекта декаплинга выявил закономерности и возможные решения для нивелирования противоречий между экономическим ростом и снижением нагрузки на окружающую среду в виде расширенной интеграции в агропромышленное производство современных технологических решений, направленных на

рациональное ресурсопользование и природосбережение, основанных на прорывных инновациях, в связи с чем требующих роста инвестиционных вложений для оптимальной реализации потенциала декарпинга и достижения экономической устойчивости и экологической безопасности агропромышленного комплекса региона.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы в части применения диагностики эффекта декарпинга для оценки взаимосвязи роста сельскохозяйственного производства и уровня воздействия на окружающую среду региона. Агропромышленный комплекс Пермского края в условиях современной экономической неопределенности активно осуществляет комплексную модернизацию сельскохозяйственного производства путем внедрения передовых технологических разработок и инновационных решений, ориентированных на повышение уровня экологической устойчивости. Эти меры направлены не только на улучшение экономических показателей, но и на минимизацию воздействия на окружающую среду, сокращение выбросов парниковых газов, рациональное использование природных ресурсов, что свидетельствует о движении агропромышленного комплекса региона в направлении устойчивого развития.

Наличие эффекта декарпинга хоть и не обеспечивает глубокой причинно-следственной дета-

лизации существующей эколого-экономической взаимосвязи в агропромышленном производстве, но, являясь важным агрегированным показателем, позволяет оценить качество экономического роста, т. е. основан ли он на интенсивном потреблении природных ресурсов или же наблюдается относительное снижение нагрузки на окружающую среду. В целом наличие эффекта декарпинга и снижение природоемкости агропромышленного производства являются необходимыми условиями перехода к устойчивому развитию агропромышленного комплекса и обеспечению экологической безопасности пространства региона.

В качестве рекомендации по результатам проведенного исследования отметим, что ключевым условием достижения эффекта декарпинга является интеграция инновационных подходов и решений, обеспечивающих синергию экономической результативности и экологической безопасности. Данная мера направлена на оптимизацию процессов агропромышленного производства посредством внедрения ресурсосберегающих технологий, что позволяет минимизировать ущерб, наносимый природной экосистеме, снижать интенсивность потребления природных ресурсов, сохраняя их для будущих поколений, а также создавать условия для устойчивого возобновления и воспроизводства природно-ресурсного потенциала.

Библиографический список

1. Дугин А. Декарпинг // Геополитика.RU. 07.08.2024 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geopolitika.ru/article/dekapling> (дата обращения: 20.02.2025).
2. Policy to Enhance Sustainable Development. Paris: OECD Publishing, 2001. DOI: 10.1787/9789264192683-en.
3. Долматова С. А. Как глобальная идея устойчивого развития могла стать национальной идеологией постсоветской России // Международная жизнь. 2013. № 12. С. 98–111.
4. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. A Report of the Working Group on Decoupling to the International Resource Panel. / M. Fischer-Kowalski, M. Swilling, et al. UNEP, 2011. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gci.org.uk/Documents/Decoupling_Report_English.pdf (дата обращения: 20.02.2025).
5. Бобылев С. Н. Экономика устойчивого развития: учебник. Москва: КНОРУС, 2021. 672 с.
6. Забелина И. А. Эффект декарпинга в эколого-экономическом развитии регионов – участников трансграничного взаимодействия // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2019. Т. 12, № 1. С. 241–255. DOI: 10.15838/esc.2019.1.61.15.
7. Арсаханова З. А., Хажмурадов З. Д., Хажмурадова С. Д. Декарпинг в экономике – сущность, определение и виды // Общество, экономика, управление. 2019. Т. 4, № 4. С. 13–18.
8. Роль и место декарпинга в системе элементов устойчивого развития / Е. Н. Захарова, М. Н. Силантьев, М. З. Абесалашвили, Я. С. Бахова // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2021. Т. 11, № 7-1. С. 136–144. DOI: 10.34670/AR.2021.28.20.015.
9. Самарина В. П. Эффект декарпинга как критерий устойчивого регионального развития // Актуальные проблемы развития хозяйствующих субъектов, территорий и систем регионального и муниципального управления: материалы X международной научно-практической конференции. Курск, 2015. Т. 2. С. 343–345.
10. Демкина С. А. Об устойчивом развитии региона и эффекте декарпинга // Экология Центрально-Черноземной области Российской Федерации. 2014. № 1-2 (32-33). С. 117–121.
11. Лебедева М. А. Расчет эффекта декарпинга на территории промышленного региона России // Актуальные вопросы современной экономики. 2018. № 6. С. 475–479.

12. Адамов Э. В. Анализ эколого-экономических рисков регионов России // Проблемы развития национальной экономики в цифрах статистики: Материалы X Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции. Тамбов: ИД «Державинский», 2024. С. 11–15.
13. Попова В. К., Хуажева Ф. К. Анализ применения экологически чистых технологий в производстве // Управление качеством на этапах жизненного цикла технических и технологических систем АПК: сборник научных статей Всероссийской научно-технической конференции. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. С. 171–175.
14. Поляков В. В. К вопросу о разработке стратегии повышения эффективности использования природных ресурсов в агросфере Ростовской области // Экономика и экология территориальных образований. 2024. Т. 8, № 1. С. 6–12. DOI: 10.23947/2413-1474-2024-8-1-6-12.
15. Караулова Л. В., Караулов В. М. Многофакторная модель оценки экологичности развития экономики региона // Экономика и управление: проблемы, решения. 2024. Т. 3, № 2 (143). С. 41–53. DOI: 10.36871/ek.ur.p.r.2024.02.03.006.
16. Петров С. В. Интегральный анализ устойчивого развития фирмы // Экономический анализ: теория и практика. 2024. Т. 23, № 7 (550). С. 1258–1271. DOI: 10.24891/ea.23.7.1258.
17. Филонова К. С. Оценка эффективности использования водных ресурсов // Вестник молодежной науки Алтайского государственного аграрного университета. 2024. № 2. С. 135–137.
18. Решетников А. В., Кривко Л. В. Связь выбросов оксида углерода и показателей капитала здоровья населения российской Арктики // Уголь. 2024. № 11 (1186). С. 74–78. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-11-74-78.
19. Забелина И. А. Россия и Китай: экологический и ресурсный эффекты декарпинга // ЭКО. 2023. № 3 (585). С. 68–92. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2023-3-68-92.
20. Рудакова Л. В., Лепихин В. В., Лепихин К. В. Анализ показателей экологизации промышленности Пермского края // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2016. № 1 (28). С. 157–166.
21. Панов А. А. Макроэкономическая оценка экологического качества экономического роста на уровне региона // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2021. Т. 6, № 4 (22). С. 568–578. DOI: 10.21603/2500-3372-2021-6-4-568-578.
22. Акулов А. О. Эффект декарпинга в индустриальном регионе (на примере Кемеровской области) // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2013. № 4. С. 177–185.
23. Васильцов В. С., Яшалова Н. Н., Яковлева Е. Н., Харламов А. В. Национальная климатическая политика: концептуальные основы и проблемы адаптации // Экономика региона. 2021. Т. 17, № 4. С. 1123–1136. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-4-6.
24. Трушкова Е. А. Методический подход к оценке экономико-экологического развития и дополнительных эффектов, ассоциированных с факторами риска от загрязнения окружающей среды // Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера: Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. 2017. № 3. С. 44–53.
25. System of Environmental-Economic Accounting 2012: Applications and Extensions. European Commission, FAO, OECD, United Nations, World Bank, 2014. 112 p. [Электронный ресурс]. URL: https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/websitedocs/ae_white_cover.pdf (дата обращения: 20.02.2025).
26. Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth. OECD. 2002. 108 p. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf> (дата обращения: 20.02.2025).
27. Лопачук О. Н. Методические особенности и прикладные аспекты декарпинг-анализа // Журнал прикладных исследований. 2023. № 8. С. 63–70. DOI: 10.47576/2949-1878_2023_8_63.
28. Шкиперова Г. Т. Анализ и моделирование взаимосвязи между экономическим ростом и качеством окружающей среды (на примере республики Карелия) // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 43 (394). С. 41–49.
29. Статистический ежегодник Пермского края. 2024 [Электронный ресурс]. Пермь: Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Пермскому краю (Пермьстат), 2024. 337 с. URL: <https://59.rosstat.gov.ru/folder/33461> (дата обращения: 20.02.2025).
30. Tapio P. Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001 // Transport Policy. 2005. Vol. 12. Pp. 137–151.

Об авторах:

Николай Юрьевич Зубарев, кандидат экономических наук, доцент кафедры государственного и муниципального управления, Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия; ORCID 0000-0002-9021-4058, AuthorID 670224. E-mail: nu_zubarev@mail.ru

Людмила Васильевна Глезман, кандидат экономических наук, доцент, старший научный сотрудник, Пермский филиал Института экономики Уральского отделения Российской академии наук, Пермь, Россия; ORCID 0000-0001-9812-3356, AuthorID 298047. E-mail: glezman.lv@uiec.ru

Светлана Сергеевна Федосеева, младший научный сотрудник, Пермский филиал Института экономики Уральского отделения Российской академии наук, Пермь, Россия; ORCID 0000-0003-3721-315X, AuthorID 518612. E-mail: fedoseeva.ss@uiec.ru

Юрий Николаевич Зубарев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агробиотехнологий, главный научный сотрудник сектора организации и сопровождения НИР Управления научной и инновационной деятельности, Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д. Н. Прянишникова, Пермь, Россия; ORCID 0000-0002-6049-3244, AuthorID 522714. E-mail: yn-zubarev@mail.ru

References

1. Dugin A. 4. Decoupling. *Geopolitika.RU* [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 20]. Available from: <https://www.geopolitika.ru/article/dekapling>. (In Russ.)
2. Policies to Enhance Sustainable Development. Paris: OECD Publishing, 2001. 107 p. DOI: 10.1787/9789264192683-en.
3. Dolmatova S. A. How the global idea of sustainable development could become the national ideology of post-Soviet Russia. *International Affairs*. 2013; 12: 98–111. (In Russ.)
4. Fischer-Kowalski, M., Swilling, M., et. al. Decoupling natural resource use and environmental impacts from economic growth. In: *A report of the working group on decoupling to the International Resource Panel: analytical report UNEP* [Internet]. 2011 [cited 2025 Feb 20]. Available from: http://www.gci.org.uk/Documents/Decoupling_Report_English.pdf.
5. Bobylev S. N. *Economics of sustainable development*: textbook. Moscow: KNORUS, 2021. 672 p. (In Russ.)
6. Zabelina I. A. Decoupling in environmental and economic development of regions-participants of cross-border cooperation. *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2019; 12 (1): 241–255. DOI: 10.15838/esc.2019.1.61.15. (In Russ.)
7. Arsakhanova Z. A., Khazhmuradov Z. D., Khazhmuradova S. D. Decoupling in the economy – essence, definition and types. *Society, Economy, Management*. 2019; 4 (4): 13–18. (In Russ.)
8. Zakharova E. N., Silantyev M. N., Abesalashvili M. Z., Bakhova Ya. S. The role and place of decoupling in the system of elements of sustainable development. *Economics: Yesterday, Today and Tomorrow*. 2021; 11 (7-A): 136–144. DOI: 10.34670/AR.2021.28.20.015. (In Russ.)
9. Samarina V. P. The decoupling effect as a criterion for sustainable regional development. *Actual problems of development of economic entities, territories and systems of regional and municipal government: collection of the X International Scientific and Practical Conference*. Kursk, 2015. Vol. 2: Pp. 343–345. (In Russ.)
10. Demkina S. A. On the sustainable development of the region and the decoupling effect. *Ekologiya Tsentral'no-Chernozemnoy oblasti Rossiyskoy Federatsii*. 2014; 1-2 (32-33): 117–121. (In Russ.)
11. Lebedeva M. A. Calculation of the decoupling effect in the industrial region of Russia. *Actual issues of the modern economy*. 2018; 6: 475–479. (In Russ.)
12. Adamov E. V. Analysis of the ecological and economic risks of the regions of Russia. *Problems of the development of the national economy in statistical figures: Collection of the X All-Russian (National) Scientific Conference with International Participation*. Tambov, 2024. Pp. 11–15. (In Russ.)
13. Popova V. K., Khuazheva F. K. Analysis of the use of environmentally friendly technologies in production. *Quality management at the stages of the life cycle of technical and technological systems of the agroindustrial complex: Collection of scientific articles of the All-Russian Scientific and Technical Conference*. Kursk, 2024. Pp. 171–175. (In Russ.)
14. Polyakov V. V. On the issue of developing a strategy to increase the efficiency of natural resource use in the agricultural sphere of the Rostov region. *Economy and ecology of territorial formations*. 2024; 8 (1): 6–12. DOI: 10.23947/2413-1474-2024-8-1-6-12 (In Russ.)
15. Karaulova L. V., Karaulov V. M. Multifactorial model for assessing the environmental friendly development of the regional economy. *Ekonomika i Upravlenie: Problemy, Resheniya*. 2024; 3 (2): 41–53. DOI: 10.36871/ek.up.p.r.2024.02.03.006. (In Russ.)
16. Petrov S. V. Integral analysis of the firm's sustainable development. *Economic Analysis: Theory and Practice*. 2024; 23 (7): 1258–1271. DOI: 10.24891/ea.23.7.1258 (In Russ.)
17. Filonova K. S. Evaluation of water resources use effectiveness. *Vestnik Molodezhnoy Nauki Altayskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta*. 2024; 2: 135–137. (In Russ.)

18. Reshetnikov A. V., Krivko L. V. Relationship between carbon monoxide emissions and health capital indicators of the population in the Russian Arctic. *Ugol*. 2024; 11 (1186): 74–78. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-11-74-78. (In Russ.)
19. Zabelina I. A. Russia and China: ecological and resource effects of decoupling. *ECO*. 2023; 3 (585): 68–92. DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2023-3-68-92. (In Russ.)
20. Rudakova L. V., Lepikhin V. V., Lepikhin K. V. Analysis of greening indicators at industrial enterprises of the Perm Region. *Perm University Herald. Economy*. 2016; 1 (28): 157–166. (In Russ.)
21. Panov A. A. Macroeconomic assessment of the environmental quality of economic growth at the regional level. *Bulletin of Kemerovo State University. Series: Political, Sociological and Economic Sciences*. 2021; 6 (4): 568–578. DOI: 10.21603/2500-3372-2021-6-4-568-578. (In Russ.)
22. Akulov A. O. Decoupling effect in the industrial region (the case of the Kemerovo oblast). *Economic and Social Changes: Facts, Trends, Forecast*. 2013; 4: 177–185. (In Russ.)
23. Vasil'tsov V. S., Yashalova N. N., Yakovleva E. N., Kharlamov A. V. National climate policy: conceptual framework and adaptation problems. *Economy of Region*. 2021; 17 (4): 1123–1136. DOI: 10.17059/ekon.reg.2021-4-6. (In Russ.)
24. Trushkova E. A. Methodological approach to the assessment of economical-and-ecological development and the additional effects associated with risk factors from environmental pollution. *Corporate governance and innovative economic development of the North: Bulletin of the Research Center for Corporate Law, Management and Venture Capital of Syktyvkar State University*. 2017; 3: 44–53. (In Russ.)
25. System of Environmental-Economic Accounting 2012: Applications and Extensions. *European Commission, FAO, OECD, United Nations, World Bank* [Internet]. 2014. 112 p. [cited 2025 Feb 20]; Available from: https://seea.un.org/sites/seea.un.org/files/websitedocs/ae_white_cover.pdf (In English.)
26. Indicators to Measure Decoupling of Environmental Pressure from Economic Growth. OECD [Internet]. 2002 [cited 2025 Feb 20]. 108 p. Available from: <https://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf>.
27. Lopatchouk O. N. Methodological features and applied aspects of decapling analysis. *Journal of Applied Research*. 2023; 8: 63–70. DOI: 10.47576/2949-1878_2023_8_63. (In Russ.)
28. Shkiperova G. T. Analysis and modeling of the relationship between economic growth and environmental quality (the case of the Republic of Karelia). *Economic Analysis: Theory and Practice*. 2014; 43 (394): 41–49. (In Russ.)
29. Statistical Yearbook of the Perm Region [Internet]. 2024 [cited 2025 Feb 2]. *Territorial body of the Federal State Statistics Service for the Perm Region (Permstat)*. Perm, 2024. 337 p. Available from: <https://59.rosstat.gov.ru/folder/33461> (In Russ.)
30. Tapio P. Towards a theory of decoupling: degrees of decoupling in the EU and the case of road traffic in Finland between 1970 and 2001. *Transport Policy*. 2005; 12: 137–151.

Authors' information:

Nikolay Yu. Zubarev, candidate of economic sciences, senior lecturer of the department of world and regional economy, economic theory, Perm State University, Perm, Russia; ORCID 0000-0002-9725-9187, AuthorID 670224. *E-mail: nu_zubarev@mail.ru*

Lyudmila V. Glezman, candidate of economic sciences, associate professor, senior researcher, Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm branch, Perm, Russia; ORCID 0000-0001-9812-3356, AuthorID 298047. *E-mail: glezman.lv@uiec.ru*

Svetlana S. Fedoseeva, research assistant, Institute of Economics of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm branch, Perm, Russia; ORCID 0000-0003-3721-315X, AuthorID 518612. *E-mail: fedoseeva.ss@uiec.ru*

Yuriy N. Zubarev, doctor of agricultural sciences, professor of the department of agrobiotechnologies, chief researcher of the sector of organization and support of research and development management of scientific and innovative activities, Perm State Agrarian and Technological University named after Academician D. N. Pryanishnikov, Perm, Russia; ORCID 0000-0002-6049-3244, AuthorID 522714. *E-mail: yn-zubarev@mail.ru*

Цифровизация как инструмент развития сельских территорий: опыт и перспективы развития

О. Е. Иванова[✉], Н. Н. Горбина

Костромская государственная сельскохозяйственная академия, п. Караваево,
Костромская область, Россия

[✉]E-mail: oksivanova44@mail.ru

Аннотация. Развитие интеллектуальных сельских территорий стимулирует экономическую активность, способствует социальной интеграции, обеспечивает доступ к современным услугам и технологиям. Эта новая реальность подчеркивает необходимость оперативного внедрения цифровых решений, которые могут стать ключом к устойчивому развитию. Основной **целью данной работы** является обобщение актуальных направлений цифровизации в рамках рационализации сельских территорий использования цифровых методов, предназначенных для достижения «цифровой зрелости». **Теоретическую и методологическую основу** исследования составляют фундаментальные положения и труды ученых в области цифровизации. Основными **методами исследования** являются эмпирические методы познания, а также индуктивные и дедуктивные подходы. **Научная новизна** работы заключается в переосмыслении важности цифровизации агропромышленного комплекса (АПК) с использованием разработанной системы показателей для определения уровня цифровизации с помощью индексного метода. В результате проведенной оценки и расчета индекса авторами была осуществлена региональная группировка субъектов Центрального федерального округа Российской Федерации. Раскрываются особенности реализуемых проектов стратегического развития регионов на основе цифровых технологий и платформенных решений, позволяющих вывести сельские территории на траекторию устойчивого экономического роста. Достигнутые **результаты** могут стать фундаментом для дальнейших теоретических и прикладных исследований, направленных на создание аналогичных траекторий и повышение эффективности функционирования цифровых сельскохозяйственных предприятий. Практическая значимость исследования обусловлена выводами и результатами, которые могут быть использованы органами власти всех уровней при разработке государственных программ, планов и стратегий в сфере цифровизации.

Ключевые слова: цифровизация, цифровая трансформация, сельское хозяйство, сельские территории, критерии, группа, проект

Для цитирования: Иванова О. Е., Горбина Н. Н. Цифровизация как инструмент развития сельских территорий: опыт и перспективы развития // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 05. С. 819–830. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-819-830>.

Дата поступления статьи: 08.12.2024, **дата рецензирования:** 05.02.2025, **дата принятия:** 27.03.2025.

Digitalization as a tool for rural development: experience and development prospects

O. E. Ivanova[✉], N. N. Gorbina

Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo settlement, Kostroma region, Russia

[✉]E-mail: oksivanova44@mail.ru

Abstract. The development of smart rural areas stimulates economic activity, promotes social inclusion, and provides access to modern services and technologies. This new reality emphasizes the need for rapid implementation of digital solutions that can be the key to sustainable development. The main **objective** of this paper is to summarize the current trends of digitalization within the framework of rural rationalization of the use of digital methods designed to achieve “digital maturity”. The **theoretical and methodological basis** of the study is formed

by fundamental provisions and works of scientists in the field of digitalization. The main **methods of research** are empirical methods of cognition, as well as inductive and deductive approaches. The **scientific novelty** of the work consists in rethinking the importance of digitalization of the agro-industrial complex (AIC) using the developed system of indicators to determine the level of digitalization using the index method. As a result of the assessment and calculation of the index, the authors carried out a regional grouping of the subjects of the Central Federal District of the Russian Federation. The article reveals the features of the implemented projects of strategic regional development based on digital technologies and platform solutions that allow to bring rural areas to the trajectory of sustainable economic growth. The achieved **results** can become a foundation for further theoretical and applied research aimed at creating similar trajectories and improving the efficiency of digital agricultural enterprises. The practical significance of the study is due to the findings and results that can be used by authorities at all levels in the development of government programs, plans and strategies in the field of digitalization.

Keywords: digitalization, digital transformation, agriculture, rural areas, criteria, group, project

For citation: Ivanova O. E., Gorbina N. N. Digitalization as a tool for rural development: experience and development prospects. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (05): 819–830. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-819-830>. (In Russ.)

Date of paper submission: 08.12.2024, **date of review:** 05.02.2025, **date of acceptance:** 27.03.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Сельские территории играют существенную роль в производственной функции национальной экономики, где сельское хозяйство остается важной сферой деятельности для значительной части населения. Исследование Н. П. Советовой [1] акцентирует внимание на необходимости диверсификации экономики агропромышленного комплекса (АПК), подчеркивая взаимосвязь между потенциалом сельских территорий и параметрами их цифровой трансформации. Проблемы внедрения цифровых технологий и повышения конкурентоспособности в сельскохозяйственном производстве подробно рассмотрены в работах И. А. Манькова и Е. С. Гаврилюк. Их исследования показывают, что цифровизация не только благоприятно влияет на уровень и качество жизни населения, но и приводит к появлению новых продуктов и услуг, а также цифровых платформ. Таким образом, цифровизация становится не просто фактором, а структурообразующим элементом современного социально-экономического развития [2].

Цифровизация сельских территорий представляет собой значимый шаг на пути к будущему глобальной цифровой экономики. В этом глубоком преобразовании неосценимую роль играют этапы комплексной механизации и автоматизации, без которых развитие было бы невозможно. Цифровизация, в свою очередь, символизирует переход к современным цифровым технологиям после этапа оцифровки – процесса, связующего информацию с цифровым форматом. Данные приемы позволяют прогнозировать разнообразные ситуации, улучшать финансово-хозяйственные процессы, а также способствовать привлечению новых партнеров для формирования эффективной и инновационной экономики на сельских территориях. На этом уровне

реализованная цифровизация трансформируется в этап цифровой трансформации, когда digital-технологии интегрируются во все бизнес-процессы, создавая новые продукты и процессы с качественно новыми характеристиками [3].

Крупнейшее издание в сфере корпоративных информационных технологий в России и странах СНГ CNews сообщает, что председатель Правительства Михаил Мишустин выделил приоритетные сферы использования новых технологий, включая искусственный интеллект. На оперативном совещании с вице-премьерами он отметил перспективные области применения, такие как развитие систем автоматического орошения и полива, использование беспилотного транспорта для обработки полей и сбор спутниковых данных о состоянии почвы и запасах водных биологических ресурсов. Согласно обновленной редакции стратегического направления, завершение работы над единой цифровой платформой агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов планируется на декабрь 2024 года с вводом ее в эксплуатацию в марте 2025 года [4].

Основные особенности цифрового технологического уклада частично раскрыты зарубежными и отечественными исследователями в рамках глобальной цифровой экономики. В частности, Е. Попковой, А. В. Боговизом и Б. С. Серги [5], а также А. Garzoni, I. De Turi, G. Secundo и Del Vecchio Pasquale [6] сформулировано, что процесс цифровизации охватил все производственные секторы, проявляя различную степень активности. Внедрение цифровых технологий в отдельных организациях способствует их росту и прогрессу. Вопросы цифровой экономики как новой среды для поддержания жизнедеятельности предприятий детально исследованы в работах Д. П. Мартынова и В. Ю. Гарновой [7], а также J. S. Gonzalez и M. Gulbrandsen

[8]. Их выводы подтверждаются фразой, что стратегическая долгосрочная перспектива нацелена на развитие цифровизации. Поэтому в непрерывно меняющихся условиях сельскохозяйственные товаропроизводители сталкиваются с необходимостью адаптации к новым требованиям. Цифровизация открывает перед ними возможности для оптимизации процессов производства и сбыта произведенной продукции. Интеграция современных технологий позволяет повысить эффективность производства и уменьшить потери имеющихся ресурсов [9].

Кроме того, существует недостаточная проработка особенностей адаптации различных отраслей сельского хозяйства к цифровизации [10]. Это говорит о том, что новые тенденции развития сельских территорий в условиях цифровой многополярности исследованы не вполне полно. Эта неопределенность затрудняет установление механизмов адаптации к рискам цифровизации и уровня их применения в разных направлениях развития сельскохозяйственного производства.

По утверждениям А. Priyadarsini, А. Kumar [11], а также А. Alghorbany, А. Che-Ahmad и S. O. Abdulmalik [12], цифровизация бизнеса развивается благодаря совершенствованию датчиков и увеличению количества как внутренних, так и внешних источников данных. Эти технологии позволяют сельскохозяйственным организациям собирать массивы информации, что способствует более точному и оперативному принятию решений. Растущее количество данных, поступающих из различных областей, способствует эффективному управлению ресурсами, увеличению аналитических показателей и оптимизации бизнес-процессов. Развитие технологий и информационных систем приводит к более глубокому пониманию внутренних и внешних факторов, влияющих на бизнес и повышению производительности.

С возникновением нового подхода к организации хозяйственной деятельности происходит трансформация управленческой идеологии, что приводит к необходимости разработки системы управления, которая будет эффективно достигать определенных целей. Учитывая это, можно предположить, что эффективность внедрения цифровых технологий в АПК в значительной мере зависит от масштабов, принимаемых мер на всех уровнях управления: федеральном, региональном и муниципальном [13].

На основании выводов Н. А. Бондаревой и С. В. Плясовой методы управления экономикой, включая цифровые технологии, должны быть основаны на четких целях, задачах и социально-экономических интересах, таких как повышение уровня жизни населения и устойчивое развитие. Для этого важно соблюдать определенную последовательность в определении и выявлении экономических закономерностей, что включает формулировку

основных и сопутствующих целей для выявления ключевых показателей; выбор инструментов для обоснования существующих взаимосвязей между концептами системы; а также обеспечение предполагаемого направления и оценка достижения поставленных целей [14].

Ведущие эксперты из Высшей школы экономики подчеркивают, что Россия значительно отстает от мировых лидеров в области внедрения цифровых технологий в сельском хозяйстве. Индекс цифровизации бизнеса в стране остается на крайне низком уровне. В числе наиболее популярных решений выделяются системы поддержки принятия решений, приложения для точного земледелия, системы управления производством и контроля здоровья растений и животных. Также важными являются пользовательские интерфейсы и интегрированные платформы, объединяющие различные инструменты управления сельскохозяйственным предприятием. Эти решения включают облачные технологии, автоматизированные системы для сбора урожая и управления животноводческими фермами, а также интеллектуальные системы анализа и управления цепочками поставок. В будущем наиболее перспективными цифровыми технологиями в сельском хозяйстве могут стать нейротехнологии, искусственный интеллект, беспроводной коммуникации, новые производственные методы и системы распределенного реестра [15].

Исследование данной темы обусловлено неопределенностью в интерпретации понятия уровня цифровизации, что усложняет выявление ключевых характеристик развития сельских территорий в цифровой среде. Недостаток сформулированных концепций относительно воздействия цифровизации затрудняет принятие эффективных решений в сфере цифровизации сельскохозяйственного производства. Это подчеркивает важность изучения вопросов перехода производственных процессов на современные технологические уклады и оценке возможностей их коммерциализации.

Методология и методы исследования (Methods)

Методической основой данного исследования стали фундаментальные и прикладные работы как отечественных, так и зарубежных ученых в области внедрения цифровых технологий, направленных на расширение прав и возможностей сельхозпроизводителей в рамках развития сельских территорий. Цель исследования – обоснование и разработка практических рекомендаций для решения важной научной проблемы развития сельских территорий через призму цифровизации. Достижение обозначенной цели потребовало постановки и решения следующих задач:

– обосновать эволюцию и распространения цифровых технологий на базе анализа актуальных проблем и социально-экономических тенденций;

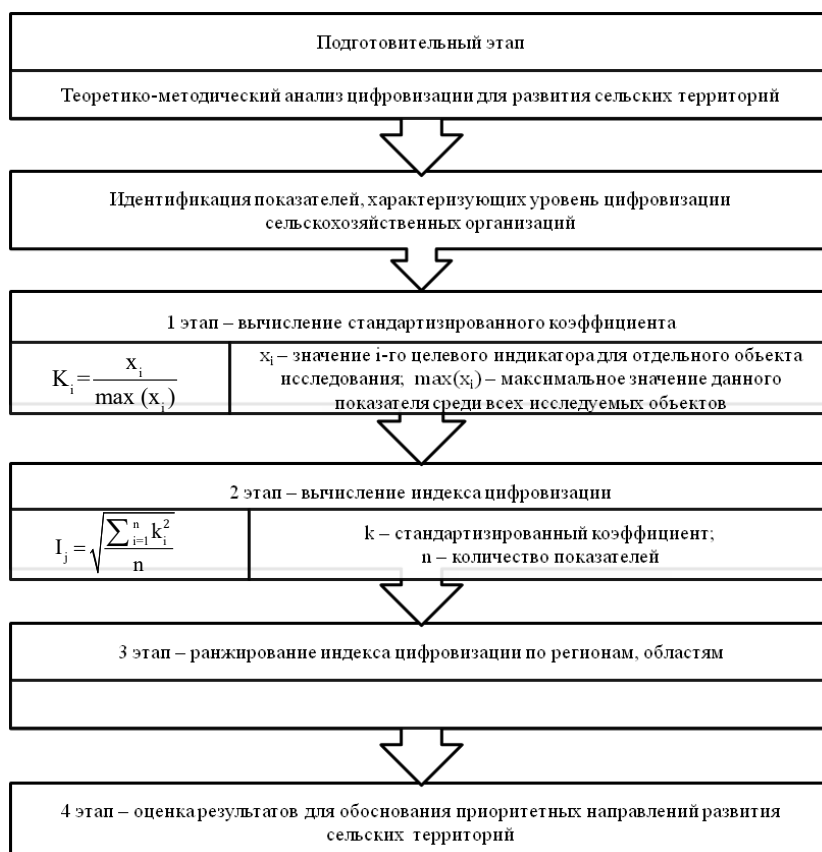


Рис. 1. Этапы построения индекса цифровизации для развития сельских территорий

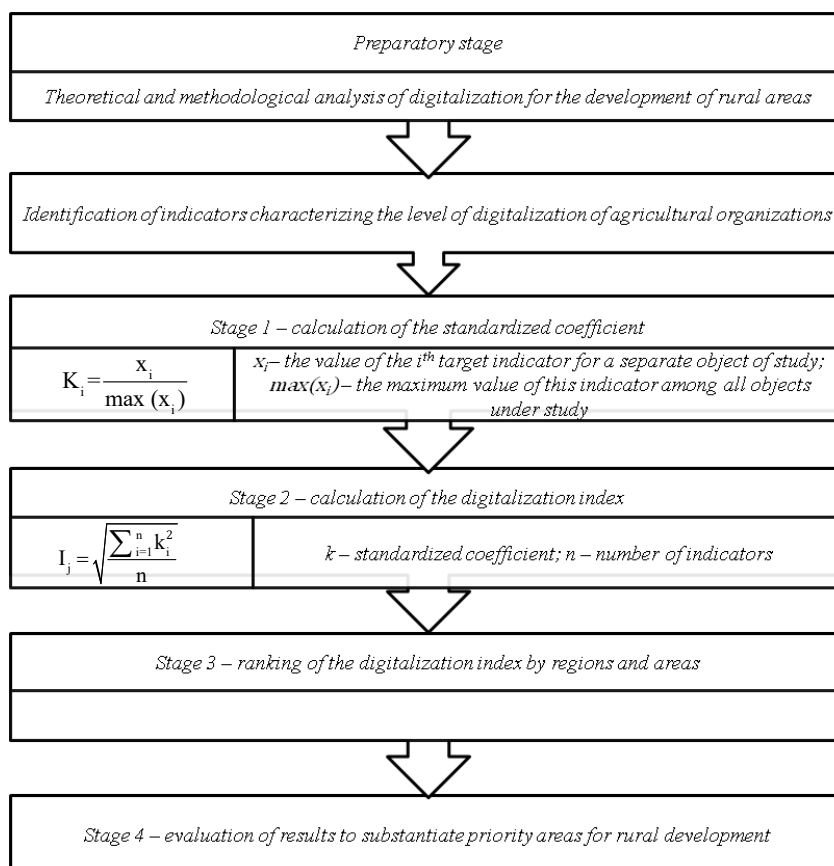


Fig. 1. Stages of building a digitalization index for rural development

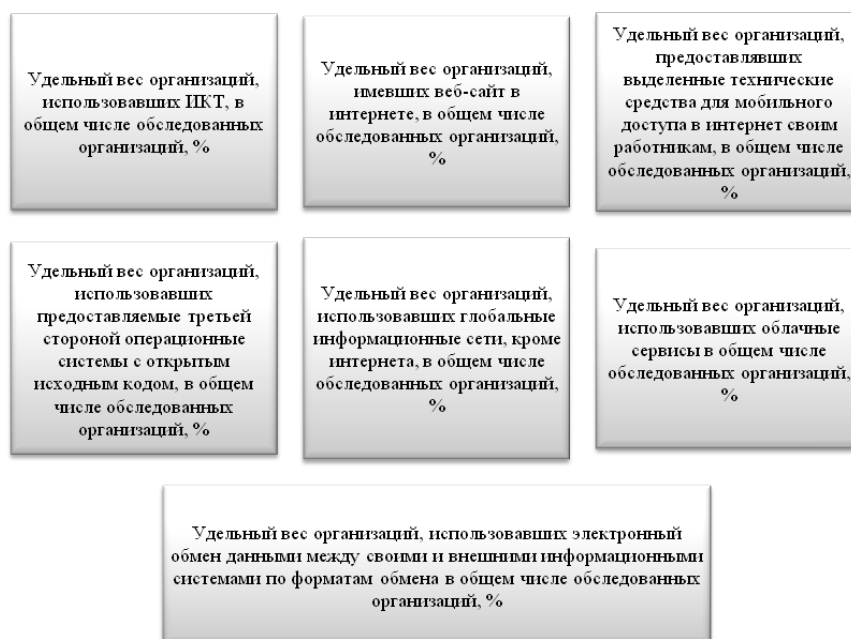


Рис. 2. Показатели, характеризующие уровень цифровизации сельскохозяйственных организаций
Источник: составлено авторами по данным [15]

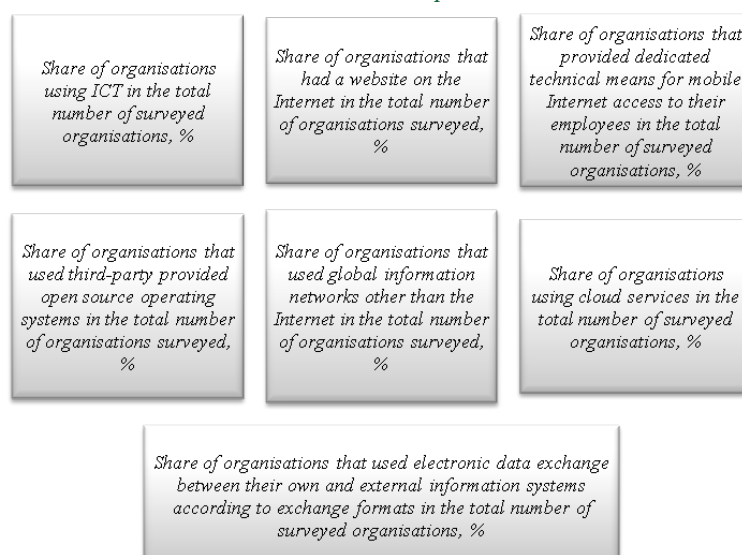


Fig. 2. Indicators characterizing the level of digitalization of agricultural organizations
Source: compiled by the authors based on data from [15]

– систематизировать факторы, влияющие на уровень цифровизации сельскохозяйственного производства, для внедрения индексного метода анализа;

– определить особенности уровня цифровизации в различных федеральных округах России и в центральных регионах этого округа, опираясь на обозначенные группы;

– разработать рекомендации по развитию сельских территорий в условиях цифровизации на примере Костромской области.

Оценка уровня цифровизации основана на индексном методе, схема построения которого и содержание этапов представлены на рис. 1.

Этот анализ проводится на основании доступных данных и ориентирован на решение текущих

системных задач, а также на поддержку действующих государственных программ.

Результаты (Results)

При оценке степени цифровизации аграрного сектора и ее влияния на развитие сельских территорий важно учитывать ряд структурных компонентов, которые образуют взаимосвязанную систему управления. Основываясь на информационных источниках, опубликованных Федеральной службой государственной статистики за 2019–2023 годы, для оценки уровня цифровизации определен ряд относительных показателей с учетом особенности адаптации сельскохозяйственных товаропроизводителей к новым реалиям (рис. 2).



Рис. 3. Степень цифровизации федеральных округов Российской Федерации
Источник: составлено авторами

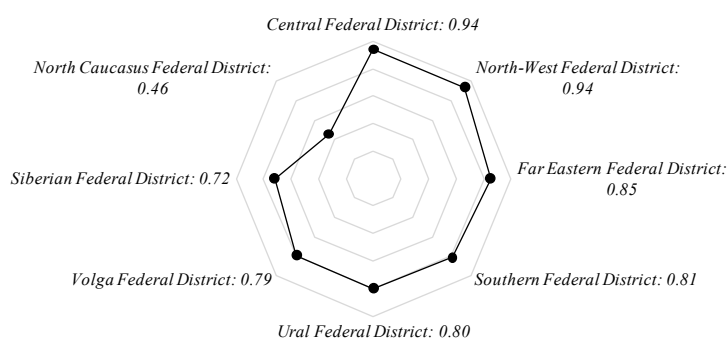


Fig. 3. Degree of digitalization of the federal districts of the Russian Federation
Source: compiled by the authors

В рамках сектора экономики, связанного с сельским, лесным хозяйством, охотой и рыболовством, Центральный и Северо-Западный федеральные округа демонстрируют явное преимущество по уровню цифровизации со значением 0,94 (рис. 3). Данный факт подтверждается активной реализацией перспективных проектов, направленных на достижение цифровой зрелости в развитии сельских районов.

Учитывая, что Центральный федеральный округ демонстрирует самый высокий уровень цифровизации среди всех административных единиц России, далее представлен исследуемый показатель с региональной точки зрения (рис. 4).

В авторской версии обозначены четыре категории уровня цифровизации аграрного производства: высокий, средний, низкий и кризисный. В частности, в указанном округе примерно одна треть регионов демонстрирует высокий и средний уровень цифровизации. При этом около 67 % регионов показывают низкие и критические значения. Это, в свою очередь, связано с недостаточным использованием имеющихся ресурсов в аграрном секторе. В период с 2020 по 2022 год совокупный объем валовых внутренних расходов на развитие цифровой экономики возрос на 26,8 %, составив в 2022 году 5152 млрд рублей [16]. Внутренние расходы в сельском хозяйстве на активизацию и применение цифровых технологий, а также сопутствующих продук-

тов и услуг в 2022 году составили 7,9 млрд рублей, в то время как внешние затраты достигли 1,9 млрд рублей [17]. Системы автоматизации бизнес-процессов являются наиболее распространенными в сельском хозяйстве: 46,5 % организаций данного направления используют обозначенные цифровые технологии. Кроме того, по данным обследования Института статистических исследований и экономики знаний, проведенного в июне – июле 2023 года в рамках ВЭД «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство», к востребованным технологиям относятся Интернет вещей и технологии сбора, обработки и анализа больших данных, которые составляют 40,0 % и 27,6 % соответственно от числа организаций, использующих цифровые технологии [18; 19]. В дальнейшем проведен анализ действующих стратегий развития аграрного сектора субъектов Центрального федерального округа (рисунок 4). Упомянутые области уже продемонстрировали успехи в части цифровизации, что подтверждает важность данной трансформации для повышения конкурентоспособности сельскохозяйственного производства и развития сельских территорий. Но существует целая группа регионов, в которых проекты по цифровизации не реализуются: Владимирская, Калужская, Костромская, Липецкая, Орловская, Тамбовская, Тверская, Тульская и Ярославская.

1 группа: индекс цифровизации менее 0,69	2 группа: индекс цифровизации от 0,69 до 0,77	3 группа: индекс цифровизации от 0,77 до 0,83	4 группа: индекс цифровизации свыше 0,83
- Тверская область, - Владимирская область, - Смоленская область, - Брянская область, - Московская область, - Орловская область	- Ивановская область, - Рязанская область, - Калужская область, - Воронежская область, - Костромская область, - Ярославская область	- Курская область, - Белгородская область, - Тульская область	- Липецкая область, - Тамбовская область, г. Москва

Рис. 4. Территориальные единицы Центрального федерального округа по уровню цифровизации, использовавших информационно-коммуникационные технологии по ВЭД «Сельское, лесное хозяйство, охота, рыболовство и рыбоводство» за 2023 г.

Источник: составлено авторами

Group 1: digitalisation index less than 0.69	Group 2: digitalisation index from 0.69 to 0.77	Group 3: digitalisation index from 0.77 to 0.83	Group 4: digitalisation index over 0.83
- Tver region, - Vladimir region, - Smolensk region, - Bryansk region, - Moscow region, - Orel region	- Ivanovo region, - Ryazan region, - Kaluga region, - Voronezh region, - Kostroma region, - Yaroslavl region	- Kursk region, - Belgorod region, - Tula region	- Lipetsk region, - Tambov region, - Moscow

Fig. 4. Territorial units of the Central Federal District by the level of digitalization that used information and communication technologies in the foreign economic activity "Agriculture, forestry, hunting, fishing and fish farming" in 2023

Source: compiled by the authors

Например, в Костромской области до сих пор не разработана комплексная долгосрочная программа по цифровизации экономики сельских территорий. Вследствие этого Департаменту агропромышленного комплекса Костромской области необходимо пересмотреть свой подход к данной сфере с учетом достижений в стратегическом планировании соседних регионов Центрального федерального округа России. Авторы считают, что, во-первых, необходимо разработать программу, включающую в себя инвестиции в ИТ-структуру и образование; во-вторых, наладить сотрудничество с компаниями, специализирующимися на разработке агротехнологий. Важно, чтобы структура агропромышленного комплекса области адаптировалась к новым требованиям цифровой эпохи и оптимально использовала доступные ресурсы. Сущность предлагаемых направлений предполагает следующие императивы (рис. 6).

Безусловно, имеются субъективные факторы, которые замедляют процесс внедрения новшеств в аграрной сфере. Многие предприятия избегают рисков, опасаясь, что инвестиции в оборудование и программное обеспечение не оправдают себя. Кроме того, программные решения часто не индивидуализируются под особенности конкретного производства. Однако такие опасения опро-

вергаются успешными примерами цифровизации в агропромышленном комплексе России, такими как использование технологий Интернета вещей и аналитики данных. Также стоит отметить быстрое развитие портала Госуслуг, доступного всем россиянам, включая жителей сел. Все эти инновации функционируют эффективно лишь при наличии стабильного интернета и беспроводной связи, однако пользователи могут столкнуться с недоступностью сервисов из-за кибератак.

Тем не менее правильное применение технологий Интернета вещей позволяет беспилотным сельхозмашинам автоматически выполнять такие задачи, как обработка почвы и сбор урожая. Специальные камеры помогают быстро инспектировать поля, создавая 3D-карты и оптимизируя процессы внесения удобрений. Существуют также решения для переработки и хранения сельскохозяйственной продукции, что снижает затраты труда и улучшает условия хранения урожая. Data Science способствует выявлению скрытых закономерностей в данных, открывая возможности для оптимизации процессов, таких как выбор времени для дойки или сбора урожая и подбор кормов. Данные решения в основном внедряются крупными агрохолдингами, которых пока нет в Костромской области.

Белгородская область	• «Моя цифровая ферма» – образование; «Моя цифровая ферма» – платформа для фермеров в сфере растениеводства; «Моя цифровая ферма» для государства; внедрение подсистемы пчеловодства «Доброутчёл»
Брянская область	• «Моя цифровая ферма» – образование
Воронежская область	• Геоаналитический центр АПК; личный кабинет сельхозтоваропроизводителя
Ивановская область	• «Моя цифровая ферма» – платформа для фермеров в сфере растениеводства; «Моя цифровая ферма» для государства
Курская область	• «Моя цифровая ферма» – образование; «Моя цифровая ферма» – платформа для фермеров в сфере растениеводства; «Моя цифровая ферма» – платформа для фермеров в сфере животноводства; «Моя цифровая ферма» – цифровой двойник для фермеров в сфере растениеводства; «Моя цифровая ферма» для государства; «Моя цифровая ферма» – цифровой двойник для фермеров в сфере животноводства
Московская область	• Геоинформационная база данных сельскохозяйственных угодий и паспортов плодородия; расчет минимальных показателей урожайности основных культур; мониторинг исполнения обязательств получателями грантов посредством специализированного мобильного приложения; электронная база земельных участков с/х назначения, свободных и пригодных для организации сельскохозяйственного производства; виртуальные путешествия на фермерские хозяйства; электронная ярмарка вакансий в АПК; производство ягод от грядки до прилавка; проведение ветеринарносанитарного обследования
Рязанская область	• Развитие ведомственной информационной системы Минсельхозпрода Рязанской области
Смоленская область	• «Моя цифровая ферма» – платформа для фермеров в сфере животноводства; «Моя цифровая ферма» – платформа для фермеров в сфере растениеводства

Рис. 5. Проекты развития сельского хозяйства по данным Стратегии цифровой трансформации регионов Центрального Федерального округа
Источник: составлено авторами по данным [20].

Belgorod region	• "My Digital Farm" – education, "My Digital Farm" – platform for farmers in crop production, "My Digital Farm" for the state, Implementation of the beekeeping subsystem
Bryansk region	• "My Digital Farm" – education
Voronezh region	• AIC Geoanalytical Centre, Personal Account of an Agricultural Producer
Ivanovo region	• "My Digital Farm" – platform for farmers in crop production, "My Digital Farm" for the state
Kursk region	• "My Digital Farm" – education, "My Digital Farm" – platform for crop farmers, "My Digital Farm" – platform for livestock farmers, "My Digital Farm" – digital twin for crop farmers, "My Digital Farm" for the state, "My Digital Farm" – digital twin for livestock farmers
Moscow region	• Geoinformation database of agricultural land and fertility passports, Calculation of minimum yields of major crops, Monitoring of grant recipients' fulfilment of their obligations through a specialised mobile application, Electronic database of agricultural land plots available and suitable for agricultural production, Virtual trips to farms, Electronic job fair in agro-industrial complex, Berry production: from the bed to the counter, Conducting veterinary inspections, Conducting a veterinary inspection of agricultural land plots in the Moscow region, Conducting a veterinary inspection of agricultural land plots in the Moscow Region, Conducting a veterinary inspection of agricultural land plots in the Moscow Region
Ryazan region	• Development of the departmental information system of the Ministry of Agriculture and Food of the Ryazan region
Smolensk region	• "My Digital Farm" – platform for farmers in the field of animal husbandry, "My Digital Farm" – platform for farmers in the field of crop production

Fig. 5. Agricultural development projects according to the Strategy for digital transformation of the regions of the Central Federal District
Source: compiled by the authors based on data from [20]

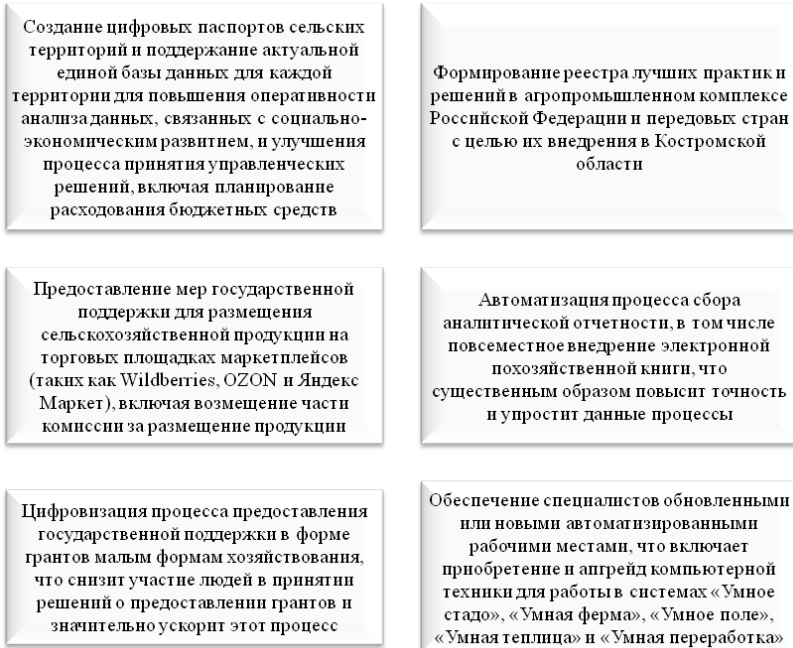


Рис. 6. Направления для развития цифровых технологий сельских территорий
Источник: составлено авторами



Fig. 5. Directions for the development of digital technologies in rural areas
Source: compiled by the authors

Ключевым аспектом цифровизации является постоянное обучение сотрудников АПК для их осведомленности о современных тенденциях. Технология дополненной реальности (AR) сокращает время обучения, позволяя изучать материалы на рабочем месте в режиме реального времени. Это дает возможность нанимать сотрудников с базовыми знаниями. Технология AR обогащает восприятие текстами, звуковыми и графическими материалами без необходимости приобретения дорогостоящих устройств.

Не стоит забывать, что в эпоху цифровизации важно сделать жизнь на сельских территориях привлекательной для нынешнего и будущих поколений. Для этого следует активно использовать продвижение сельских территорий в социальных сетях через официальные страницы и сообщества, а также информационные ресурсы для туристов (такие как сервисы отзывов, экотуризм, здоровый образ жизни и т. д.). Чтобы популяризировать цифровизацию сельских территорий среди руководителей сельскохозяйственных предприятий, глав местного самоуправления и широких слоев населения, авторами был разработан справочник в формате виртуальной экскурсии.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

Данное исследование направлено на популяризацию развития и распространения цифровых технологий, а также на уменьшение информационного и инновационного разрыва в развитии сельских территорий. Работа основана на методах теоретического и эмпирического познания. В результате сбора и анализа информации о роли цифровизации в развитии сельских территорий была подтверждена авторская гипотеза о необходимости достижения уровня цифровой зрелости сельского хозяйства.

На основе проведенного анализа стартовых условий и приоритетов цифровой трансформации отраслей экономики России выделены ключевые проблемы, сдерживающие развитие цифровизации в сельском хозяйстве, и обозначены меры, которые государство может предпринять для внедрения национальной платформы «Цифровое сельское хозяйство» [21]. Авторы пришли к заключению, что особенностями поддержки реализации проектов цифровых технологий является отсутствие накопленного опыта и сложность их точного планирования. В связи с этим был обозначен ряд ключевых направлений для решения данной проблемы, которые адресованы Департаменту агропромышленного комплекса Костромской области Российской Федерации с учетом адаптации отечественного и международного опыта реализации подобных проектов.

Ключевой особенностью исследования является переосмысление влияния накопленной теоретической базы и практики применения цифровых технологий на экономический рост сельских территорий, где само сельскохозяйственное производство становится драйвером цифровизации. Достоверность отдельных положений исследования подтверждается данными, размещенными на сайте государственного комитета статистики Российской Федерации. Представлен комплексный подход к приоритетам цифрового развития сельских территорий, формирование которых происходит под воздействием масштабных процессов цифровой трансформации сельскохозяйственного производства. Важными аспектами повышения уровня цифровизации является улучшение косвенных и социальных эффектов между городом и селом, а также повышение цифровой грамотности сельских жителей и расширение их компетенций. При проведении теоретического анализа выделены и рассмотрены отдельные аспекты и особенности нормативно-правового регулирования в области цифровой трансформации сельскохозяйственного производства. Определена роль внедрения цифровых технологий и платформенных решений в модернизации управления производственными процессами, что должно привести к повышению производительности труда, росту валового внутреннего продукта в сельскохозяйственном производстве и, как следствие, улучшению благосостояния населения сельских территорий.

Библиографический список

1. Советова Н. П. Цифровизация сельских территорий: от теории к практике // Экономические и социальные перемены: факторы, тенденции, прогноз. 2021. Т. 14, № 2. С. 105–124. DOI: 10.15838/esc.2021.2.74.7.
2. Маньков И. А., Гаврилюк Е. С. Цифровая эволюция современного предприятия: анализ процессов автоматизации, цифровизации и цифровой трансформации // Прогрессивная экономика. 2024. № 3. С. 89–99.
3. Иванова О. Е. Индустрия 4.0 – революция, требующая технологий и национальных стратегий промышленного развития // Russian Journal of Management. 2022. Т. 10, № 3. С. 56–60. DOI: 10.29039/2409-6024-2022-10-3-56-60.
4. Как государство способствует цифровой трансформации агропрома [Электронный ресурс]. URL: https://www.cnews.ru/reviews/tsifrovizatsiya_selskogo_hozyajstva_2024/articles/tsifrovizatsiya_apk_stanut_li_selhozpredpriyatiya (дата обращения: 10.10.2024).
5. Popkova E., Bogoviz A., Serg B. Towards digital society management and “Capitalism 4.0” in contemporary Russia // Humanities and Social Sciences Communications. 2021. No. 8 (1). DOI: 10.1057/s41599-021-00743-8.
6. Garzoni A., De Turi I., Secundo G., Del Vecchio P. Fostering digital transformation of SMEs: a four levels approach // Management Decision. 2020. No. 58 (8). Pp. 1543–1562.
7. Мартынов Д. П., Гарнова В. Ю. Развитие понятия «бизнес-процесс» в условиях цифровой экономики: новые вызовы и возможности // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. 2023. № 3. С. 169–176.
8. Gonzalez J. S., Gulbrandsen M. Innovation in established industries undergoing digital transformation: the role of collective identity and social values // Innovation. 2021. No. 24. Pp. 201–230.
9. Сулимин В. В., Шведов В. В., Ларионова Н. П. Современные подходы к управлению устойчивым развитием сельскохозяйственных предприятий в условиях глобализации // Аграрный вестник Урала. 2024. Т. 24, № 09. С. 1239–1252. DOI: 10.32417/1997-4868-2024-24-09-1239-1252.
10. Bocharnikov V. S., Ivanova N. V., Balashova N. N., Ovchinnikov M. A., Tokarev K. E. Development of technical and economic parameters of experimental digital farms // Journal of Physics: conference series. 2020. No. 1515. DOI: 10.1088/1742-6596/1515/3/032008.

11. Priyadarsini A., Kumar A. A literature review on IT governance using systematicity and transparency framework // *Digital Policy, Regulation and Governance*. 2022. No. 24 (3). Pp. 309–328.
12. Alghorbany A., Che-Ahmad A., Abdulmalik S. O. IT investment and corporate performance: Evidence from Malaysia // *Cogent Business & Management*. 2022. No. 9 (1). DOI: 10.1080/23311975.2022.2055906.
13. Научно-технологическое развитие промышленности в условиях неопределенности внешней среды: коллективная монография / М. А. Измайлова, А. И. Шинкевич, С. С. Кудрявцева [и др.]. Москва: Мир науки, 2023. 332 с.
14. Бондарева Н. А., Плясова С. В. Инструменты оценки в условиях устойчивой экономики // *Проблемы теории и практики управления*. 2024. № 1-2. С. 54–64.
15. Цифровая трансформация: эффекты и риски в новых условиях / Под ред. И. Р. Агамирзяна, Л. М. Гохберга, Т. С. Зининой, П. Б. Рудника. Москва: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. 156 с.
16. Использование цифровых технологий организациями по Российской Федерации, субъектам Российской Федерации и видам экономической деятельности (с 2003 г.) [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 12.10.2024).
17. Цифровая экономика 2024: краткий статистический сборник / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишнеvский, Л. М. Гохберг [и др.]. Москва: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. 124 с.
18. Индикаторы цифровой экономики 2024: статистический сборник / В. Л. Абашкин, Г. И. Абдрахманова, К. О. Вишнеvский, Л. М. Гохберг [и др.]. Москва: ИСИЭЗ ВШЭ, 2024. 276 с.
19. Цифровые технологии в бизнесе: практика и барьеры использования [Электронный ресурс]. URL: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/890550370.pdf> (дата обращения: 12.10.2024).
20. Стратегии цифровой трансформации [Электронный ресурс]. URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/1064> (дата обращения: 03.09.2024).
21. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: официальное издание. Москва: Росинформагротех, 2019. 48 с.

Об авторах:

Оксана Евгеньевна Иванова, кандидат экономических наук, доцент, доцент кафедры бухгалтерского учета и информационных систем в экономике, Костромская государственная сельскохозяйственная академия, п. Караваево, Костромская область, Россия; ORCID 0000-0003-4498-8279, AuthorID 704990.

E-mail: oksivanova44@mail.ru

Наталья Николаевна Горбина, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры бухгалтерского учета и информационных систем в экономике, Костромская государственная сельскохозяйственная академия, п. Караваево, Костромская область, Россия; ORCID 0000-0002-0039-7357, AuthorID 300805.

E-mail: gorbina_n_n@mail.ru

References

1. Sovetova N. P. Rural territories' digitalization: from theory to practice. *Economic and Social Changes: Factors, Trends, Forecast*. 2021; 14 (2): 105–124. (In Russ.)
2. Mankov I. A., Gavriluk E. S. Digital evolution of the modern enterprise: analysis of the processes of automation, digitalisation and digital transformation. *Progressive Economics*. 2024; 3: 89–99. (In Russ.)
3. Ivanova O. E. Industry 4.0 – a revolution requiring technologies and national strategies of industrial development. *Russian Journal of Management*. 2022; 10 (3): 56–60. (In Russ.)
4. How the state contributes to the digital transformation of the agro-industry [Internet]. 2024 [cited 2024 Oct 10]. Available from: https://www.cnews.ru/reviews/tsifrovizatsiya_selskogo_hozyajstva_2024/articles/tsifrovizatsiya_apk_stanut_li_selhozpredpriyatiya. (In Russ.)
5. Popkova E., Bogoviz A., Serg B. Towards digital society management and “Capitalism 4.0” in contemporary Russia. *Humanities and Social Sciences Communications*. 2021; 8 (1): DOI: 10.1057/s41599-021-00743-8.
6. Garzoni A., De Turi I., Secundo G., Del Vecchio P. Fostering digital transformation of SMEs: a four levels approach. *Management Decision*. 2020; 58 (8): 1543–1562.
7. Martynov D. P., Garnova V. Yu. Development of the concept of “business process” in the digital economy: new challenges and opportunities. *RISC: Resources, Information, Supply, Competition*. 2023; 3: 169–176. (In Russ.)
8. Gonzalez J. S., Gulbrandsen M. Innovation in established industries undergoing digital transformation: the role of collective identity and social values. *Innovation*. 2021; 24: 201–230.
9. Sulimin V. V., Shvedov V. V., Larionova N. P. Modern approaches to the management of sustainable development of agricultural enterprises in the context of globalization. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2024; 24 (09): 1239–1252. (In Russ.)

10. Bocharnikov V. S., Ivanova N. V., Balashova N. N., Ovchinnikov M. A., Tokarev K. E. Development of technical and economic parameters of experimental digital farms. *Journal of Physics: conference series*. 2020; 1515. DOI: 10.1088/1742-6596/1515/3/032008.
11. Priyadarsini A., Kumar A. A literature review on IT governance using systematicity and transparency framework. *Digital Policy, Regulation and Governance*. 2022; 24 (3): 309–328.
12. Alghorbany A., Che-Ahmad A., Abdulmalik S. O. IT investment and corporate performance: Evidence from Malaysia. *Cogent Business & Management*. 2022; 9 (1): DOI:10.1080/23311975.2022.2055906.
13. Scientific and technological development of industry in the conditions of uncertainty of the external environment: a collective monograph / M. A. Izmaylova, A. I. Shinkevich, S. S. Kudryavtseva, et al. Moscow: Mir nauki, 2023. 332 p. (In Russ.)
14. Bondareva N. A., Plyasova S. V. Evaluation tools in the conditions of sustainable economy. *Problems of Theory and Practice of Management*. 2024; 1-2: 54–64. (In Russ.)
15. *Digital transformation: effects and risks in the new conditions*. Ed. by I. R. Agamirzyan, L. M. Gokhberg, T. S. Zinina, P. B. Rudnik. Moscow: National Research University “Higher School of Economics”, 2024. 156 p. (In Russ.)
16. *Use of digital technologies by organisations by the Russian Federation, subjects of the Russian Federation and types of economic activity (since 2003)* [Internet]. 2024 [cited 2024 Oct 12]. Available from: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science>. (In Russ.)
17. *Digital economy: 2024: a brief statistical compendium*. V. L. Abashkin, G. I. Abdrakhmanova, K. O. Vishnevsky, L. M. Gokhberg, et al. Moscow: National Research University “Higher School of Economics”, 2024. 124 p. (In Russ.)
18. Indicators of digital economy 2024: statistical compendium / V. L. Abashkin, G. I. Abdrakhmanova, K. O. Vishnevskiy, L. M. Gokhberg, et al. Moscow: National Research University “Higher School of Economics”, 2024. 276 p. (In Russ.)
19. Digital technologies in business: practice and barriers to use [Internet]. 2024 [cited 2024 Oct 12]. Available from: <https://issek.hse.ru/mirror/pubs/share/890550370.pdf>. (In Russ.)
20. Strategies of digital transformation [Internet]. 2024 [cited 2024 Sep 9]. Available from: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/1064>. (In Russ.)
21. Departmental project “Digital Agriculture”: official publication. Moscow: Rosinformagroteh, 2019. 48 p. (In Russ.)

Authors' information:

Oksana E. Ivanova, candidate of economic sciences, associate professor, associate professor of the department of accounting and information systems in economics, Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo settlement, Kostroma region, Russia; ORCID 0000-0003-4498-8279, AuthorID 704990. *E-mail: oksivanova44@mail.ru*

Nataliya N. Gorbina, candidate of technical sciences, associate professor, associate professor of the department of accounting and information systems in economics, Kostroma State Agricultural Academy, Karavaevo settlement, Kostroma region, Russia; ORCID 0000-0002-0039-735, AuthorID 300805. *E-mail: gorbina_n_n@mail.ru*

Анализ динамики производства агропромышленной продукции и поголовья сельскохозяйственных животных в государствах ЕАЭС

О. А. Рущицкая, Е. М. Кот, Е. С. Куликова[✉], Т. И. Кружкова

Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия

[✉]E-mail: e.s.kulikova@mail.ru

Аннотация. Современное развитие агропромышленного комплекса (АПК) государств Евразийского экономического союза (ЕАЭС) определяется совокупностью экономических, технологических и институциональных факторов, влияющих на производство сельскохозяйственной продукции и динамику поголовья животных. **Цель** – определить ключевые факторы и тенденции развития агропромышленного комплекса (АПК) в государствах Евразийского экономического союза (ЕАЭС) на основе анализа показателей производства сельскохозяйственной продукции, динамики поголовья животных и объемов выпуска продуктов питания. **Методы исследования.** Статистический анализ данных за 2024 год, сравнительный подход к оценке национальных и региональных показателей, а также экономико-математическое моделирование для выявления взаимосвязей между выпуском продукции и изменением поголовья. **Научная новизна** состоит в комплексной оценке влияния экономических, технологических и институциональных факторов на развитие АПК ЕАЭС, что позволяет системно определить приоритетные направления для корректировки национальных и наднациональных мер поддержки. Впервые обобщены результаты по пяти странам ЕАЭС (Россия, Беларусь, Казахстан, Армения, Кыргызстан) с учетом их специфики и уровня интеграции. **Результаты.** Наблюдается неравномерный рост производства и изменения в структуре животноводства, отражающий различия в аграрных политиках, технологиях и инвестиционных возможностях стран-участниц. Наиболее динамичное развитие наблюдается в секторах, связанных с переработкой и выпуском готовой продукции, тогда как прирост поголовья отдельных видов сельскохозяйственных животных существенно варьируется. Полученные выводы позволяют определить потенциально уязвимые направления, требующие дополнительных мер поддержки, и приоритетные области инвестиций. Выявленные тенденции способствуют более эффективной адаптации аграрной политики к условиям единого интеграционного пространства, ориентируясь на продовольственную безопасность и укрепление конкурентоспособности на мировых рынках.

Ключевые слова: ЕАЭС, агропромышленный комплекс, производство, животноводство, показатели, интеграция, продовольственная безопасность

Для цитирования: Рущицкая О. А., Кот Е. М., Куликова Е. С., Кружкова Т. И. Анализ динамики производства агропромышленной продукции и поголовья сельскохозяйственных животных в государствах ЕАЭС // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 05. С. 831–840. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-831-840>.

Дата поступления статьи: 12.02.2025, **дата рецензирования:** 04.03.2025, **дата принятия:** 20.03.2025.

Analysis of the dynamics of production of agricultural products and livestock in the EAEU states

O. A. Rushchitskaya, E. M. Kot, E. S. Kulikova✉, T. I. Kruzhkova

Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia

✉E-mail: e.s.kulikova@mail.ru

Abstract. The modern development of the agro-industrial complex (AIC) of the Eurasian Economic Union (EAEU) states is determined by a combination of economic, technological and institutional factors affecting agricultural production and livestock dynamics. **The purpose** is to determine the key factors and trends in the development of the agro-industrial complex (AIC) in the Eurasian Economic Union (EAEU) states based on the analysis of agricultural production indicators, livestock dynamics and food production volumes. **Research methods.** Statistical analysis of data for 2024, a comparative approach to assessing national and regional indicators, as well as economic and mathematical modeling to identify relationships between output and changes in livestock. **The scientific novelty** lies in a comprehensive assessment of the impact of economic, technological and institutional factors on the development of the EAEU agro-industrial complex, which allows for a systematic determination of priority areas for adjusting national and supranational support measures. For the first time, the results for five EAEU countries (Russia, Belarus, Kazakhstan, Armenia, Kyrgyzstan) are summarized, taking into account their specifics and level of integration. **Results.** There is uneven growth in production and changes in the structure of livestock farming, reflecting differences in agricultural policies, technologies and investment opportunities of the participating countries. The most dynamic development is observed in sectors related to processing and production of finished products, while the increase in the number of individual types of farm animals varies significantly. The findings make it possible to identify potentially vulnerable areas requiring additional support measures and priority investment areas. The identified trends contribute to a more effective adaptation of agricultural policy to the conditions of a single integration space, focusing on food security and strengthening competitiveness in world markets.

Keywords: EAEU, agri-industrial complex, production, livestock, indicators, integration, food security

For citation: Rushchitskaya O. A., Kot E. M., Kulikova E. S., Kruzhkova T. I. Analysis of the dynamics of production of agricultural products and livestock in the EAEU states. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (05): 831–840. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-05-831-840>. (In Russ.)

Date of paper submission: 12.02.2025, **date of review:** 04.03.2025, **date of acceptance:** 20.03.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Агропромышленный комплекс (АПК) традиционно играет одну из ключевых ролей в экономике стран, входящих в Евразийский экономический союз (ЕАЭС). Он влияет не только на формирование продовольственной безопасности, но и на структуру занятости, экспортно-импортные операции и инновационное развитие регионов. С учетом растущих темпов глобализации и перемен в международном торговом пространстве от состояния и динамики развития АПК зависит конкурентоспособность всего интеграционного объединения. В связи с этим особое внимание уделяется анализу показателей производства сельскохозяйственной продукции, поголовья основных видов животных и результатам перерабатывающего сектора. Одним из важнейших направлений исследования аграрной сферы является комплексная оценка динамики производства и переработки, позволяющая выявлять структурные сдвиги, оценивать эффективность действующих мер поддержки и формировать долго-

срочные прогнозы. В последние годы государства ЕАЭС прилагают значительные усилия к модернизации своих национальных агропромышленных комплексов, внедряя инновации и совершенствуя механизмы финансирования. Однако, несмотря на общее направление на консолидацию и взаимовыгодное сотрудничество, сохраняются различия в темпах роста, степени диверсификации продукции и уровнях технологической оснащенности. В условиях трансформации мировой экономической конъюнктуры, изменения логистических цепочек и колебаний сырьевых рынков государства ЕАЭС стремятся оптимизировать собственные агропромышленные стратегии. С одной стороны, такой подход ориентирован на укрепление внутренних рынков и снижение зависимости от импортных поставок. С другой стороны, значительная часть произведенной продукции ориентирована на экспорт, особенно когда речь идет о продовольственных товарах высокой степени переработки. Это ставит перед производителями задачу улучшения качества и соблюдения международных стандартов, что тре-

бует постоянных инвестиций в технологическое переоборудование и обучение кадров. Еще один важный аспект – состояние животноводческой отрасли, являющейся фундаментом продовольственной безопасности и источником сырья для смежных секторов (молочной, мясной промышленности и пр.). Регулярный мониторинг поголовья, его структуры (крупный рогатый скот, свиньи, мелкий рогатый скот) и производственных показателей в животноводстве помогает не только оценивать уровень самообеспеченности, но и определять потенциальные источники дохода для экспортоориентированных хозяйств. При этом для ЕАЭС важно поддерживать сбалансированный подход, обеспечивающий конкурентоспособность и экологическую устойчивость.

Проблематика развития агропромышленного комплекса в интеграционных объединениях, включая ЕАЭС, нашла широкое отражение в трудах отечественных и зарубежных исследователей. В частности, в некоторых работах подчеркивается необходимость совершенствования государственных мер поддержки и экспортного потенциала аграрного сектора. Так, Р. С. Губанов выделяет влияние аграрной экономики на формирование общего экономического пространства в рамках ЕАЭС [7], указывая, что совместные усилия стран-участниц повышают конкурентоспособность их продукции. При этом, как отмечает М. Batista Filho [1], в современном мире сельское хозяйство играет ключевую роль в поддержании продовольственной стабильности, а рациональное использование ресурсов влияет на здоровье населения. В то же время анализ общей сельскохозяйственной политики, по мнению Б. Е. Фрумкина, позволяет выявить особенности развития отрасли в контексте глобальных изменений [15]. Автор подчеркивает, что динамика производства и экспортные возможности напрямую зависят от механизмов госрегулирования. Некоторые ученые рассматривают роль инноваций и моделирования для прогнозирования основных показателей сельскохозяйственного производства. Так, согласно V. A. Tofig, развитие цифровых технологий и экономико-математических моделей способствует повышению эффективности хозяйствования [4]. С другой стороны, о необходимости государственной поддержки экспортной деятельности как элемента интеграционной политики ЕАЭС упоминает И. А. Аксенов [5], подчеркивая значимость координации между странами в продвижении товаров на внешние рынки.

Авторы уделяют внимание и структурным преобразованиям. Как отмечает М. Л. Климова, регулирование органического сельского хозяйства в государствах ЕАЭС становится перспективным направлением, позволяющим расширить ассортимент и повысить конкурентоспособность [10]. В контексте этих идей исследователи указывают

на возможность применения опыта стран ЕС, где структурная поддержка сельхозтоваропроизводителей привела к росту показателей отрасли [13]. Отдельно выделяется влияние факторов технологического прогресса. Например, в работах Д. Р. Кричкер подчеркивается, что сельскохозяйственная наука России является ключевым драйвером повышения эффективности [11], в то время как О. В. Ермолова анализирует становление и развитие аграрной экономической науки, приводя обширные доказательства роста результативности [8]. Также следует учесть необходимость международной кооперации: как подчеркивает С. В. Киселев, оптимизация интеграционных процессов внутри ЕАЭС может смягчить негативные последствия внешних рыночных колебаний [9]. С другой стороны, цифровизация отрасли, о которой говорят Д. М. Назаров и соавторы, способствует повышению прозрачности сделок и росту производительности [14]. Говоря о продовольственной обеспеченности, А. Б. Кусаинова подчеркивает значимость сохранения стабильного внутреннего рынка при одновременном расширении экспортных возможностей [12]. В свою очередь, В. А. Мальцева указывает, что для повышения конкурентоспособности необходимы структурные преобразования, адаптирующие международный опыт к местным условиям [13]. Дополняя это, М. Mihajlović и коллеги рассматривают экономический вклад сельскохозяйственного сектора, увязывая его с обороноспособностью и стратегической безопасностью [3]. Стоит отметить, что некоторые исследования акцентированы на концентрации аграрного и животноводческого сектора в различных регионах. Так, Е. Т. Bozduman указывает на позитивные эффекты интеграции и кооперации малых производителей [2].

Цель исследования – провести комплексный анализ динамики производства агропромышленной продукции и поголовья основных видов сельскохозяйственных животных в государствах ЕАЭС, выявить ключевые тенденции, а также определить направления совершенствования государственной и наднациональной поддержки отрасли.

Методология и методы исследования (Methods)

Методологической основой исследования послужили общенаучные методы анализа и синтеза, а также специальные методы экономической статистики, включая сравнительный и структурно-динамический анализ. Для достижения поставленной цели использовался комплекс источников: официальные данные Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) и национальных статистических органов государств – членов ЕАЭС, а также дополнительная информация, полученная из аналитических отчетов и публикаций, посвященных агропромышленному комплексу. В рамках сравнительного анализа сопоставлялись показатели валового выпуска сельско-

хозяйственной продукции в текущих и постоянных ценах, индексы производства по странам ЕАЭС, а также данные о поголовье крупного рогатого скота, свиней, овец и коз. Данный подход позволил выявить особенности отраслевой структуры и установить различия в динамике развития у каждого государства. Значимые показатели, такие как объемы производства основных продуктов животноводства (молоко, мясо, яйца), были рассмотрены в сопоставлении с изменениями поголовья животных. Это позволило оценить прямое влияние сырьевой базы на перерабатывающий сектор.

Для структурно-динамического анализа были рассчитаны темпы роста и долевые показатели по видам продукции, что позволило выявить приоритетные направления производства и переработки. Особое внимание уделялось изучению производственных индексов продуктов питания, напитков и табачных изделий, поскольку эта сфера отражает конечный этап переработки сельскохозяйственного сырья и определяет конкурентоспособность продукции на внутреннем и внешнем рынках. Также в исследовании учитывались внешние факторы, такие как глобальные изменения спроса и предложения на рынке продовольствия, колебания цен и меры торговой политики других стран. Для уточнения результатов и интерпретации статистических показателей применялись методы экспертной оценки, предполагающие консультации с профильными специалистами агропромышленного сектора. Это позволило корректировать чисто статистический анализ с учетом реальных условий ведения сельскохозяйственной деятельности в разных странах ЕАЭС.

Полученные данные были систематизированы в виде таблиц, раскрывающих динамику производства, поголовья сельскохозяйственных животных, объемы пищевой промышленности и другие характеристики. На их основе осуществлены дополнительные расчеты (например, доля конкретного государства в совокупном объеме производства ЕАЭС), а также оценена инвестиционная привлекательность отдельных секторов переработки. Такой комплексный подход обеспечивает надежность и достоверность полученных результатов и дает возможность сформировать целостное представление о текущем состоянии агропромышленного комплекса ЕАЭС.

Результаты (Results)

В разделе представлена последовательная оценка динамики основных показателей агропромышленного комплекса (АПК) государств ЕАЭС. Такой анализ включает несколько этапов: рассмотрение совокупного выпуска сельскохозяйственной продукции, изучение структуры поголовья основных видов животных, а также углубленную оценку производственных результатов в пищевой и пере-

рабатывающей промышленности. Анализ данных в текущих ценах позволяет оценить совокупный экономический эффект, но не всегда отражает реальный рост из-за инфляционных процессов. Поэтому индекс объема производства в постоянных ценах служит более точным индикатором динамики. Прежде всего важно рассмотреть совокупные производственные показатели сельскохозяйственной продукции, так как они формируют исходную точку для дальнейшего анализа. Динамика валового выпуска, приведенная с учетом индекса в постоянных ценах, позволяет выявить тенденции реального роста или спада, не искаженные инфляционными процессами.

Наивысший темп роста в постоянных ценах демонстрирует Беларусь (106,8 %), что свидетельствует об активной господдержке и благоприятной конъюнктуре. Армения (104,5 %) также показывает стабильный рост, возможно, за счет диверсификации продукции и налаживания экспортных каналов. В России, несмотря на самый большой объем производства (около 10 960 млн долл. США), индекс вырос лишь до 101,2 %. Умеренный рост отражает влияние масштабов экономики и высокую базу предыдущего периода. Дополнительно мы рассчитали удельный вес каждой страны в совокупном объеме сельскохозяйственной продукции (в млн долл. США). Россия занимает около 73 %, Беларусь – около 9,8 %, Казахстан – примерно 12,5 %, что говорит о доминировании крупной экономики РФ, но также подчеркивает значимость более высоких темпов роста в других странах.

Рассмотренные сведения показывают общее состояние сельскохозяйственной отрасли в каждом государстве ЕАЭС. Однако для более полного понимания необходимо установить, как изменяются поголовье животных и структура их содержания, поскольку именно животноводство является важнейшим источником сырья (мясо, молоко, шерсть) и влияет на дальнейшие этапы переработки. Поголовье крупного рогатого скота, свиней, овец и коз служит одним из главных показателей животноводческой отрасли. В таблице отражен как абсолютный размер поголовья, так и процент изменения относительно предыдущего года, что дает возможность оценить тенденции в каждом сегменте.

Общее поголовье крупного рогатого скота в ЕАЭС сократилось до 98,1 % от уровня прошлого года, что может сказаться на темпах роста молочного производства. Поголовье свиней в целом выросло до 101 %, особенно заметен рост в Казахстане (108,3 %), что свидетельствует о переформатировании животноводческой структуры в пользу свиноводства. Поголовье овец и коз выросло (102,6 %), за исключением снижения в России (97,2 %) и Казахстане (96,9 %). В ряде стран мелкий рогатый скот остается перспективным направлением, учитывая

растущий спрос на баранину и козье молоко. Мы также провели дополнительную оценку средних темпов изменения:

- среднее снижение КРС по ЕАЭС составило примерно 1,9 %;
- рост поголовья свиней в среднем на 1–2 %;
- овцы и козы — прирост около 2,6 %.

Проведенное сопоставление поголовья животных в динамике способствует лучшему пониманию перспектив развития молочного и мясного направления. Однако само наличие животноводческих ресурсов не гарантирует пропорционального роста выпуска конечной продукции. Для уточнения этого вопроса далее следует анализ объемов фактического производства животноводческой продукции, позволяющий оценить степень использования имеющейся сырьевой базы. Объемы производства мяса, молока и яиц — ключевой индикатор эффективности животноводческого сектора.

Общий объем производства скота и птицы на убой вырос на 2,7 %. Лидером роста является Армения (107,5 %), тогда как Кыргызстан показывает умеренное увеличение (100,6 %). Производство молока по ЕАЭС выросло на 3,4 %. Особенно высокие темпы в Беларуси (108,3 %), указывающие на динамичное развитие молочного животноводства. Объем производства яиц сократился (99,5 %). Снижение наблюдается в Армении и России, что может отражать либо сезонные колебания, либо ограниченность рынка. Сопоставляя эти цифры с таблицей о поголовье, можно отметить, что в ряде стран (Беларусь) инвестиции в высокопродуктивные породы коров способны компенсировать общее сокращение КРС.

Анализ выпуска мяса, молока и яиц дает основание судить о том, как изменения в поголовье животных влияют на конечные производственные результаты. Не менее важным направлением в АПК остается переработка, включающая широкий спектр продуктов питания, напитков и табачных изделий. Изучение данного сектора отражает способность экономик ЕАЭС формировать добавленную стоимость, что будет рассмотрено далее. Перерабатывающая промышленность в сфере агропрома охватывает не только выпуск готовых пищевых продуктов, но и производство напитков и табачных изделий.

Наиболее высокий индекс роста производства продуктов питания и напитков зафиксирован в Кыргызстане (117,6 %), что свидетельствует о быстром развитии перерабатывающего сектора в республике. В России индекс достигает 107,5 %, также указывая на активизацию пищевой промышленности. В Казахстане — снижение до 95,9 %, вероятно, из-за временных трудностей в снабжении сырьём или перераспределении инвестиционных потоков. Агрегированный индекс по ЕАЭС (без Беларуси) составляет 106,7 %, что позволяет констатировать

положительную динамику в целом. Мы провели дополнительный расчет, сравнив долю перерабатывающего сектора в валовом продукте АПК, и выявили тенденцию к увеличению этой доли, особенно в России и Кыргызстане.

Результаты сравнительного анализа перерабатывающих отраслей позволяют определить основные точки роста и выявить проблемные зоны, связанные с ограниченностью сырьевой базы или логистическими барьерами. Для еще более детального рассмотрения структуры выпуска целесообразно проанализировать динамику отдельных видов продукции, что даёт возможность выделить конкретные сегменты с наибольшим потенциалом развития. Детализация выпуска отдельных видов продукции пищевой и перерабатывающей промышленности, таких как мясо и субпродукты, растительные масла, молоко и молочные продукты, позволяет определить, в каких нишах есть наиболее активный рост и какие технологические тренды доминируют.

В Кыргызской Республике впечатляющий рост наблюдается в производстве мяса птицы (в 10,7 раза), что может отражать эффект низкой базы и активных инвестиций. Россия демонстрирует значительный выпуск растительного масла (рост 117,7 %) и сахара (147 %), что указывает на переориентацию на внутренний рынок и возможный экспортный потенциал. В Армении наблюдается резкое падение производства молочных паст (16,3 %), тогда как Казахстан снижает объемы жидкого обработанного молока до 97,4 % от уровня прошлого года. Наш дополнительный расчет относительных долей отдельных видов продукции в общем объеме указывает на то, что мясная продукция (включая птицу) и растительные масла остаются драйверами роста. С другой стороны, сегмент муки показывает тенденцию к сокращению в Армении (84,2 %) и незначительному росту в России (109,3 %).

Сопоставление представленных таблиц и дополнительных расчетов позволяет сформировать целостную картину. Агропромышленный комплекс ЕАЭС демонстрирует в целом положительную динамику, что подтверждается повышением индекса производства в большинстве стран.

1. Сельскохозяйственное производство (таблица 1). Ведущую роль играет Россия, однако наивысшие темпы роста наблюдаются в Беларуси. Это указывает на результативность аграрных программ и более высокий уровень технологического оснащения в республике.

2. Поголовье животных (таблица 2). Частичное сокращение КРС компенсируется ростом свиней и мелкого рогатого скота. В условиях изменения структуры животноводства потенциальным направлением развития могут стать свиноводство и овцеводство, особенно в странах, где отмечен зна-

Таблица 1

Производство продукции сельского хозяйства в государствах – членах ЕАЭС

Экономика

Страна	Производство сельскохозяйственной продукции (в текущих ценах)	Индекс объема производства: январь – март 2024 г. к январю – марту 2023 г., % (в постоянных ценах)	Индекс объема производства: январь – март 2023 г. к январю – марту 2022 г., %
Армения	млрд драмов – 103,0, млн долл. США – 255,5	104,5	100,8
Беларусь	млрд бел. рублей – 4,7, млн долл. США – 1 468,1	106,8	103,0
Казахстан	млрд тенге – 841,7, млн долл. США – 1 869,0	101,6	103,5
Кыргызстан	млрд сомов – 38,1, млн долл. США – 426,2	101,4	102,3
Россия	млрд рос. рублей – 994,7, млн долл. США – 10 960,3	101,2	101,6
ЕАЭС – всего	млн долл. США – 14 979,1	101,7	102,0

Table 1

Production of agricultural products in the EAEU member states

State	Agricultural production (at current prices)	Production volume index Jan-March 2024 to Jan-March 2023, in % (at constant prices)	Production volume index Jan-March 2023 to Jan-March 2022, in %
Armenia	billion drams – 103.0, million US dollars – 255.5	104.5	100.8
Belarus	billion Belarusian rubles – 4.7, million US dollars – 1 468.1	106.8	103.0
Kazakhstan	billion tenge – 841.7, million US dollars – 1 869.0	101.6	103.5
Kyrgyzstan	billion soms – 38.1, million US dollars – 426.2	101.4	102.3
Russia	billion Russian rubles – 994.7, million US dollars – 10 960.3	101.2	101.6
EAEU – total	million US dollars – 14 979.1	101.7	102.0

Таблица 2

Поголовье сельскохозяйственных животных в государствах-членах ЕАЭС
(в хозяйствах всех категорий), тыс. голов

Страна	Крупный рогатый скот	В том числе коровы	Свиньи	Овцы и козы
	на 01.04.2024 г.	в % к 01.04.2023 г.	на 01.04.2024 г.	в % к 01.04.2023 г.
ЕАЭС	33 149,7	98,1	14 679,7	101,0
Армения	625,2	98,0	255,2	95,1
Беларусь	4 182,0	98,6	1 438,7	99,5
Казахстан	9 113,3	98,5	4 485,5	108,3
Кыргызстан	1 976,9	102,9	985,4	102,7
Россия	17 252,3	97,2	7 514,9	97,4

Table 2

Number of farm animals in the EAEU member states (in farms of all categories), thousand heads

State	Cattle as of 01.04.2024	including cows in % as of 01.04.2023	Pigs as of 01.04.2024	Sheep and goats in % as of 01.04.2023
Armenia	33 149.7	98.1	14 679.7	101.0
Belarus	625.2	98.0	255.2	95.1
Kazakhstan	4 182.0	98.6	1 438.7	99.5
Kyrgyzstan	9 113.3	98.5	4 485.5	108.3
Russia	1 976.9	102.9	985.4	102.7
EAEU – total	17 252.3	97.2	7 514.9	97.4

чительный прирост.

3. Животноводческая продукция (таблица 3). Увеличение производства мяса и молока говорит о стабилизации и росте производительности. Снижение выпуска яиц может отражать краткосрочные

рыночные колебания.

4. Переработка пищевой продукции (таблица 4). Общий индекс роста в перерабатывающей промышленности высок, особенно в Кыргызстане и России. Это свидетельствует о расширении про-

Таблица 3

**Производство животноводческой продукции в государствах – членах ЕАЭС
(в хозяйствах всех категорий), тыс. тонн**

Страна	Скот и птица на убой (в живом весе)	в % к январю – марту 2023 г.	Молоко	в % к январю – марту 2023 г.	Яйца, млн шт.	в % к январю – марту 2023 г.
ЕАЭС	4 880,3	102,7	10 945,7	103,4	13 073,0	99,5
Армения	15,8	107,5	123,1	96,5	120,5	94,4
Беларусь	443,9	105,7	2 134,1	108,3	895,1	120,3
Казахстан	459,1	101,6	935,9	103,7	1 067,1	100,8
Кыргызстан	95,8	100,6	288,3	101,9	147,9	110,0
Россия	3 865,7	102,5	7 464,3	102,2	10 842,4	97,9

Table 3

Production of livestock products in the EAEU member states (in farms of all categories), thousand tons

State	Cattle and poultry for slaughter (live weight)	In % to January – March 2023	Milk	In % compared to January – March 2023	Eggs, million pcs.	In % to January – March 2023
EAEU	4 880.3	102.7	10 945.7	103.4	13 073.0	99.5
Armenia	15.8	107.5	123.1	96.5	120.5	94.4
Belarus	443.9	105.7	2 134.1	108.3	895.1	120.3
Kazakhstan	459.1	101.6	935.9	103.7	1 067.1	100.8
Kyrgyzstan	95.8	100.6	288.3	101.9	147.9	110.0
Russia	3 865.7	102.5	7 464.3	102.2	10 842.4	97.9

Таблица 4

**Объёмы и индексы производства продуктов питания, напитков и табачных изделий
по государствам-членам ЕАЭС**

Страна	Объем производства (в текущих ценах)	Индекс объема производства: январь – март 2024 г. к январю – марту 2023 г. (в постоянных ценах)	Индекс объема производства: январь – март 2023 г. к январю – марту 2022 г.
	в национальной валюте	в млн долл. США	в %
Армения	191,9 млрд драмов	476,0	98,9
Казахстан	976,4 млрд тенге	2 168,1	95,9
Кыргызстан	16,3 млрд сомов	182,2	117,6
Россия	3 122,5 млрд руб.	34 408,2	107,5
ЕАЭС – всего	–	37 234,5	106,7

Table 4

Volumes and indices of production of food, beverages and tobacco products by EAEU member states

State	Production volume (in current prices)	Production volume index Jan-Mar 2024 to January – March 2023 (at constant prices)	Production volume index January – March 2023 to January – March 2022
	In national currency	In million US dollars	
Armenia	191.9 billion drams	476.0	98.9
Kazakhstan	976.4 billion tenge	2 168.1	95.9
Kyrgyzstan	16.3 billion soms	182.2	117.6
Russia	3,122.5 billion rubles	34 408.2	107.5
EAEU – total	–	37 234.5	106.7

изводственных мощностей и развитии технологий.

5. Отдельные виды продукции (таблица 5). Особо высокие темпы показали мясо птицы и нерафинированное растительное масло. Сахарная промышленность в России отметилась значительным приростом, что может иметь позитивный эффект для внутреннего рынка и экспорта.

Таким образом, результаты исследования указывают на относительно благоприятную ситуацию

в агропромышленном комплексе ЕАЭС. Наиболее перспективными направлениями являются производство мяса птицы, растительного масла, а также развитие молочного животноводства при сохранении фокуса на коровах высокопродуктивных пород. Однако сохраняются и проблемные зоны, связанные с сокращением производства муки и отдельных видов молочной продукции в ряде стран, что может требовать корректировок в политике государствен-

Таблица 5

Производство отдельных видов продукции пищевой и перерабатывающей промышленности в государствах – членах ЕАЭС, тыс. тонн

Вид продукции	Армения (январь – март 2024 г., в % к 2023 г.)	Казахстан (январь – март 2024 г., в % к 2023 г.)	Кыргызстан (январь – март 2024 г., в % к 2023 г.)	Россия (январь – март 2024 г., в % к 2023 г.)
Мясо и субпродукты (кроме домашней птицы)	2,3; 101,3 %	22,2; 103,5 %	3,6; 115,3 %	1 145,4; 104,4 %
Мясо и субпродукты домашней птицы	2,1; 118,5 %	78,5; 104,0 %	0,1; в 10,7 раза	1 277,6; 100,6 %
Масло растительное нерафинированное	0,001; в 1,7 раза	156,8; 114,3 %	1,9; 109,6 %	2 749,2; 117,7 %
Молоко жидкое обработанное	1,6; 105,6 %	151,9; 97,4 %	10,5; 93,5 %	1 477,5; 103,8 %
Масло и молочные пасты	0,3; 16,3 %	6,9; 95,8 %	1,2; 59,5 %	87,5; 101,8 %
Сыры (кроме плавленого)	2,8; 99,3 %	5,8; 128,8 %	0,9; 90,0 %	208,6; 114,4 %
Мука	21,5; 84,2 %	812,6; 96,6 %	54,3; 92,4 %	2 534,2; 109,3 %
Хлеб и хлебобулочные изделия	45,7; 102,0 %	130,7; 97,0 %	19,4; 107,5 %	1 202,1; 99,4 %
Сахар	0,01; в 1,6 раза	7,5; 11,1 %	–	744,2; 147,0 %

Экономика

**Table 5
Production of individual types of food and processing industry products in the EAEU member states, thousand tons**

Type of product	Armenia (January – March 2024, in % to 2023)	Kazakhstan (January – March 2024, in % to 2023)	Kyrgyzstan (January – March 2024, in % to 2023)	Russia (January – March 2024, in % to 2023)
Meat and offal (except poultry)	2.3; 101.3 %	22.2; 103.5 %	3.6; 115.3 %	1 145.4; 104.4 %
Meat and offal of poultry	2.1; 118.5 %	78.5; 104.0 %	0.1; в 10.7 p.	1 277.6; 100.6 %
Unrefined vegetable oil	0.001; in 1.7 times	156.8; 114.3 %	1.9; 109.6 %	2 749.2; 117.7 %
Processed liquid milk	1.6; 105.6 %	151.9; 97.4 %	10.5; 93.5 %	1 477.5; 103.8 %
Butter and dairy spreads	0.3; 16.3 %	6.9; 95.8 %	1.2; 59.5 %	87.5; 101.8 %
Cheese (except processed)	2.8; 99.3 %	5.8; 128.8 %	0.9; 90.0 %	208.6; 114.4 %
Flour	21.5; 84.2 %	812.6; 96.6 %	54.3; 92.4 %	2 534.2; 109.3 %
Bread and bakery products	45.7; 102.0 %	130.7; 97.0 %	19.4; 107.5 %	1 202.1; 99.4 %
Sugar	0.01; in 1.6 times	7.5; 11.1 %	–	744.2; 147.0 %

ной поддержки.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

В ходе исследования проведен комплексный анализ динамики производства агропромышленной продукции и изменений в структуре поголовья сельскохозяйственных животных в государствах – членах ЕАЭС. Полученные результаты демонстрируют неравномерность развития отрасли, но в целом указывают на положительную динамику. Так, Беларусь и Армения показали высокие темпы роста в сельскохозяйственном производстве, в то время как Россия, являясь крупнейшим производителем, сохраняет умеренные, но стабильные показатели. Сопоставление данных о поголовье животных с объемами выпуска животноводческой продукции подтверждает продолжение тенденции к переориентации некоторых стран на свиноводство и птицеводство. В то же время сокращение поголовья круп-

ного рогатого скота может повлиять на будущее развитие молочного сектора, требуя инвестиций в высокопродуктивные породы и совершенствование кормовой базы.

Анализ перерабатывающей промышленности свидетельствует о расширении ее возможностей и росте добавленной стоимости в ряде стран. Особенно заметна активизация предприятий пищевой промышленности в Кыргызстане и России. Сегменты растительных масел и сахарной продукции выделяются как наиболее динамичные, что дает основания считать их перспективными для дальнейшего роста, включая экспортные поставки. Одновременно сохраняются вызовы, связанные с сокращением производства отдельных видов продукции, например муки в Армении и молочных паст в Казахстане и Кыргызстане. Причины могут включать колебания спроса, логистические проблемы или недостаточное финансирование соответствующих

секторов.

Таким образом, результаты исследования подтверждают, что потенциал агропромышленного комплекса ЕАЭС остается высоким, однако эффективное использование этого потенциала во многом зависит от согласованных действий стран-участниц. Важным направлением совершенствования

выступает дальнейшее развитие кооперации, обмена технологическими инновациями и гармонизации нормативно-правовой базы. Кроме того, необходима комплексная система господдержки, учитывающая специфику каждого сектора и направленная на стимулирование наиболее перспек-

Библиографический список

1. Batista Filho M., De F. C. Caminha M., Freitas D. L. Agriculture, Food and Nutrition // Revista Brasileira de Saude Materno Infantil. 2023. Vol. 23. Pp. 86–87. DOI: 10.1590/1806-9304202300000001.
2. Bozduman E. T. The concentration of the agriculture and livestock sector in the Visegrad group after membership to the European Union // Economics of Agriculture. 2023. Vol. 70, No. 3. Pp. 867–879. DOI: 10.59267/ekopolj2303867t.
3. Mihajlović M., Milunović M., Ćearmilac U. Economic analysis of the role of agricultural production in meeting the defense needs of the Republic of Serbia // Economics of Agriculture. 2024. Vol. 71, No. 2. Pp. 679–696. DOI: 10.59267/ekopolj2402679m.
4. Tofiq V. A., Gabil N. M., Zahid M. T., et al. Modeling and Forecasting of Production an Agricultural Product // Journal of Law and Sustainable Development. 2023. Vol. 11, No. 7. Article number e625. DOI: 10.55908/sdgs.v11i7.625.
5. Аксенов И. А. Развитие государственной поддержки экспорта сельскохозяйственной продукции как элемент интеграционной политики Евразийского экономического союза // Сибирский журнал наук о жизни и сельского хозяйства. 2021. Т. 13, № 4. С. 273–296. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-4-273-296.
6. Васильева М. В., Кушнерук А. А. Потенциал взаимодействия стран ЕАЭС в сфере обеспечения продовольственной безопасности // Вектор экономики. 2020. № 12 (54). URL: https://vectoreconomy.ru/images/publications/2020/12/worldconomy/Vasilyeva_Kushneruk.pdf (дата обращения: 15.01.2025).
7. Губанов Р. С. Развитие аграрной экономики стран-участниц ЕАЭС // Экономика сельского хозяйства России. 2024. № 4. С. 131–137. DOI: 10.32651/244-131.
8. Ермолова О. В., Кирсанов В. В., Остапенко Т. В. Межотраслевой уровень взаимодействий в евразийском агропродовольственном комплексе // Экономические науки. 2020. № 187. С. 49–54. DOI: 10.14451/1.187.49.
9. Киселев С. В., Ромашкин Р. А. Развитие сельского хозяйства в Евразийском экономическом союзе: достижения, вызовы и перспективы // АПК: экономика, управление. 2020. № 1. С. 74–90. DOI: 10.33305/201-74.
10. Климова М. Л. Регулирование органического сельского хозяйства в государствах ЕАЭС // Молочная промышленность. 2022. № 2. С. 36–38.
11. Кричкер Д. Р., Рушицкая О. А. О вкладе России в агропродовольственную политику, проводимую в странах ЕАЭС // Теория и практика мировой науки. 2023. № 1. С. 29–36.
12. Кусаинова А. Б., Байгот М. С., Глотова И. С. Продовольственная обеспеченность в Евразийском экономическом союзе // Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия аграрных наук. 2020. Т. 58, № 4. С. 397–414. DOI: 10.29235/1817-7204-2020-58-4-397-414.
13. Ларионова К. А., Пархоменко Т. В. Внешнеэкономические наднациональные интересы в отраслях ЕАЭС: методика выбора приоритетного рынка // Вестник Ростовского государственного экономического университета (РИНХ). 2020. № 2 (70). С. 59–65.
14. Назаров Д. М., Кондратенко И. С., Сулимин В. В., Шведов В. В. Цифровизация сельского хозяйства на примере Румынии // Международный сельскохозяйственный журнал. 2022. № 6 (390). С. 622–624. DOI: 10.55186/25876740_2022_65_6_622.
15. Фрумкин Б. Е. Общая сельскохозяйственная политика (сентябрь – ноябрь 2023) // Европейский Союз: факты и комментарии. 2023. № 114. С. 41–45. DOI: 10.15211/eufacts420234145.

Об авторах:

Ольга Александровна Рушицкая, доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой менеджмента и экономической теории, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0002-6854-5723, AuthorID 518696. E-mail: olgaru-arbitr@mail.ru

Екатерина Михайловна Кот, доктор экономических наук, доцент, заведующая кафедрой экономики, бухгалтерского учета и финансового контроля, главный бухгалтер, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия; ORCID 0000-0001-7143-5149, AuthorID 648308. E-mail: ktekaterina@rambler.ru

Елена Сергеевна Куликова, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры менеджмента и экономической теории, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия;

ORCID 0000-0003-4924-9707, AuthorID 646255. E-mail: e.s.kulikova@mail.ru

Татьяна Ивановна Кружкова, кандидат исторических наук, доцент кафедры менеджмента и экономической теории, Уральский государственный аграрный университет, Екатеринбург, Россия;

ORCID 0000-0002-9564-7928, AuthorID 697760. E-mail: rustale@yandex.ru

References

1. Batista Filho M., De F. C. Caminha M., Freitas D. L. Agriculture, Food and Nutrition. *Revista Brasileira de Saude Materno Infantil*. 2023; 23. DOI: 10.1590/1806-9304202300000001.
2. Bozduman E. T. The concentration of the agriculture and livestock sector in the Visegrad group after membership to the European Union. *Economics of Agriculture*. 2023; 70 (3): 867–879. DOI: 10.59267/ekopolj2303867t.
3. Mihajlović M., Milunović M., Ćearmilac U. Economic analysis of the role of agricultural production in meeting the defense needs of the Republic of Serbia. *Economics of Agriculture*. 2024; 71 (2): 679–696. DOI: 10.59267/ekopolj2402679m.
4. Tofiq V. A., Gabil N. M., Zahid M. T., et al. Modeling and Forecasting of Production an Agricultural Product. *Journal of Law and Sustainable Development*. 2023; 11 (7): e625. DOI: 10.55908/sdgs.v11i7.625.
5. Aksenov I. A. Development of state support for the export of agricultural products as an element of the integration policy of the Eurasian Economic Union. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021; 13 (4): 273–296. DOI: 10.12731/2658-6649-2021-13-4-273-296. (In Russ.)
6. Vasilyeva M. V., Kushneruk A. A. Potential of cooperation of the EAEU countries in ensuring food security. *Vektor Ekonomiki* [Internet]. 2020 [cited 2025 Jan 15]; 12 (54). (In Russ.)
7. Gubanov R. S. Development of the agrarian economy of the EAEU member states. *Economics of Agriculture of Russia*. 2024; 4: 131–137. DOI: 10.32651/244-131. (In Russ.)
8. Ermolaova O. V., Kirsanov V. V., Ostapenko T. V. Intersectoral level of interactions in the Eurasian agri-food complex. *Economic Sciences*. 2020; 187: 49–54. DOI: 10.14451/1.187.49. (In Russ.)
9. Kiselev S. V., Romashkin R. A. Development of agriculture in the Eurasian Economic Union: achievements, challenges, and prospects. *AIC: Economics, Management*. 2020; 1: 74–90. DOI: 10.33305/201-74. (In Russ.)
10. Klimova M. L. Regulation of organic agriculture in the EAEU countries. *Dairy Industry*. 2022; 2: 36–38. (In Russ.)
11. Krichker D. R., Rushitskaya O. A. On the contribution of Russia to the agri-food policy pursued in the EAEU countries. *Theory and Practice of the World Science*. 2023; 1: 29–36. (In Russ.)
12. Kusainova A. B., Baigot M. S., Glotova I. S. Food security in the Eurasian Economic Union. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus. Agrarian Series*. 2020; 58 (4): 397–414. DOI: 10.29235/1817-7204-2020-58-4-397-414. (In Russ.)
13. Larionova K. A., Parkhomenko T. V. Foreign economic supranational interests in the EAEU industries: methodology for selecting a priority market. *Vestnik of Rostov State University (RINH)*. 2020; 2 (70): 59–65. (In Russ.)
14. Nazarov D. M., Kondratenko I. S., Sulimin V. V., Shvedov V. V. Digitalization of agriculture using the example of Romania. *International Agricultural Journal*. 2022; 6 (390): 622–624. DOI: 10.55186/25876740_2022_65_6_622. (In Russ.)
15. Frumkin B. E. Common Agricultural Policy (September – November 2023). *The European Union: Facts and Comments*. 2023; 114: 41–45. DOI: 10.15211/eufacts420234145. (In Russ.)

Authors' information:

Olga A. Rushchitskaya, doctor of economic sciences, professor, head of the department of management and economic theory, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0002-6854-5723,

AuthorID 518696. E-mail: olgaru-arbitr@mail.ru

Ekaterina M. Kot, doctor of economic sciences, associate professor, head of the department of economics, accounting and financial control, chief accountant, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia;

ORCID 0000-0001-7143-5149, AuthorID 648308. E-mail: ktekaterina@rambler.ru

Elena S. Kulikova, doctor of economic sciences, associate professor, professor of the department of management and economic theory, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0003-4924-9707,

AuthorID 646255. E-mail: e.s.kulikova@mail.ru

Tatyana I. Kruzhkova, candidate of historical sciences, associate professor of the department of management and economic theory, Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia; ORCID 0000-0002-9564-7928,

AuthorID 697760. E-mail: rustale@yandex.ru

Учредитель и издатель:

Уральский государственный аграрный университет

Адрес учредителя, издателя и редакции:

620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42



**Уральский государственный
аграрный университет**

Founder and publisher:

Ural State Agrarian University

Address of founder, publisher and editorial board:

620075, Russia, Ekaterinburg, 42 K. Liebknecht str.

Подписной индекс 16356 в объединенном каталоге «Пресса России»

Редакция журнала:

В. С. Кухарь – кандидат экономических наук, шеф-редактор

А. В. Ерофеева – редактор

Н. А. Предеина – верстка, дизайн

Editorial:

V. S. Kukhar – candidate of economic sciences, chief editor

A. V. Erofeeva – editor

N. A. Predeina – layout, design

Учредитель и издатель: Уральский государственный аграрный университет.

Адрес учредителя, издателя и редакции: 620075, Россия, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Ответственный редактор: факс (343) 350-97-49.

E-mail: agro-ural@mail.ru (для материалов).

Издание зарегистрировано в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Все публикуемые материалы проверяются в системе «Антиплагиат».

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-12831 от 31 мая 2002 г.

Оригинал-макет подготовлен в Издательстве Уральского аграрного университета.

620075, г. Екатеринбург, ул. К. Либкнехта, д. 42.

Отпечатано в ООО Издательский Дом «Ажур».

620075, г. Екатеринбург, ул. Восточная, д. 54.

Дата выхода в свет: 30.05.2025 г. Усл. печ. л. 19,1. Авт. л. 15,2.

Тираж: 2000 экз. Цена: в розницу свободная.



**ВЫСШАЯ
АТТЕСТАЦИОННАЯ КОМИССИЯ
(ВАК)**
При Министерстве образования и науки



**Food and Agriculture Organization
of the United Nations**



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

eLIBRARY.RU

CYBERLENINKA

